

Puolukoiden metallipitoisuuksia Torniossa ja Haaparannalla vuonna 2010



Tornion kaupunki



Kirjoittaja:
ympäristönsuojelusihteri Kai Virtanen
Tornion kaupunki
Suensaarenkatu 4
FI-95400 Tornio
puh. +358-(0)40-7703239
kai.virtanen@tornio.fi

Julkaistu: 6.9.2011

Sisällysluettelo

Johdanto ja tausta	4
Outokumun Tornion tehtaiden hiukkaspäästöjen ilmaan kehitys	4
Näytteenotto	4
Näytteiden käsittely- ja määrittämenetelmät	7
Tulokset	7
Puolukoista määritetyt pitoisuudet vuosina 1988, 1989, 2000 ja 2010	8
Puolukoiden kromipitoisuuksien tarkastelua	10
Puolukoiden nikkelipitoisuuksien tarkastelua	12
Puolukoiden molybdeenipitoisuuksien tarkastelua	14
Puolukoiden vanadiinipitoisuuksien tarkastelua	15
Puolukoiden lyijypitoisuuksien tarkastelua	17
Puolukoiden titaanipitoisuuksien tarkastelua	19
Puolukoiden kuparipitoisuuksien tarkastelua	20
Puolukoiden mangaanipitoisuuksien tarkastelua	21
Puolukoiden kadmiumipitoisuuksien tarkastelua	22
Puolukoiden kobolttipitoisuuksien tarkastelua	23
Puolukoiden Hg-pitoisuudet v. 2010	24
Puolukoiden lantaanipitoisuudet v. 2010	25
Puolukoiden arseenipitoisuudet	25
Puolukoiden alumiinipitoisuuksien tarkastelua	26
Puolukoiden sinkkipitoisuuksien tarkastelua	27
Puolukoiden uraanipitoisuudet	28
Vesijohtoveden pitoisuudet	28
Vuoden 2010 puolukkatutkimuksen yhteenveto ja johtopäätökset	29
Puolukoiden korkeiden ja alhaisten metallipitoisuuksien näytepaikat Torniossa ja Haaparannalla	29
Pitoisuudet puolukoissa Torniossa ja Haaparannalla suhteessa elintarvikkeiden tai talousveden raja- tai ohjearvoihin tai puolukoiden tai perunoiden pitoisuuksiin muualla	30
Huomautus tämän tutkimuksen tulosten tulkintaan liittyen	30
Puolukoiden korkeimmat pitoisuudet Torniossa ja Haaparannalla suhteessa metallipitoisuuksien päivittäisen saannin referenssiarvoihin	31
Vesijohtovedellä huuhtelun vaikutus puolukoiden metallipitoisuuksiin	32
Pitoisuudet Tornion ja Haaparannan puolukoissa vuonna 2010 verrattuna vuoteen 2000	32
VIITTEET	32
LIITE A. Analysresultat för lingonå taulukko alkuperäisistä analyysituloksista	

Johdanto ja tausta

Tässä raportissa esitetään tulokset vuonna 2010 tehdystä puolukoiden metallipitoisuuksien tutkimuksesta Tornion ja Haaparannan alueella. Haaparannalla on tutkittu aiemmin vastaavasti metallien ja (arseenin) pitoisuuksia elo-syyskuussa poimituissa puolukoissa pienemmillä näytemäärillä vuosina 1988, 1989 ja 2000 ja Torniossa vuonna 2000 [1]. Vuonna 2000 marjanäytteiksi kerättiin vain puolukoita, vuosina 1988 ja 1989 osin myös mustikoita.

Tämän tutkimuksen mukaiset näytepaikat olivat mahdollisimman paljon samat kuin vuoden 2000 tutkimuksessa. Erona vuoden 2000 tutkimukseen oli tällä kertaa, että kultakin näytealueelta kerättiin kaksi puolukkanäytettä, joista toinen huuhdeltiin Tornion keskustan vesijohtovedellä ja toista näytettä ei huuhdeltu. Haaparannan ja Tornion aiemmissa puolukkatutkimuksissa on analysoitu vain huuhtomattomia näytteitä. Tällä tutkimuksella haluttiin seurata, onko puolukoissa havaittavissa pitoisuuksien eroa aiempiin tutkimustuloksiin verrattuna ja toisaalta, onko pitoisuuksissa eroa huuhdottujen ja huuhtomattomien näytteiden välillä, mikä voisi antaa viitettä siitä, missä määrin havaitut pitoisuudet ovat peräisin marjojen pinnalla olevasta pölystä, joka on huuhdottavissa pois.

Tornio ja Haaparanta -seudulla puolukoiden metallipitoisuuksia on tutkittu, jotta saataisiin tietoa metallien esiintymisestä puolukoissa alueella, jolle leviää terästeollisuudesta peräisin olevia hiukkaspäästöjä ilmaan ja sitä kautta maahan ja kasveille. Tarkoitus on saada tietoa, jonka perusteella voitaisiin arvioida, vaikuttavatko marjoissa havaittavat metallipitoisuudet niiden kelpoisuuteen elintarvikkeeksi.

Sekä vuonna 2000 että vuonna 2010 analyysit tehtiin Lundin yliopiston Växtekologi och systematik -osaston laboratoriossa, vuonna 2010 Tommy Olssonin johdolla. Puolukoista analysoitiin seuraavat samat alkuaineet kuin vuonna 2000: As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, V ja Zn. Lisäksi vuonna 2010 analysoitiin myös seuraavat metallit: Al, Co, La, Mn, Mo, Ti ja U. Poiketen vuoden 2000 tutkimuksesta tällä kertaa ei analysoitu rautapitoisuutta, koska nyt analysointi tehtiin yksinomaan ICP-MS-menetelmällä eikä rautapitoisuutta olisi voitu määrittää käytetyllä menetelmällä samassa ajossa muiden määritettyjen alkuaineiden kanssa.

Tämän tutkimuksen toimeksiantajina ja rahoittajina olivat Outokumpu Tornio Works, Tornion kaupunki (ympäristötoimi) ja Haaparannan kaupunki. Ympäristönsuojelusihteeri Kai Virtanen Tornion kaupungin ympäristötoimesta määritteli tämänkertaiset näytepaikat vuoden 2000 näytepaikkojen mukaan. Hän myös järjesti näytteiden analysointiin liittyneet tarjouskyselyt laboratorioilta ja tarjousten perusteella valitun laboratorion kanssa analysoinnista sopimisen sekä kirjoitti tämän raportin.

Outokummun Tornion tehtaiden hiukkaspäästöjen ilmaan kehitys

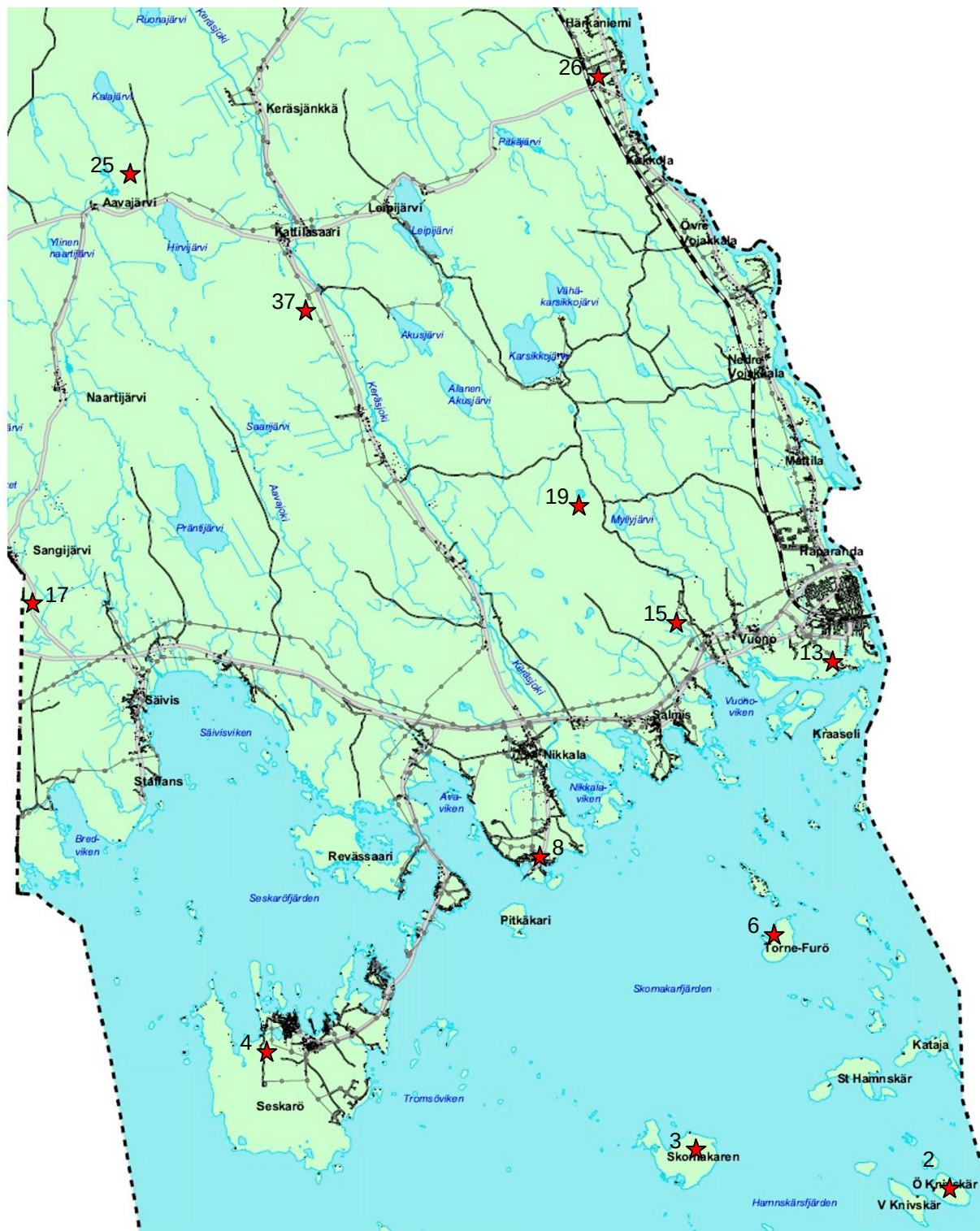
Tornion ja Haaparannan ympäristö on viime vuosikymmeninä altistunut ilman kautta metallilaskeumalle, joka on suurelta osin peräisin Tornion teräs- ja ferrokromitehtailta. Ferrokromitehdas aloitti toimintansa vuonna 1968 ja terästehdas vuonna 1976. Vuonna 1983 näiden tehtaiden vuotuiset hiukkaspäästöt ilmaan nousivat yhteensä reiluun 1300 tonniin, josta noin 250 t oli kromia ja n. 1,5 t nikkeliä. 1990-luvulla tehtaiden vuosittaiset hiukkaspäästöt ilmaan olivat enää alle 300 t, josta kromia alle 40 t. Tehtaiden vuosittaiset Ni-päästöt ilmaan puolestaan kasvoivat vielä 1990-luvulla: reiluun 5 tonniin vuonna 1999. Tehtaiden vuosittaiset päästöt ilmaan ovat 2000-luvulla vielä vähentyneet: vuosina 2005 ja 2010 hiukkaspäästöt olivat 60 ja 160 t/a, josta kromia 3 ja 13 t/a ja nikkeliä n. 1 ja 3 t/a. [10: liitteet 5.3, 5.5, 5.6; 11: s. 43, 12: s. 35, 13: s. 40]

Näytteenotto

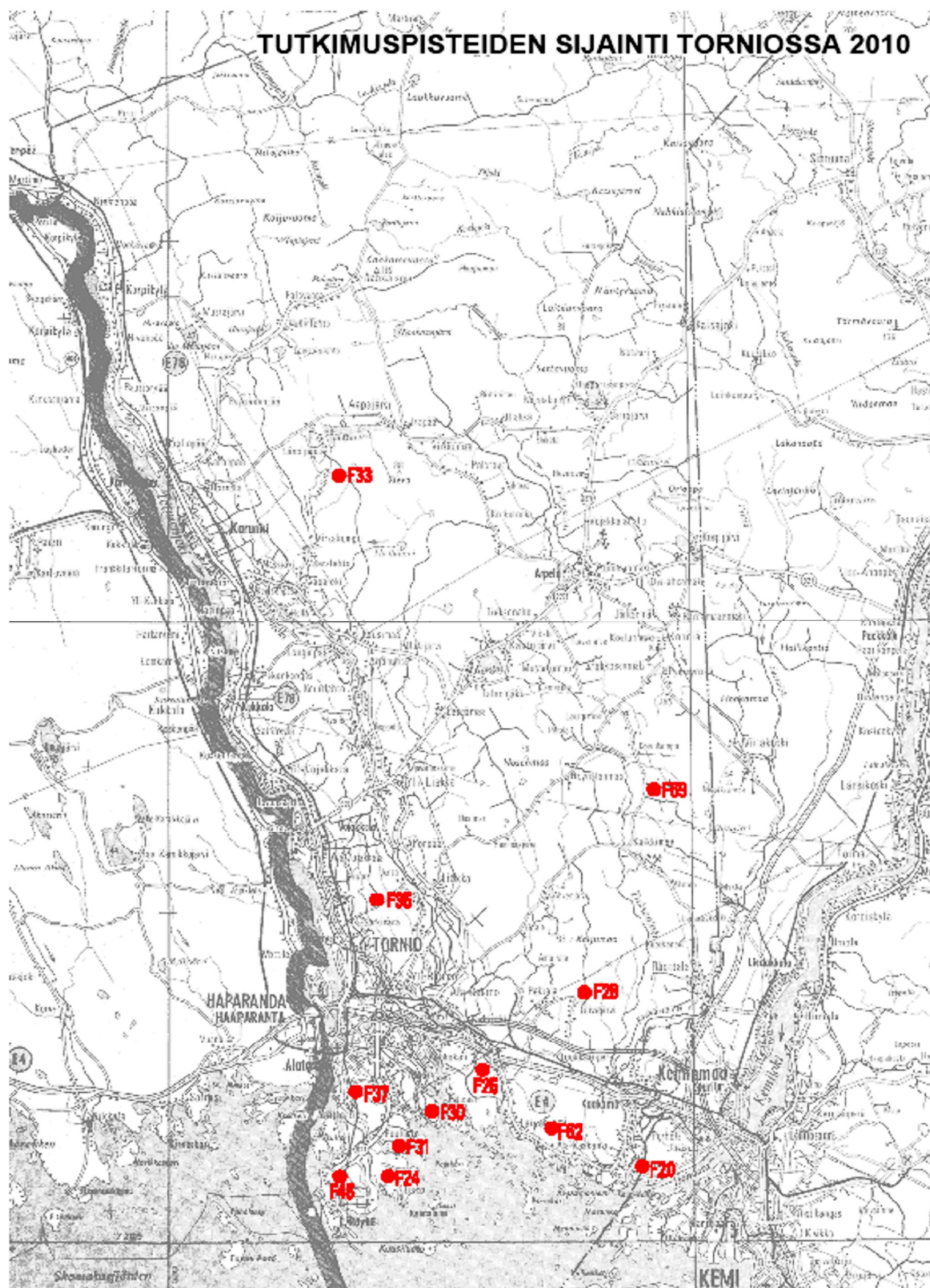
Tornion kaupungin ympäristönsuojelusihteeri Kai Virtanen ja Haaparannan kaupungin ympäristötarkastaja Pekka Hanski poimivat näytteet seuraavasti: 16.9.2010 poimittiin Torniossa Laivajärvellä (F28), Harjumaassa (F69) ja Länsipäässä (F33); 17.9.2010 Torniossa Virkamassa (F35), Laivaniemessä (F62), Kaakamossa (F20), Kyläjoella (F25), Pirkkiössä (F37) ja Ukseissa (Oxö) (F30); 20.9.2010 Haaparannalla Tornion-Hurreissa (Torne-Furö) (6), Östra Knivskärissä (2), Suutarissa (Skomakaren) (3), Nikkalassa (8) ja Seittenkaarella (Seskarö) (4); 21.9.2010 Torniossa Prännärinniellä (F45); 24.9.2010 Haaparannalla Sangijärvellä (17), Hirvijärvellä (25), Haapasaaressa (37), Kukkolassa (26), Myllyjärvellä (19) ja Vuonossa (15); 27.9.2010 Haaparannan Riekkolassa (13) ja 28.9.2010 Torniossa Puuluodon Mustalahdella (F31) ja Koivuluodossa (F24).

Näytteitä poimittaessa oli kädessä kertakäyttöinen vinyylikäsin ja sillä poimimme puolukat suoraan muoviseen näyterpurkkiin. Kultakin paikalta poimittiin kaksi puolukkanäytettä à 1,2 ja 2,5 dl. Näytteiden poimintaa edeltävänä aikana satoi 14., 15. ja 23.9.2010. Yöpakkasta oli paikoin 26.-27.9.2010, mutta vielä 27.9. ja 28.9. poimitutkin puolukat olivat sulia eivätkä pakkasen pehmentämiä.

Näytepisteiden sijainti ilmenee alla kuvista 1 ja 2. Puolukkanäytepisteet sijaitsivat vähintään 100 m päässä teistä ja pysyvästä asutuksesta. Koska useilla paikoilla puolukoita oli vuonna 2010 paljon vähemmän kuin vuonna 2000, niin monessa paikassa (F24, F31, F35, F28, F30, F33, 13, 3, 37, 19) riittävän kokoisen puolukkanäytteen saamiseksi puolukoita piti hakea selvästi laajemmalta alueelta kuin vuonna 2000, kauimmillaan jopa 600 metrin päähän vuoden 2000 keräyspaikalta.



Kuva 1. Näytepisteiden sijainti Haaparannalla.



Kuva 2. Näytepisteiden sijainti Torniossa

Näytteiden käsittely- ja määrittymenettelmät

Kultakin näytealueelta kerättiin kaksi puolukkanäytettä. Kunkin paikan näytteistä toisesta Kai Virtanen noukki pois niissä olevat muutamia osittain roskat, kuten puolukanlehdet ja muut lehdet ja neulasen ja huuhteli öroskista puhdistetun näytteen muovilävikkössä Tornion keskustan vesijohtovedellä. Tätä huuhtelua ei vakioitu. Se tapahtui suoraan kylmävesihanalla alla suunnilleen vastaavalla tavalla eri näytteille, mutta eri näytteiden välillä tuli kuitenkin vaihtelua siinä, kuinka suurella vesimäärällä ja kuinka pitkään huuhtelua tapahtui. Kunkin näytepaikan toista näytettä ei huuhdeltu, vaan nämä näytteet toimitettiin sellaisinaan laboratorioon. Näistä näytteistä laboratorioa pyydettiin esikäsittelyssään poistamaan em. kaltaiset osittain roskat.

Poimintapäivän ja näytteiden laboratorioon lähettämisen välillä näytteet säilytettiin purkeissaan jääkaapissa lämpötilassa $+2 - +3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Lähetyspäivänä Kai Virtanen pakkasi näytteet suoraan jääkaapista kylmälaukkuun, jossa näytepurkkien päälle jäävän tyhjän tilan hän täytti sanomalehdellä ja jäädytetyillä kylmävaraajilla. Näin pakatut näytteet lähetettiin 4.10.2010 Haaparannalta Lundin yliopiston laboratorioon Ruotsin postin välityksellä perille toimitettavana yritys-pakettina.

Lundin yliopiston Växtekologi och systematik -osaston laboratorioissa näytteet säilytettiin jääkaapissa $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$:ssa ennen analysointia. Puolukkanäytteitä ei homogenisoitu, vaan näytteen hajotusta varten kustakin puolukkanäytteestä punnittiin teflonastiaan (CEM:n malli XP-1500) n. 4 g tuoreita puolukoita. Samalla huolehdittiin siitä, että analysoitavaan puolukkanäytteeseen ei päätenyt em. osittain roskia. Sitten astiaan lisättiin 7 ml väkevää typpi-happoa (Merck Suprapur) ja 0,5 ml vetyperoksidia (Merck Suprapur). Nämä näytteet hajotettiin mikroaaltouunissa (CEM:n malli MARS5) seuraavalla ohjelmalla: Ramp 20 minuuttia $185\text{ }^{\circ}\text{C}$:seen, minkä jälkeen Hold 30 minuuttia $185\text{ }^{\circ}\text{C}$:ssa. Näin hajotetut näytteet laimennettiin 50 ml:ksi ionittomalla vedellä. Näin saaduista näyteliuoksista analysoitiin ICP-MS-menettelmällä (PerkinElmer malli Elan 6000): As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, V, Zn, Al, Co, La, Mn, Mo, Ti ja U. Lisäksi kustakin alkuperäisestä puolukkanäytteestä kuivattiin osanäyte näytteiden kuiva-ainepitoisuuden määrittämiseksi. Näin analysoitujen aineiden pitoisuudet saatiin laskettua yksikössä mg/kg sekä tuorepainoa että kuivapainoa kohti. Puolukkanäytteet analysoitiin lokakuun lopulla vuonna 2010.

Tulokset

Vuonna 2010 kerätyistä puolukoista analysoitiin arseeni-, kadmium-, kromi-, kupari-, elohopea-, nikkeli-, lyijy-, vanadiini-, sinkki-, alumiini-, koboltti-, lantaani-, mangaani-, molybdeeni-, titaani- ja uraanipitoisuus. Vuonna 2000 analysoitiin arseeni-, kadmium-, kromi-, kupari-, elohopea-, nikkeli-, lyijy-, vanadiini-, sinkki- ja rautapitoisuus [1]. Vuosina 1988 ja 1989 Haaparannalta kerätyistä näytteistä oli analysoitu vain lyijy-, kromi- ja nikkelpitoisuus [1]. Tulokset esitetään alla taulukoissa 1 ja 2. Tarkastelun laajentamiseksi on myös vuosina 1988 ja 1989 määritetyt mustikoiden pitoisuudet esitetty taulukossa 1 niissä tapauksissa, joissa kyseisistä paikoista ei ollut puolukkanäytteitä näiltä vuosilta.

Liitteessä A on laboratorion toimittamat alkuperäiset vuoden 2010 puolukkanäytteiden tulokset sekä tuorepainoa että kuivapainoa kohti. Liitteen A öProvö-sarakkeessa on esitetty näytteen poimintapäivä ja näytepaikan tunnusnumero (sama kuin taulukossa 1 tai 2) sekä kirjaimella E huuhtelematon näyte ja huuhdottu näyte kirjaimella H. Huom: liitteessä A on ilmoitettu alkuperäiset laskennalliset tulokset ottamatta huomioon sitä, onko tulos alle vai yli toteamis- tai määrittymisrajan.

Taulukko 1. Puolukoista (ja *:llä merkityissä tapauksissa mustikoista!) määritetyt pitoisuudet vuosina 1988, 1989, 2000 ja 2010 näytepaikoissa, jotka sijaitsevat alle 15 km:n etäisyydellä Outokummun Tornion tehtailta.

Ilmansuunnat: N = pohjoinen, NV = luode, NÖ = koillinen, NÖÖ = itä-koillinen, V = länsi, Ö = itä, S = etelä, SV = lounas, SVV = länsi-lounas;

Vuoden perässä merkintä: E = huuhtomaton näyte, H = Tornion vesijohtovedellä huuhdottu näyte.

Laboratorion v. 2010 ilmoittamat toteamisrajat pitoisuuksille puolukoissa / µg/kg tuorepainoa olivat: Al 0,5; As 2; Cd 0,1; Co 0,2; Cr 2; Cu 0,5; Hg 0,2; La 0,5; Mn 0,1; Mo 5; Ni 1; Pb 0,2; Ti 20; U 0,05, V 0,4 ja Zn 10. (Vuonna 2000 Hg:n määritysraja oli 1 µg/kg tuorepainoa ja vuonna 1988 Pb:n 5 µg/kg tuorepainoa.)

Huom! Taulukkoon punaisella taustalla merkityt pitoisuudet ovat alle toteamisrajan ja vihreällä taustalla merkityt pitoisuudet ovat toteamisrajan ja määritysrajan (n. 2*toteamisraja) välissä. Niinpä kaikki As-pitoisuudet ovat alle määritysrajan. La-, Hg- ja Ti-pitoisuuksista suurin osa on alle määritysrajan. Uraanipitoisuuksista suurin osa on suunnilleen määritysrajalla. Myös kadmiumpitoisuuksista osa on alle määritysrajan. Vanadiinin ja molybdeenin osalta taulukon 1 alimmat pitoisuudet ovat suunnilleen määritysrajalla.

Näytepaikka	Nro	Ilmansuunta	Etäisyys km	Vuosi	Pitoisuus / µg/kg tuorepainoa															
					Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	La	Mn	Mo	Ni	Pb	Ti	U	V	Zn
Prännärinniemi	F45	V	0,4	2010 E	3,4·10 ³	2	1,6	14	1116	588	0,3	0,8	16·10 ³	3,3·10 ²	212	5,3	0,7·10 ²	0,1	8	16·10 ³
				2010 H	2,6·10 ³	1	1,8	5,8	459	497	0,4	0,5	14·10 ³	5,0·10 ²	128	4,1	0,5·10 ²	0,2	4	1,7·10 ³
				2000 E		1	1,1		593	581	<1				178	8,8			5	1,5·10 ³
Koivuluoto	F24	NÖ/Ö	0,9	2010 E	3,9·10 ³	1	0,6	4,8	1067	611	0,4	0,9	21·10 ³	1,9·10 ²	118	4,4	1,0·10 ²	0,1	6	1,8·10 ³
				2010 H	2,6·10 ³	3	1,7	6,3	769	557	0,4	0,6	16·10 ³	4,0·10 ²	115	3,3	0,4·10 ²	0,2	5	1,5·10 ³
				2000 E		4	1,9		864	627	<1				192	25			6	1,8·10 ³
Mustalahti	F31	NÖ	2,0	2010 E	3,1·10 ³	2	1,0	5,0	526	577	0,1	0,4	24·10 ³	2,4·10 ²	139	1,4	0,3·10 ²	0,1	3	1,4·10 ³
				2010 H	3,5·10 ³	2	1,4	4,3	302	622	0,4	0,3	34·10 ³	2,9·10 ²	122	2,8	0,2·10 ²	0,1	3	1,6·10 ³
				2000 E		1	1,0		363	911	<1				178	9,2			3	2,0·10 ³
Pirkkiö	F37	N	3,7	2010 E	3,4·10 ³	1	0,2	3,6	163	605	0,3	0,5	14·10 ³	0,3·10 ²	63	0,6	0,4·10 ²	0,1	2	1,4·10 ³
				2010 H	3,7·10 ³	1	0,2	4,4	71	614	0,2	0,3	16·10 ³	0,3·10 ²	58	0,9	0,1·10 ²	0,1	2	1,4·10 ³
				2000 E		2	1,7		98	578	<1				75	7,5			3	1,4·10 ³
Uksei	F30	NÖ	4,0	2010 E	4,5·10 ³	2	0,7	4,0	361	690	0,6	0,4	46·10 ³	0,7·10 ²	90	2,0	0,3·10 ²	0,1	3	1,7·10 ³
				2010 H	3,5·10 ³	1	0,9	2,5	109	486	0,4	0,3	40·10 ³	0,6·10 ²	51	1,3	0,1·10 ²	0,1	2	1,5·10 ³
				2000 E		1	1,1		288	806	<1				160	8,3			3	1,7·10 ³
Torne-Furö	6	SVV	5,2	2010 E	5,2·10 ³	0,5	0,9	3,7	177	578	0,5	0,4	42·10 ³	0,3·10 ²	48	1,8	0,3·10 ²	0,1	2	1,4·10 ³
				2010 H	3,8·10 ³	1	0,8	2,8	35	509	0,3	0,3	29·10 ³	0,3·10 ²	42	1,2	0	0,1	2	1,1·10 ³
				2000 E		1	0,6		80	810	<1				69	4,1			1	1,6·10 ³
Riekkola	13	NV	5,2	2010 E	3,6·10 ³	2	0,4	3,3	213	650	0,1	0,4	28·10 ³	0,7·10 ²	76	1,3	0,2·10 ²	0,1	1	1,4·10 ³
				2010 H	2,8·10 ³	1	0,2	1,6	46	567	0,2	0,2	32·10 ³	0,5·10 ²	63	0,8	0	0,1	1	1,3·10 ³
				2000 E		2	1,5		149	658	<1				89	6,0			3	1,4·10 ³
Kyläjoki	F25	NÖ	7,0	2010 E	2,8·10 ³	0,3	0,4	1,8	119	587	0,4	0,3	35·10 ³	0,4·10 ²	37	1,6	0,2·10 ²	0,1	2	1,3·10 ³
				2010 H	2,5·10 ³	1	0,3	1,0	49	572	0,4	0,1	25·10 ³	0,6·10 ²	33	0,5	0	0,1	1	1,2·10 ³
				2000 E		1	1,6		119	654	<1				105	5,2			1	1,7·10 ³
Laivaniemi	F62	NÖÖ	8,1	2010 E	4,3·10 ³	0	0,3	2,2	74	568	0,3	0,5	22·10 ³	0,3·10 ²	32	1,2	0,3·10 ²	0,1	1	1,3·10 ³
				2010 H	3,5·10 ³	1	0,3	1,8	40	389	0,4	0,4	21·10 ³	0,3·10 ²	35	1,2	0,1·10 ²	0,1	1	1,1·10 ³
				2000 E		0,4	0,5		37	643	<1				69	5,1			1	1,4·10 ³
Vuono	15	NV	9,0	2010 E	4,4·10 ³	1	0,2	2,4	64	494	0,1	1,7	30·10 ³	0,4·10 ²	26	0,9	2·10 ²	0,2	4	1,3·10 ³
				2010 H	4,4·10 ³	2	0,3	2,3	50	488	0,2	1,7	26·10 ³	0,3·10 ²	45	2,0	1,4·10 ²	0,3	4	1,2·10 ³
				2000 E		1	0,7		59	842	<1				69	4,1			1	1,6·10 ³
Östra Knivskär	2	S	10,4	2010 E	6,4·10 ³	1	0,6	8,4	114	685	0,1	0,6	22·10 ³	0,2·10 ²	42	1,3	0,3·10 ²	0,1	3	1,2·10 ³
				2010 H	6,3·10 ³	1	0,5	7,0	20	637	0,2	0,2	19·10 ³	0,1·10 ²	45	7,5	0	0,1	2	1,1·10 ³
				2000 E		1	1,0		56	565	<1				56	3,5			2	1,4·10 ³
Haparanda hamn	8	V	11,5	2010 E	3,2·10 ³	1	0,1	1,6	97	590	0,0	0,3	46·10 ³	0,5·10 ²	20	1,0	6	0,1	1	1,5·10 ³
				2010 H	2,7·10 ³	1	0,2	1,0	26	520	0,2	0,2	33·10 ³	0,5·10 ²	27	0,0	0	0,1	1	1,3·10 ³
				2000 E		1	0,4		34	389	<1				29	2,3			1	1,3·10 ³
Kaakamo	F20	Ö	11,7	2010 E	3,8·10 ³	1	0,3	3,4	19	555	0,4	0,3	33·10 ³	0,2·10 ²	24	0,9	0,1·10 ²	0,1	1	1,4·10 ³
				2010 H	4,0·10 ³	1	0,4	4,4	16	558	0,4	0,3	39·10 ³	0,3·10 ²	38	1,0	0,1·10 ²	0,1	2	1,3·10 ³
				2000 E		1	0,8		19	877	<1				102	4,8			2	1,7·10 ³
Skomakaren	3	SV	12,0	2010 E	3,6·10 ³	1	0,3	4,0	62	518	0,3	0,2	21·10 ³	0,2·10 ²	33	0,1	0,1·10 ²	0,04	1	1,1·10 ³
				2010 H	3,0·10 ³	2	0,3	2,9	32	594	0,2	0,2	29·10 ³	0,2·10 ²	50	2,0	0	0,2	1	1,2·10 ³
				2000 E		2	1,0		65	1000	<1				99	5,6			1	1,7·10 ³
Virkamaa	F35	N	12,3	2010 E	5,0·10 ³	0,5	0,2	2,5	47	648	0,2	0,3	23·10 ³	0,3·10 ²	34	0,2	0,2·10 ²	0,1	2	1,4·10 ³
				2010 H	3,8·10 ³	1	0,5	2,3	19	624	0,3	0,2	21·10 ³	0,2·10 ²	49	0,3	0	0,1	1	1,3·10 ³
				2000 E		1	1,0		31	775	<1				65	5,0			1	1,6·10 ³
Laivajärvi	F28	NÖ	12,5	2010 E	4,1·10 ³	0,5	1,5	2,4	77	573	0,3	0,6	43·10 ³	0,3·10 ²	21	1,1	0,6·10 ²	0,1	2	1,5·10 ³
				2010 H	3,8·10 ³	1	1,2	2,6	77	741	0,0	0,4	56·10 ³	0,3·10 ²	54	1,1	0,3·10 ²	0,1	2	1,8·10 ³
				2000 E		1	1,5		4	205	<1				58	4,9			2	0,54·10 ³
Myllyjärvi	19	NV	13,4	2010 E	4,1·10 ³	1	0,2	2,6	86	617	0,1	0,3	44·10 ³	0,3·10 ²	35	1,4	0,1·10 ²	0,1	1	1,7·10 ³
				2010 H	3,5·10 ³	1	0,3	2,5	39	567	0,2	0,4	45·10 ³	0,3·10 ²	58	2,1	4	0,2	1	1,7·10 ³
				1989 E		1	0,7		16*	637	<1				74	6,6			1	1,9·10 ³
															81*					

Taulukko 2. Puolukoista (ja *:lla merkityissä tapauksissa mustikoista!) määritetyt pitoisuudet vuosina 1988, 1989, 2000 ja 2010 näytepaikoissa, jotka sijaitsevat yli 15 km:n etäisyydellä Outokummun Tornion tehtailta.

Ilmansuunnat: N = pohjoinen, NNV = pohjois-luode, NV = luode, NVV = länsi-luode, NÖ = koillinen, SVV = länsi-lounas;

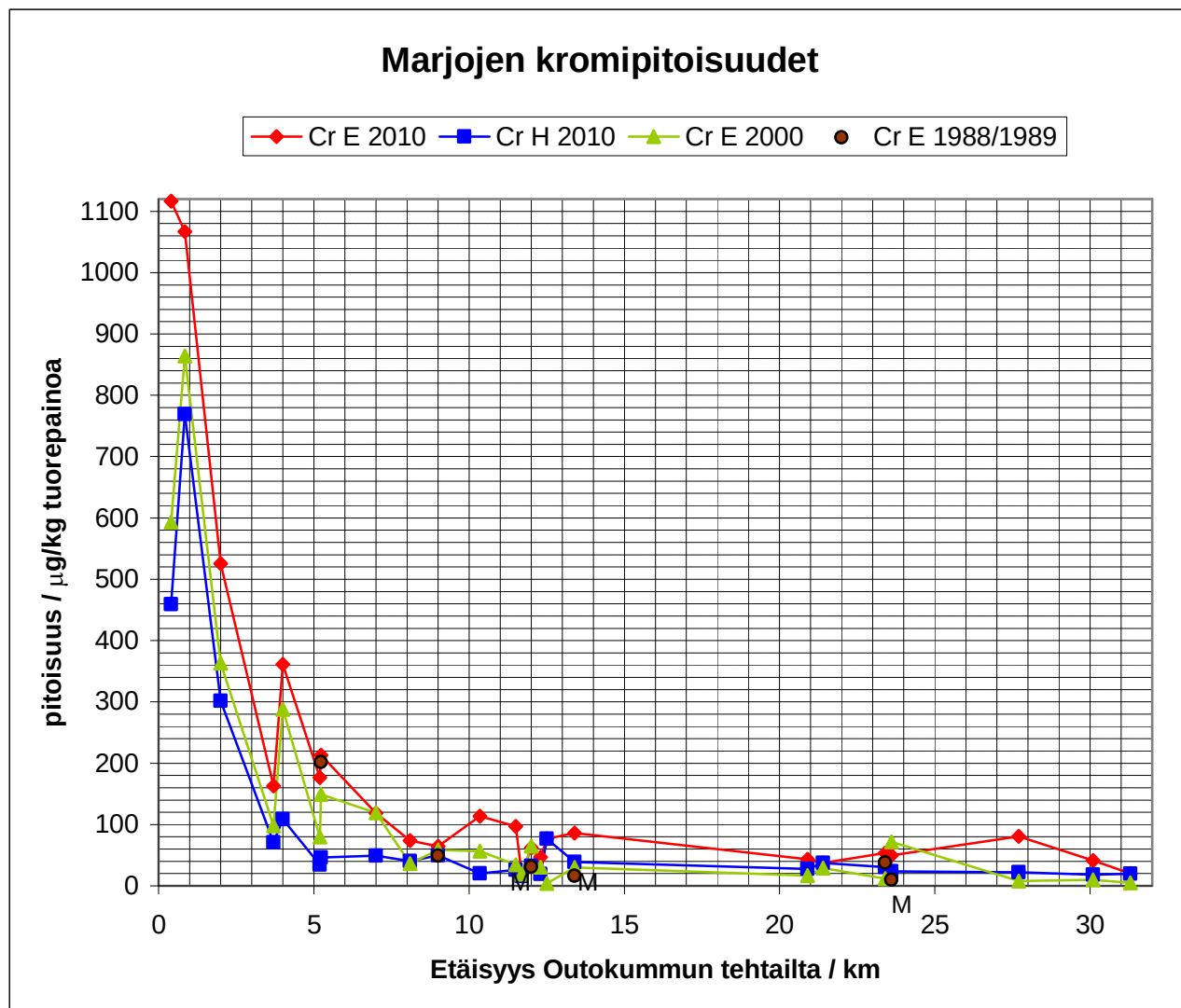
Vuoden perässä merkintä: E = huuhtomaton näyte, H = vesijohtovedellä huuhdottu näyte.

Laboratorion v. 2010 ilmoittamat toteamisrajat pitoisuuksille puolukoissa / µg/kg tuorepainoa olivat: Al 0,5; As 2; Cd 0,1; Co 0,2; Cr 2; Cu 0,5; Hg 0,2; La 0,5; Mn 0,1; Mo 5; Ni 1; Pb 0,2; Ti 20; U 0,05; V 0,4 ja Zn 10. (Vuonna 2000 Hg:n määrittäysraja oli 1 µg/kg tuorepainoa ja vuonna 1988 Pb:n 5 µg/kg tuorepainoa.)

Huom! Taulukkoon punaisella taustalla merkityt pitoisuudet ovat alle toteamisrajan ja vihreällä taustalla merkityt pitoisuudet ovat toteamisrajan ja määrittäysrajan (n. 2*toteamisraja) välissä. Niinpä taulukossa 2: kaikki As-pitoisuudet ovat alle toteamisrajan; kaikki La-pitoisuudet ovat alle määrittäysrajan; Hg-, Ti- ja V-pitoisuuksista suurin osa on alle määrittäysrajan; U- ja Mo-pitoisuuksista suurin osa on suunnilleen määrittäysrajalla; myös Cd- ja Pb-pitoisuuksista osa on alle määrittäysrajan.

Näytepaikka	Nro	Ilmansuunta Outokummun tehtailta	Etäisyys km	Vuosi	Pitoisuus / µg/kg tuorepainoa															
					Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	La	Mn	Mo	Ni	Pb	Ti	U	V	Zn
Seskarö	4	SVV	20,9	2010 E	3,9·10 ³	1	0,2	2,9	43	604	0,1	0,3	40·10 ³	0,1·10 ²	23	0,9	0,2·10 ²	0,1	0	1,4·10 ³
				2010 H	3,3·10 ³	2	0,2	2,3	27	563	0,2	0,2	45·10 ³	0,1·10 ²	36	0,9	1	0,2	1	1,2·10 ³
				2000 E		0	0,5		17	735	< 1				95	1,6		1	1	1,6·10 ³
Harjumaa	F69	NÖ	21,4	2010 E	4,5·10 ³	1	0,4	4,1	37	601	0,4	0,4	22·10 ³	0,1·10 ²	27	0,7	0,4·10 ²	0,1	1	1,3·10 ³
				2010 H	4,3·10 ³	0,4	0,5	3,2	37	580	0,0	0,4	24·10 ³	0,2·10 ²	52	0,5	0,2·10 ²	0,1	1	1,2·10 ³
				2000 E		0,5	2,4		29	531	< 1				37	3,9		1	1	1,6·10 ³
Haapasaari	37	NV	23,4	2010 E	2,7·10 ³	0,3	0,1	1,3	54	604	0,1	0,3	41·10 ³	0,1·10 ²	18	0,6	0,2·10 ²	0,1	0	1,4·10 ³
				2010 H	3,0·10 ³	1	0,2	1,0	30	604	0,0	0,3	47·10 ³	0,1·10 ²	36	3,0	0	0,1	0	1,5·10 ³
				2000 E		2	0,8		12	738	< 1				32	6,1			0,4	1,8·10 ³
				1988 E					38						66	< 5				
Kukkola	26	NNV	23,6	2010 E	2,6·10 ³	0,4	0,1	1,6	50	451	0,0	0,3	21·10 ³	0,1·10 ²	24	0,5	0,2·10 ²	0,1	0	1,1·10 ³
				2010 H	3,0·10 ³	1	0,7	1,6	24	459	0,1	0,3	25·10 ³	0,1·10 ²	21	0,1	0	0,1	1	1,1·10 ³
				2000 E		0,4	0,8		72	660	< 1				35	3,6			1	1,5·10 ³
				1989 E					10*						74*					
Sangijärvi	17	NVV	27,7	2010 E	3,2·10 ³	0,5	0,0	1,7	81	647	0,0	0,5	27·10 ³	0,2·10 ²	25	0,5	0,6·10 ²	0,1	1	1,1·10 ³
				2010 H	2,7·10 ³	1	0,2	1,3	22	661	0,2	0,4	21·10 ³	0,2·10 ²	49	1,4	0,2·10 ²	0,1	1	1,2·10 ³
				2000 E		0,5	0,4		8	534	< 1				42	1,7			1	1,3·10 ³
Hirvijärvi	25	NV	30,1	2010 E	3,5·10 ³	0,4	0,1	1,6	41	648	0,1	0,2	31·10 ³	0,1·10 ²	26	1,1	4	0,04	0	1,5·10 ³
				2010 H	2,6·10 ³	1	0,1	1,0	18	517	0,2	0,2	29·10 ³	0,1·10 ²	16	0,3	0,1·10 ²	0,1	0,4	1,2·10 ³
				2000 E		1	0,4		10	963	< 1				45	2,2			0	2,0·10 ³
Länsipää	F33	N	31,3	2010 E	3,9·10 ³	1	0,4	2,2	20	550	0,3	0,2	37·10 ³	0,2·10 ²	16	0,7	7	0,1	0,4	1,5·10 ³
				2010 H	4,5·10 ³	1	0,7	2,9	20	530	0,5	0,3	35·10 ³	0,2·10 ²	49	2,3	9	0,1	1	1,7·10 ³
				2000 E		1	0,9		5	610	1				51	6,0			1	1,2·10 ³

Puolukoiden analysoinnin ainekohtaiset tulokset eritellään seuraavien kuvien yhteydessä:



Kuva Cr. Marjojen kromipitoisuudet esitettynä suhteessa näytepisteen etäisyyteen Outokummun tehtailta. Vuoden 2010 huuhtelemattomat näytteet on esitetty sarjana Cr E 2010 ja huuhdotut näytteet sarjana Cr H 2010, vuoden 2000 näytteet (huuhtelemattomia) sarjana Cr E 2000 ja vuosien 1988 ja 1989 näytteet (huuhtelemattomia) sarjana Cr E 1988/1989. Huom: sarjan Cr E 1988/1989 näytteistä kirjaimella M merkityt olivat mustikoita puolukoiden sijasta. Kromin toteamisraja oli 2 µg/kg tuorepainoa. Kaikki pitoisuudet olivat yli määritysrajan 4 µg/kg tuorepainoa.

Puolukoiden kromipitoisuuksien tarkastelua

Lähes kaikissa tapauksissa huuhtomattoman näytteen Cr-pitoisuus oli suurempi vuonna 2010 (sarja Cr E 2010) kuin vastaavan näytepaikan näytteessä vuonna 2000 (sarja Cr E 2000) tai vuonna 1988/1989 (sarja Cr E 1988/1989).

Kromin osalta on kaikkina näytteenottovuosina selkeä riippuvuus, että marjojen kromipitoisuus pääsääntöisesti alenee, kun mennään kauemmaksi Outokummun tehtailta.

Vuonna 2010 lähes kaikissa tapauksissa huuhdotun näytteen (sarja Cr H 2010) kromipitoisuus oli alempi kuin vastaavan huuhtomattoman näytteen (sarja Cr E 2010): huuhdotun näytteen Cr-pitoisuus oli 18 ÷ 100 % vastaavan huuhtomattoman näytteen pitoisuudesta, keskimäärin 53 %.

Huom. vuonna 1988/1989 analysoidusta 6 näytteestä (ruskeat ympyrät kuvassa Cr) 3 oli mustikkanaytteitä (merkki M kuvassa Cr) ja niissä kaikissa oli alemmat Cr-pitoisuudet kuin puolukkanäytteistä.

Seuraavassa on vielä eritelty puolukoiden kromipitoisuuksia eri näytepaikoissa (suluissa mainittu paikan tunnus ja etäisyys Outokummun tehtailta):

Vuonna 2010 Cr-pitoisuudet olivat korkeimmat lähimpänä terästehdasta Prännärinniellä (F45, n. 0,4 km) ja Koivuluodossa (F24, n. 0,9 km): molemmissa näissä paikoista huuhtomattoman näytteen pitoisuus oli n. 1100 µg Cr / kg tuorepainoa; huuhdotun näytteen pitoisuus oli Koivuluodossa n. 770 µg Cr / kg tuorepainoa ja Prännärinniellä n. 460 µg Cr / kg tuorepainoa.

Seuraavaksi korkeimmat pitoisuudet puolukoissa v. 2010 olivat nekin lähellä terästehdasta:

- Mustalahdella (F31, n. 2 km koilliseen) huuhtelematon näyte n. 530 µg Cr / kg tuorepainoa; huuhdottu näyte n. 300 µg Cr / kg tuorepainoa,
- Ukseissa (F30, n. 4 km koilliseen) huuhtelematon näyte n. 360 µg Cr / kg tuorepainoa; huuhdottu näyte n. 300 µg Cr / kg tuorepainoa.

Seuraavissa paikoissa, jotka ovat nekin suhteellisen lähellä terästehdasta, oli suhteellisen korkeita pitoisuuksia vuonna 2010 huuhtelemattomissa puolukoissa, mutta huuhdeltujen puolukoiden pitoisuudet olivat vastaavia kuin kauempanakin terästehtaalta sijaitsevista näytepaikoista:

- Riekkolassa (paikka 13, n. 5,2 km) huuhtelematon näyte n. 210 µg Cr / kg tuorepainoa, huuhdottu näyte 46 µg Cr / kg tuorepainoa;
- Torne-Furössä (paikka 6, n. 5,2 km) huuhtelematon näyte n. 180 µg Cr / kg tuorepainoa, huuhdottu näyte 35 µg Cr / kg tuorepainoa;
- Pirkkiössä (F37, n. 3,7 km) huuhtelematon näyte n. 160 µg Cr / kg tuorepainoa, huuhdottu näyte n. 70 µg Cr / kg tuorepainoa;
- Kyläjoella (F25, n. 7 km) huuhtelematon näyte n. 120 µg Cr / kg tuorepainoa, huuhdottu näyte n. 50 µg Cr / kg tuorepainoa;
- Östra Knivskärissä (paikka 2, n. 10,4 km etelään) huuhtelematon näyte n. 110 µg Cr / kg tuorepainoa, huuhdottu näyte 20 µg Cr / kg tuorepainoa.

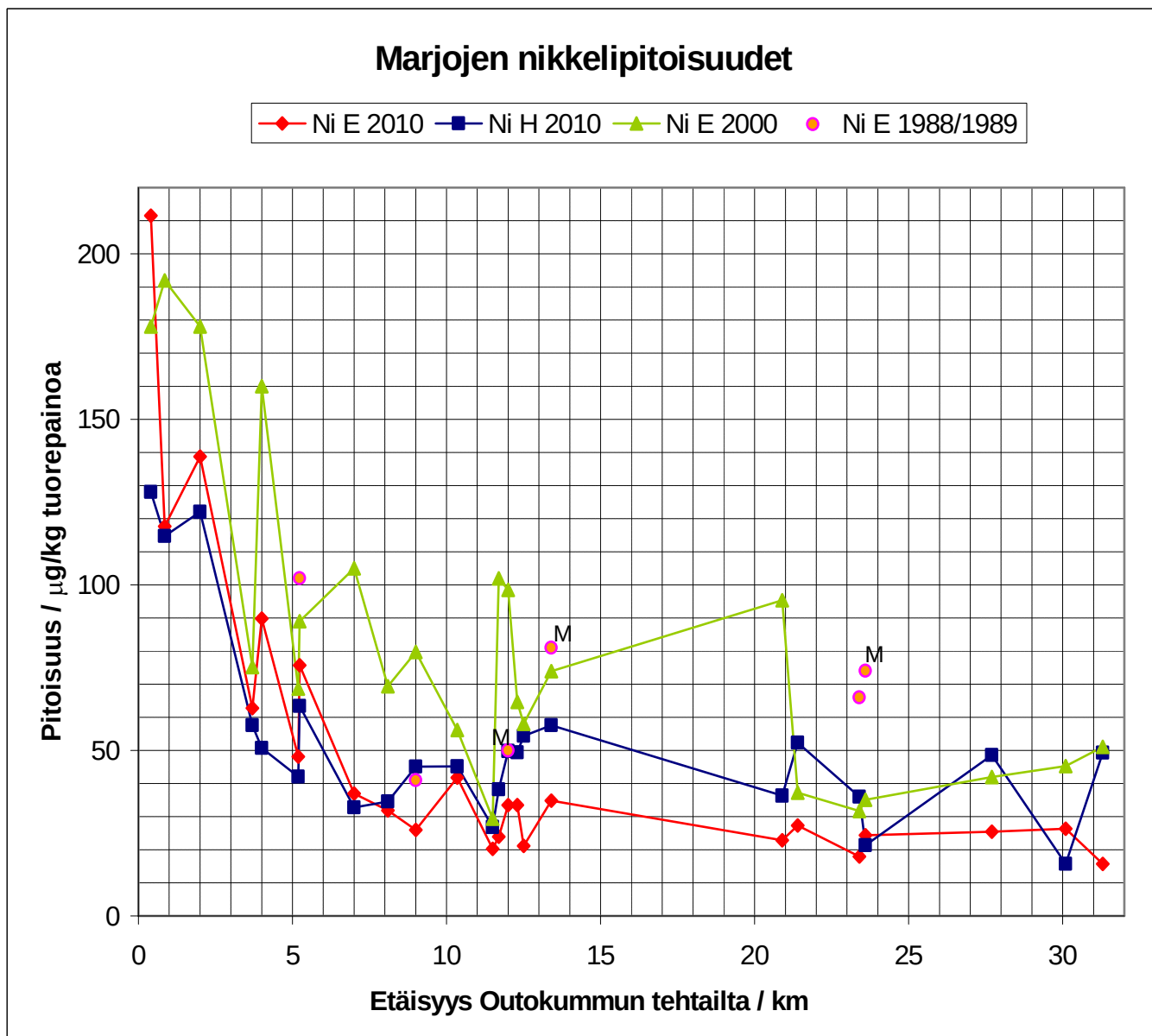
Vuonna 2010 alimmat Cr-pitoisuudet määritettiin paikoista, jotka olivat suhteellisen kaukana terästehtaalta:

- Kaakamossa (F20, n. 11,7 km itään) ja Länsipäässä (F33, n. 31,3 km) sekä huuhtelemattomissa että huuhdelluissa puolukoissa n. 20 µg Cr / kg tuorepainoa,
- Harjumaassa (F69, n. 21,4 km), Hirvijärvellä (paikka 25, n. 30,1 km) ja Seskarössä (paikka 4, n. 20,9 km) huuhtelemattomissa puolukoissa pitoisuus oli n. 40 µg Cr / kg tuorepainoa. Huuhdelluissa puolukoissa pitoisuus oli Hirvijärvellä n. 20 µg Cr / kg tuorepainoa, Seskarössä n. 30 µg Cr / kg tuorepainoa ja Harjumaassa puolestaan sama kuin huuhtomattomissa eli n. 40 µg Cr / kg tuorepainoa.

Vastaavasti vuonna 2000 kromipitoisuus oli korkein Koivuluodossa (F24, n. 0,9 km) ja seuraavaksi korkeimmat pitoisuudet olivat Prännärinniellä (F45, n. 0,4 km), Mustalahdella (F31, n. 2 km), Ukseissa (F30, n. 4 km), Riekkolassa (paikka 13, n. 5,2 km), Kyläjoella (F25, n. 7 km), Pirkkiössä (F37, n. 3,7 km) ja Torne-Furössä (paikka 6, n. 5,2 km).

Kromille on annettu talousvedelle raja-arvo 50 µg/l (STMA 461/2000).

Puolukoiden kromipitoisuudet Torniossa ja Haaparannalla ovat enimmäkseen selvästi korkeampia verrattuna 1990-luvulla Suomen Kainuussa havaittuihin puolukoiden kromipitoisuuksiin n. 2 ÷ 17 µg / kg tuorepainoa [6: s. 19] ja kerrottuun puolukoiden keskimääräiseen kromipitoisuuteen 20 µg / kg tuorepainoa [8].



Kuva Ni. Marjojen nikkelpitoisuudet esitettynä suhteessa näytepisteen etäisyyteen Outokummun tehtailta. Vuoden 2010 huuhtelemattomat näytteet on esitetty sarjana Ni E 2010 ja huuhdotut näytteet sarjana Ni H 2010, vuoden 2000 näytteet (huuhtelemattomia) sarjana Ni E 2000 ja vuosien 1988 ja 1989 näytteet (huuhtelemattomia) sarjana Ni E 1988/1989. Huom: sarjan Ni E 1988/1989 näytteistä kirjaimella M merkityt olivat mustikoita puolukoiden sijasta. Nikkelin toteamisraja oli 1 µg/kg tuorepainoa eli kaikki pitoisuudet olivat paljon yli määritysrajankin.

Puolukoiden nikkelpitoisuuksien tarkastelua

Lähes kaikissa tapauksissa (23 tapausta 24:stä) huuhtomattoman näytteen pitoisuus oli pienempi vuonna 2010 (sarja Ni E 2010) kuin vastaavan näytepaikan näytteessä vuonna 2000 (sarja Ni E 2000) ja vuonna 1988/1989 (sarja Ni E 1988/1989).

Nikkelin osalta niinä vuosina, kun kerättiin enemmän näytteitä (2010 ja 2000) on selkeä riippuvuus, että puolukoiden Ni-pitoisuus pääsääntöisesti alenee, kun mennään kauemmaksi Outokummun tehtailta.

Osalla vesijohtovedellä huuhtotuista puolukkanäytteistä oli pienempi Ni-pitoisuus ja osalla suurempi kuin vastaavassa huuhtomattomassa näytteessä. Kuitenkin huuhtotuille puolukkanäytteille määritettiin huuhtomattomia näytteitä pienemmät Ni-pitoisuudet kaikissa niissä tapauksissa, joissa näytteet oli poimittu terästehtaan lähialueelta (enintään 7 km päästä Outokummun tehtailta) ja myös kaikissa tapauksissa, joissa huuhtomattoman puolukkanäytteen Ni-pitoisuus oli yli 45 µg Ni / kg tuorepainoa. Näissä näytteissä (8 kpl) huuhdotun näytteen Ni-pitoisuus oli 56 ÷ 98 % vastaavan huuhtomattoman näytteen pitoisuudesta, keskimäärin 82 %.

Seuraavassa on vielä eritelty puolukoiden nikkelpitoisuuksia eri näytepaikoissa (suluissa mainittu paikan tunnus ja etäisyys Outokummun tehtailta):

Vuonna 2010 puolukoiden Ni-pitoisuudet olivat korkeimmat lähimpänä terästehdasta:

- Prännärinniemiellä (F45, n. 0,4 km) huuhtelematon näyte n. 210 µg Ni / kg tuorepainoa; huuhdottu näyte n. 130 µg Ni / kg tuorepainoa,
- Mustalahdella (F31, n. 2 km) huuhtelematon näyte n. 140 µg Cr / kg tuorepainoa; huuhdottu näyte n. 120 µg Cr / kg tuorepainoa,
- Koivuluodossa (F24, n. 0,9 km): huuhtomaton näyte n. 120 µg Cr / kg tuorepainoa; huuhdottu näyte 115 µg Cr / kg tuorepainoa.

Seuraavissa paikoissa, jotka ovat nekin lähellä terästehdasta, oli suhteellisen korkeita Ni-pitoisuuksia v. 2010 huuhtelemattomissa puolukoissa, mutta huuhdeltujen puolukoiden pitoisuudet olivat jo samaa suuruusluokkaa kuin kauempanakin terästehtaalta sijaitsevista näytepaikoista:

- Ukseissa (F30, n. 4 km) huuhtelematon näyte 90 µg Ni / kg tuorepainoa, huuhdottu näyte n. 50 µg Ni / kg tuorepainoa,
- Riekkolassa (paikka 13, n. 5,2 km) huuhtelematon näyte n. 80 µg Ni / kg tuorepainoa, huuhdottu näyte n. 60 µg Ni / kg tuorepainoa.

Vuonna 2010 alimmat Ni-pitoisuudet määritettiin paikoista, jotka olivat kauempana terästehtaalta.

Huuhtomattomissa näytteissä alimmat pitoisuudet olivat seuraavissa paikoissa:

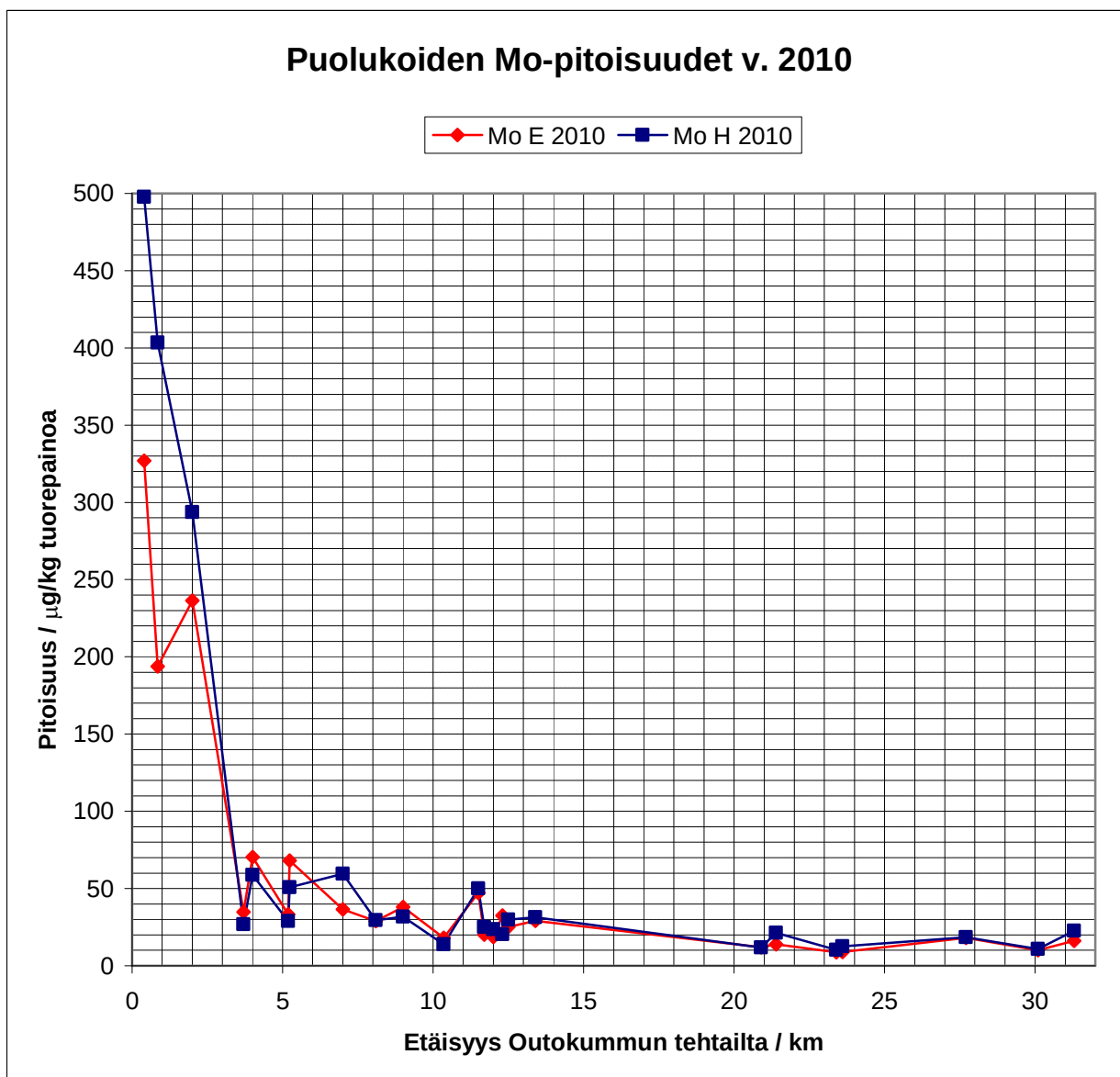
- n. 20 µg Ni / kg tuorepainoa Länsipäässä (F33, n. 31,3 km), Haapasaarella (paikka 37, n. 23,4 km), Haaparannan satamalla (paikka 8, n. 11,5 km länteen), Laivajärvellä (F28, n. 12,5 km koilliseen), Seskarössä (paikka 4, n. 20,9 km), Kaakamossa (F20, n. 11,7 km itään) ja Kukkolassa (paikka 26, n. 23,6 km). (Huuhdottujen näytteiden pitoisuudet näissä paikoissa olivat n. 20 ÷ 50 µg Ni / kg tuorepainoa.)
- n. 30 µg Ni / kg tuorepainoa Sangijärvellä (paikka 17, n. 27,7 km), Vuonossa (paikka 15, n. 9 km), Hirvijärvellä (paikka 25, n. 30,1 km), Harjumaassa (F69, n. 21,4 km), Laivaniemessä (F62, n. 8,1 km), Skomakarenissä (paikka 3, 12 km), Virkamaassa (F35, n. 12,3 km) ja Myllyjärvellä (paikka 19, n. 13,4 km). (Huuhdottujen näytteiden pitoisuudet olivat näissä paikoissa n. 40 ÷ 60 µg Ni / kg tuorepainoa ÷ paitsi Hirvijärvellä (paikka 25) vain n. 20 µg Ni / kg tuorepainoa.)

Jostakin selittämättömästä syystä näissä paikoissa, joissa puolukoiden Ni-pitoisuudet olivat alhaisemmat, huuhdotun näytteen Ni-pitoisuus oli useimmiten korkeampi kuin huuhtomattoman.

Vuonna 2000 korkeimmat nikkelpitoisuudet (n. 160 ÷ 190 µg Ni / kg tuorepainoa) olivat vastaavissa paikoissa eli Koivuluodossa (F24, n. 0,9 km), Prännärinniemiellä (F45, n. 0,4 km), Mustalahdella (F31, n. 2 km) ja Ukseissa (F30, n. 4 km koilliseen); samoin alimmat pitoisuudet (n. 30 - 40 µg Ni / kg tuorepainoa) eli Haaparannan satamalla (paikka 8, n. 11,5 km), Haapasaarella (paikka 37, n. 23,4 km), Kukkolassa (paikka 26, n. 23,6 km), Harjumaassa (F69, n. 21,4 km) ja Sangijärvellä (paikka 17, n. 27,7 km).

Nikkelille on annettu talousvedelle raja-arvo 20 µg/l (STMA 461/2000).

Puolukoiden nikkelpitoisuus on yleensä n. 300 ÷ 500 µg / kg kuiva-ainetta [7: s. 60, 61]. Vuoden 2010 puolukanäytteissä Torniossa ja Haaparannalla pitoisuudet olivat enimmäkseen tätä vastaavia. Selvästi tätä suurempia pitoisuuksia oli huuhtelemattomissa puolukoissa vain terästehdasta lähinnä sijaitsevista pisteistä Prännärinniemiellä (F45, 0,4 km), Mustalahdella (F31, 2 km), Koivuluodossa (F24, 0,9 km) ja Ukseissa (F30, 4 km), joissa vaihteluväli suhteessa kuivapainoon oli n. 680 ÷ 1500 µg Ni / kg kuiva-ainetta. Muissa puolukanäytteissä vaihteluväli suhteessa kuivapainoon oli n. 120 ÷ 540 µg Ni / kg kuiva-ainetta. [liite A]



Kuva Mo. Puolukoiden Mo-pitoisuudet v. 2010 esitettynä suhteessa näytepisteen etäisyyteen Outokummun tehtailta. Molybdeenin toteamisraja oli 5 µg/kg tuorepainoa eli määritysraja n. 10 µg/kg tuorepainoa, joten alimmat määritetyt pitoisuudet olivat suunnilleen määritysrajalla. Huuhtelemattomat näytteet on esitetty sarjana Mo E 2010 ja huuhdottu näytteet sarjana Mo H 2010.

Puolukoiden molybdeenipitoisuuksien tarkastelua

Molybdeenin osalta on selkeä riippuvuus, että puolukoiden molybdeenipitoisuus pääsääntöisesti alenee, kun mennään kauemmaksi Outokummun tehtailta. Jostakin selittämättömästä syystä huuhdellusta näytteestä määritettiin useimmissa tapauksissa suurempi Mo-pitoisuus kuin vastaavasta huuhtelemattomasta näytteestä.

Seuraavassa on vielä eritelty puolukoiden molybdeenipitoisuuksia eri näytepaikoissa (suluissa mainittu paikan tunnus ja etäisyys Outokummun tehtailta):

Vuonna 2010 puolukoiden Mo-pitoisuudet olivat korkeimmat lähimpänä terästehdasta:

- Prännärinniellä (F45, n. 0,4 km) huuhtelematon näyte n. 330 µg Mo / kg tuorepainoa; huuhdottu näyte n. 500 µg Mo / kg tuorepainoa,
- Mustalahdella (F31, n. 2 km) huuhtelematon näyte n. 240 µg Mo / kg tuorepainoa; huuhdottu näyte n. 290 µg Mo / kg tuorepainoa),
- Koivuluodossa (F24, n. 0,9 km): huuhtomaton näyte n. 190 µg Mo / kg tuorepainoa; huuhdottu näyte n. 400 µg Mo / kg tuorepainoa,

Seuraavaksi korkeimmat pitoisuudet olivat nekin suhteellisen lähellä terästehdasta:

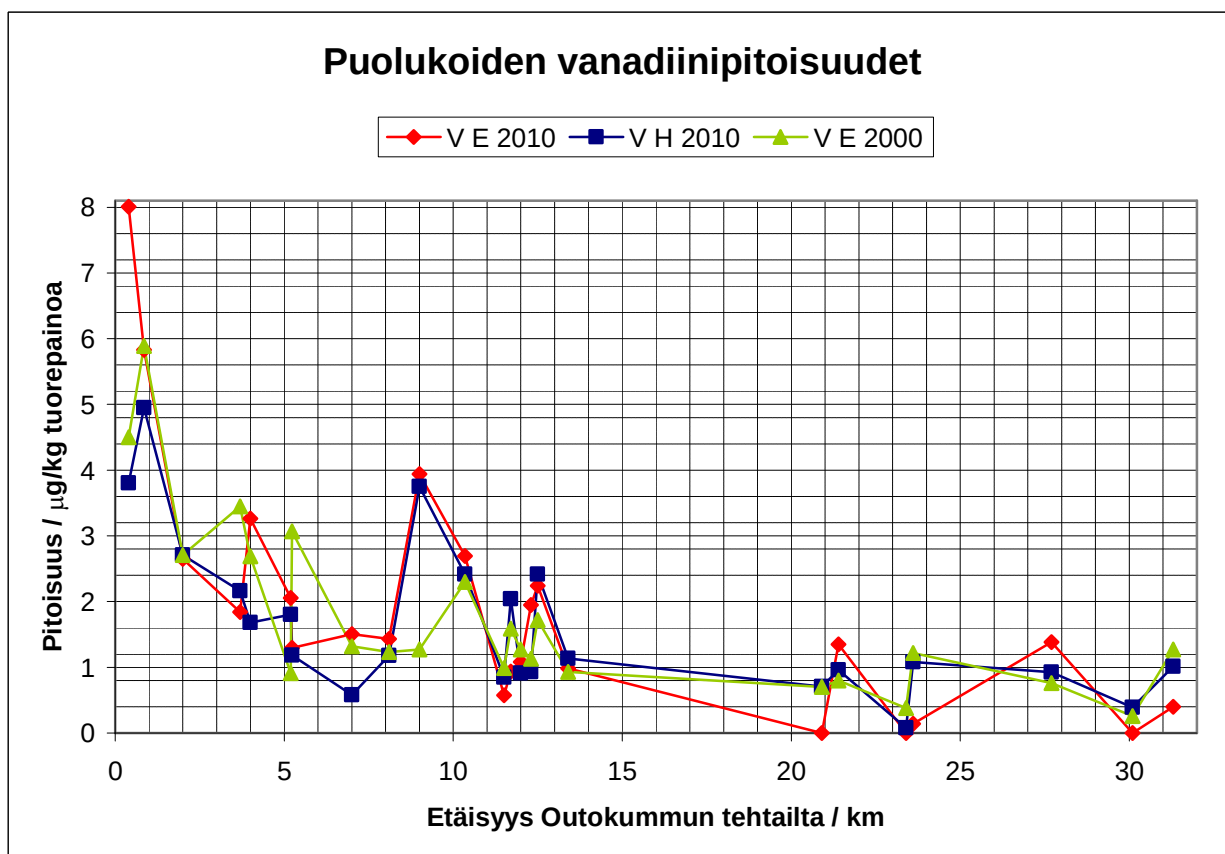
- Ukseissa (F30, n. 4 km koilliseen) huuhtelematon näyte n. 70 µg Mo / kg tuorepainoa; huuhdottu näyte n. 60 µg Mo / kg tuorepainoa,

- Riekkolassa (paikka 13, n. 5,2 km luoteeseen) huuhtelematon näyte n. 70 $\mu\text{g Mo / kg tuorepainoa}$; huuhdottu näyte n. 50 $\mu\text{g Mo / kg tuorepainoa}$,
- Haaparannan satamalla (paikka 8, n. 11,5 km länteen) sekä huuhtelematon että huuhdeltu näyte n. 50 $\mu\text{g Mo / kg tuorepainoa}$;
- Kyläjoella (F25, n. 7 km koilliseen) huuhtelematon näyte n. 40 $\mu\text{g Mo / kg tuorepainoa}$; huuhdottu näyte n. 60 $\mu\text{g Mo / kg tuorepainoa}$,
- Vuonossa (paikka 15, 9 km luoteeseen) huuhtelematon näyte n. 40 $\mu\text{g Mo / kg tuorepainoa}$; huuhdottu näyte n. 30 $\mu\text{g Mo / kg tuorepainoa}$.

Vuonna 2010 alimmat Mo-pitoisuudet, n. 10 $\mu\text{g Mo / kg tuorepainoa}$ sekä huuhtelemattomissa että huuhdelluissa näytteissä, määritettiin paikoista, jotka olivat kaukana terästehtaalta Ruotsin puolella eli Haapasaaressa (paikka 37, n. 23,4 km luoteeseen), Kukkolassa (paikka 26, n. 23,6 km pohjois-luoteeseen), Hirvijärvellä (paikka 25, n. 30,1 km luoteeseen) ja Seskarössä (paikka 4, n. 20,9 km länsi-lounaaseen).

Molybdeenille on ehdotettu raja-arvopitoisuudeksi juomavedessä 20 $\mu\text{g/l}$ [2].

Pohjois-Suomessa on havaittu puolukoiden keskimääräisen molybdeenipitoisuuden olevan n. 60 $\mu\text{g Mo / kg kuiva-ainetta}$ [7: s. 9, 18, 57]. Haaparannalta ja Torniossa keräämissämme näytteissä molybdeenipitoisuus oli alimmillaan tämän verran. Useimmissa paikoissa Torniossa ja Haaparannalla puolukoiden molybdeenipitoisuus oli paljon tätä suurempi. [liite A]



Kuva V. Puolukoiden pitoisuudet esitettynä suhteessa näytepisteen etäisyyteen Outokummun tehtailta. Vanadiinin toteamisraja oli 0,4 $\mu\text{g/kg tuorepainoa}$ (kuvassa pitoisuusakselin alin apuviiva eli katkoviiva on toteamisrajalla ja toiseksi alin apuviiva määritysrajalla) eli muutama määritetty pitoisuus on määritysrajalla tai sen alle. Vuonna 2010 määritetyt huuhtelemattomat näytteet on esitetty sarjana V E 2010, vuonna 2010 määritetyt huuhdotut näytteet sarjana V H 2010 ja vuonna 2000 määritetyt huuhtomattomat näytteet sarjana V E 2000.

Puolukoiden vanadiinipitoisuuksien tarkastelua

Vanadiinin osalta on kumpanakin näytteenottovuonna selkeä riippuvuus, että puolukoiden vanadiinipitoisuus pääsääntöisesti alenee, kun mennään kauemmaksi Outokummun tehtailta.

Seuraavassa on vielä eritelty puolukoiden vanadiinipitoisuuksia eri näytepaikoissa (suluissa mainittu paikan tunnus ja etäisyys Outokummun tehtailta):

Vuonna 2010 puolukoiden vanadiinipitoisuudet olivat korkeimmat lähimpänä terästehdasta:

- Prännärinniemiellä (F45, n. 0,4 km) huuhtelematon näyte 8 µg V / kg tuorepainoa; huuhdottu näyte n. 4 µg V / kg tuorepainoa,
- Koivuluodossa (F24, n. 0,9 km): huuhtomaton näyte n. 6 µg V / kg tuorepainoa; huuhdottu näyte 5 µg V / kg tuorepainoa.

Seuraavaksi korkeimmat pitoisuudet olivat nekin suhteellisen lähellä terästehdasta:

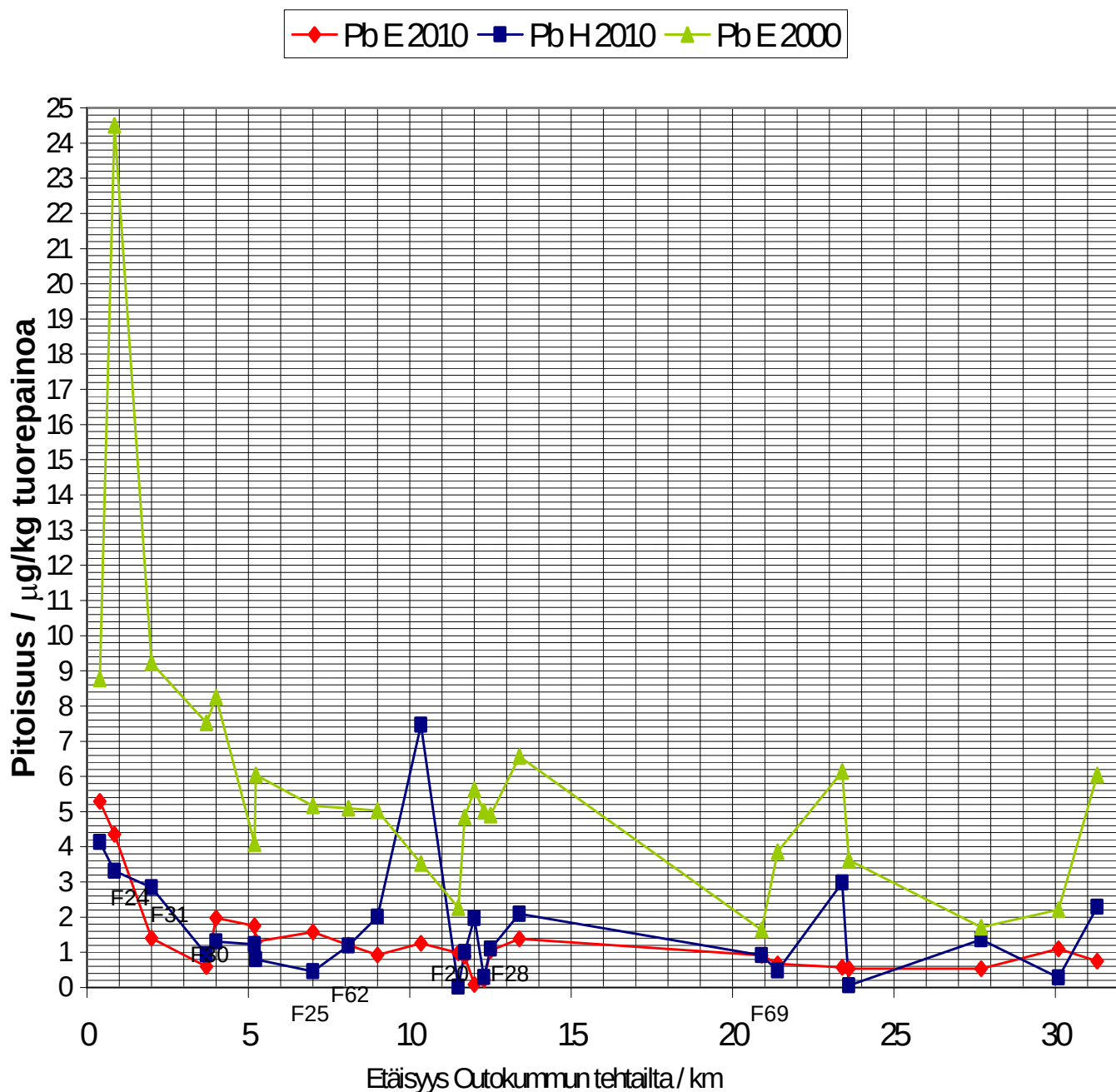
- Vuonossa (paikka 15, n. 9 km luoteeseen) sekä huuhtelematon että huuhdottu näyte n. 4 µg V / kg tuorepainoa;
- Mustalahdessa (F31, n. 2 km koilliseen) sekä huuhtelematon että huuhdottu näyte n. 3 µg V / kg tuorepainoa;
- Ukseissa (F30, n. 4 km koilliseen) ja Östra Knivskärissä (paikka 2, n. 10,4 km etelään) huuhtelemattomat näytteet n. 3 µg V / kg tuorepainoa, huuhdotut näytteet n. 2 µg V / kg tuorepainoa.

Vuonna 2010 alimmat vanadiinipitoisuudet eli huuhtomattomissa näytteissä alle toteamisrajan olevat pitoisuudet 0 µg V / kg tuorepainoa määritettiin paikoista, jotka olivat kaukana terästehtaalta Ruotsin puolella eli Haapasaarella (paikka 37, n. 23,4 km luoteeseen), Hirvijärvellä (paikka 25, n. 30,1 km luoteeseen), Seskarössä (paikka 4, n. 20,9 km länsi-lounaaseen) ja Kukkolassa (paikka 26, n. 23,6 km pohjois-luoteeseen). Nämä ovat juuri samat paikat, joissa molybdeenipitoisuudetkin olivat alimmat. Haapasaarella myös huuhdotun näytteen pitoisuus oli alle toteamisrajan eli 0 µg V / kg tuorepainoa. Muissa em. alhaisimpien V-pitoisuuksien paikoissa huuhdottujen näytteiden pitoisuudet olivat hivenen korkeammat kuin huuhtomattomien: huuhdotun näytteen pitoisuus oli Hirvijärvellä 0,4 µg V / kg tuorepainoa eli toteamisrajalla, Seskarössä ja Kukkolassa suunnilleen määritysrajalla eli n. 1 µg V / kg tuorepainoa. Hivenen korkeampaa pitoisuutta huuhdotuissa näytteissä voi selittää osin se, että vesijohtovedelle määritettiin korkeampi vanadiinipitoisuus (0,2 µg/l) kuin näille pitoisuudeltaan alhaisimmille huuhtomattomille puolukoille.

Vuonna 2000 korkeimmat vanadiinipitoisuudet (n. 5 - 6 µg V / kg tuorepainoa) olivat vastaavissa paikoissa eli Koivuluodossa ja Prännärinniemiellä. Myös alimmat pitoisuudet (0,7 µg V / kg tuorepainoa) olivat samoissa paikoissa vuonna 2000 eli Hirvijärvellä, Haapasaarella ja Seskarössä.

Tavanomaisissa viljely-ympäristöissä viljellyille perunoille on määritetty vanadiinipitoisuuksia 6 ÷ 130 µg / kg kuiva-ainetta [4: s. 82; 5: s. 19]. Vuoden 2010 puolukkanäytteiden vaihteluväli suhteessa kuivapainoon oli 0 ÷ 55 µg V / kg kuiva-ainetta eli kaikissa puolukkanäytteissä vanadiinipitoisuus oli vastaava, mitä on havaittu perunassa.

Puolukoiden Pb-pitoisuudet



Kuva Pb. Puolukoiden lyijypitoisuudet esitettynä suhteessa näyten pisteen etäisyyteen Outokummun tehtailta. Lyijyn toteamisraja oli 0,2 µg/kg tuorepainoa (kuvassa pitoisuus akselin alin apuviiva eli katkoviiva on toteamisrajalla ja toiseksi alin apuviiva määrittäysrajalla) eli muutama määritetty pitoisuus on alle määrittäysrajan. Vuonna 2010 määritetyt huuhtelemattomat näytteet on esitetty sarjana Pb E 2010, vuonna 2010 määritetyt huuhtotut näytteet sarjana Pb H 2010 ja vuonna 2000 määritetyt huuhtomattomat näytteet sarjana Pb E 2000. Outokummun tehtailta koillinen iitä suuntaan sijaitsevat näyten pisteet on merkitty kuvaan näyten paikan tunnuksella.

Puolukoiden lyijypitoisuuksien tarkastelua

Lyijyn osalta on huuhtomattomilla näytteillä kumpanakin näyten ottovuonna selkeä riippuvuus, että puolukoiden Pb-pitoisuus pääsääntöisesti alenee, kun mennään kauemmaksi Outokummun tehtailta. Huuhdottujen näytteiden osalta samanlainen riippuvuus on selvästi nähtävissä näytteistä niiltä paikoilta, jotka sijaitsevat koillinen iitä suuntaan Outokummun tehtailta (merkitty kuvaan näyten paikan tunnuksella). Muuten huuhtotuissa näytteissä vaikuttaisi muutaman näyten kohdalla jopa tapahtuneen näyten Pb-kontaminaatiota/sotkeentumista, joka sotkee

mahdollisuutta tällaisen riippuvuuden tarkasteluun: muutamassa huuhtotussa näytteessä määritetty Pb-pitoisuus on paljon suurempi kuin vastaavassa huuhtomattomassa näytteessä.

Vuonna 2010 määritetyt huuhtomattomien puolukoiden Pb-pitoisuudet ovat kaikissa paikoissa selvästi alempia (40 ÷ 98 % alempia) kuin vastaavilta paikoilta vuonna 2000 määritetyt!

Seuraavassa on vielä eritelty puolukoiden lyijypitoisuuksia eri näytepaikoissa (suluissa mainittu paikan tunnus ja etäisyys Outokummun tehtailta):

Vuonna 2010 huuhtelemattomien puolukoiden Pb-pitoisuudet olivat korkeimmat lähimpänä terästehdasta:

- Prännärinniellä (F45, n. 0,4 km) huuhtelematon näyte n. 5 µg Pb / kg tuorepainoa, huuhdottu näyte n. 4 µg Pb / kg tuorepainoa,
- Koivuluodossa (F24, 0,9 km): huuhtomaton näyte n. 4 µg Pb / kg tuorepainoa, huuhdottu näyte n. 3 µg Pb / kg tuorepainoa.

Seuraavaksi korkeimmat huuhtelemattomien puolukoiden pitoisuudet n. 2 µg Pb / kg tuorepainoa määritettiin vuonna 2010 seuraavissa paikoissa, nekin suhteellisen lähellä terästehdasta: Ukseissa (F30, n. 4 km koilliseen, huuhdottu näyte täällä n. 1 µg Pb / kg tuorepainoa), Torne-Furössä (paikka 6, n. 5,2 km länsi-lounaaseen, huuhdottu näyte täällä n. 1 µg Pb / kg tuorepainoa) ja Kyläjoella (F25, 7 km koilliseen, huuhdottu näyte täällä 0,5 µg Pb / kg tuorepainoa).

Sen sijaan huuhdelluissa puolukoissa seuraavaksi korkeimmat pitoisuudet 2 ÷ 3 Pb µg / kg tuorepainoa määritettiin vuonna 2010 seuraavista paikoista:

- Haapasaaressa (paikka 37, 23,4 km luoteeseen) ja Mustalahdella (F31, 2 km) molemmissa huuhdellut näytteet 3 µg Pb / kg tuorepainoa ja huuhtelemattomat näytteet n. 1 µg Pb / kg tuorepainoa,
- Länsipäässä (F33, 31,3 km pohjoiseen), Myllyjärvellä (paikka 19, 13,4 km luoteeseen) ja Vuonossa (paikka 15, 9 km luoteeseen) huuhdellut näytteet n. 2 µg Pb / kg tuorepainoa ja huuhtelemattomat näytteet n. 1 µg Pb / kg tuorepainoa,
- Skomakarenissa (paikka 3, 12 km lounaaseen) huuhdeltu näyte n. 2 µg Pb / kg tuorepainoa, huuhtelematon näyte alle toteamisrajan eli 0 µg Pb / kg tuorepainoa.

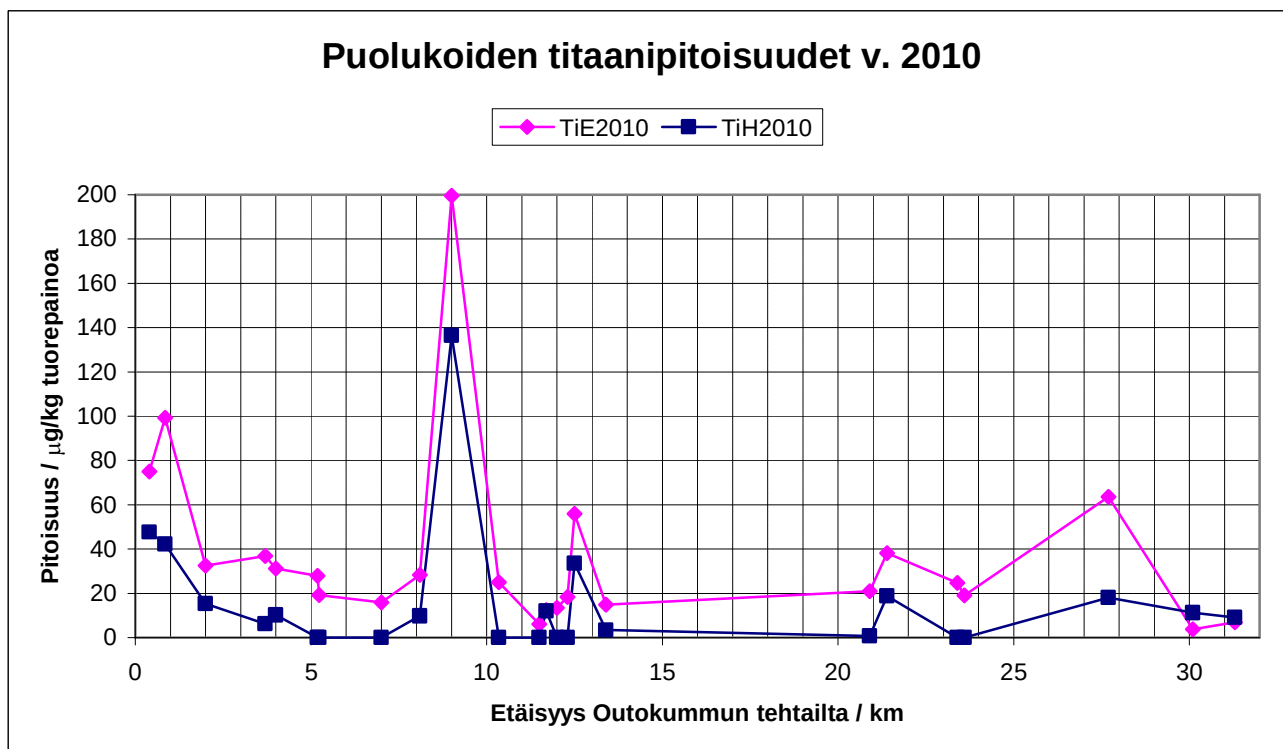
Kaikissa näissä paikoissa huuhdellun näytteen pitoisuus oli siis selvästi korkeampi kuin huuhtelemattoman näytteen, eivätkä nämä paikat ole yhdenmukaisia vastaavalla pitoisuusalueella 2 µg Pb / kg tuorepainoa olevien huuhtelemattomien näytteiden paikkojen kanssa. Tämä antaa jopa aihetta epäillä, että olisi jostakin syystä tapahtunut huuhdeltujen näytteiden Pb-kontaminaatiota/sotkeutumista ÷ varsinkin, kun kaikkien vuoden 2010 puolukkanäytteiden korkein Pb-pitoisuus n. 7 µg Pb / kg tuorepainoa määritettiin Östra Knivskärin (paikka 2, 10,4 km etelään) huuhdellusta näytteestä (huuhtelemattomassa Östra Knivskärin näytteessä pitoisuus oli n. 1 µg Pb / kg tuorepainoa).

Alimmat lyijypitoisuudet huuhtelemattomissa puolukoissa vuonna 2010 määritettiin seuraavista paikoista:

- Skomakarenissa (paikka 3, 12 km lounaaseen) em. alle toteamisrajan ollut näyte,
- Virkamaassa (F35, 12,3 km pohjoiseen) sekä huuhtelematon näyte että huuhdottu näyte olivat alle määritysrajan eli alle 0,4 µg Pb / kg tuorepainoa.

Vuonna 2000 korkeimmat Pb-pitoisuudet huuhtelemattomissa puolukoissa olivat vastaavasti lähimpänä terästehdasta: Koivuluodossa (F24, n. 0,9 km), Mustalahdella (F31, n. 2 km) ja Prännärinniellä (F45, n. 0,4 km). (Näissä paikoissa pitoisuudet olivat v. 2000 n. 9 ÷ 25 µg Pb / kg tuorepainoa.)

Kaikissa puolukkanäytteissä lyijypitoisuudet olivat kuitenkin alhaisia: paljon alle marjoille asetetun raja-arvon 200 µg/kg (asetus EY 1881/2006) ja vuonna 2010 kaikki näytteet olivat myös alle talousvedelle asetetun raja-arvon 10 µg/l (STMA 461/2000).



Kuva Ti. Puolukoiden titaanipitoisuudet vuonna 2010 esitettynä suhteessa näytepisteen etäisyyteen Outokummun tehtailta. Huuhtelemattomat näytteet on esitetty sarjana Ti E 2010 ja huuhdotut näytteet sarjana Ti H 2010. Titaanin toteamisraja oli 20 µg/kg tuorepainoa.

Puolukoiden titaanipitoisuuksien tarkastelua

Huuhtelemattomista näytteistä (sarja TiE2010) vajaa puolet ja huuhdelluista näytteistä (sarja TiH2010) suurin osa oli pitoisuudeltaan alle toteamisrajan ja vain muutama näyte oli yli määritysrajan (n. 40 µg/kg tuorepainoa). Niinpä **ei ole järkevää tarkastella titaanipitoisuutta suhteessa etäisyyteen tehtailta ja myös huuhtelemattomien ja huuhdottujen näytteiden väliseen vertailuun sisältyy suurta epävarmuutta**. Kuitenkin tuloksista huomataan, että huuhtomattoman näytteen pitoisuus on suurempi kuin vastaavan huuhdellun näytteen pitoisuus lähes jokaisessa tapauksessa ja että näin on kaikissa niissä tapauksissa, joissa huuhtomattoman näytteen pitoisuus on yli toteamisrajan.

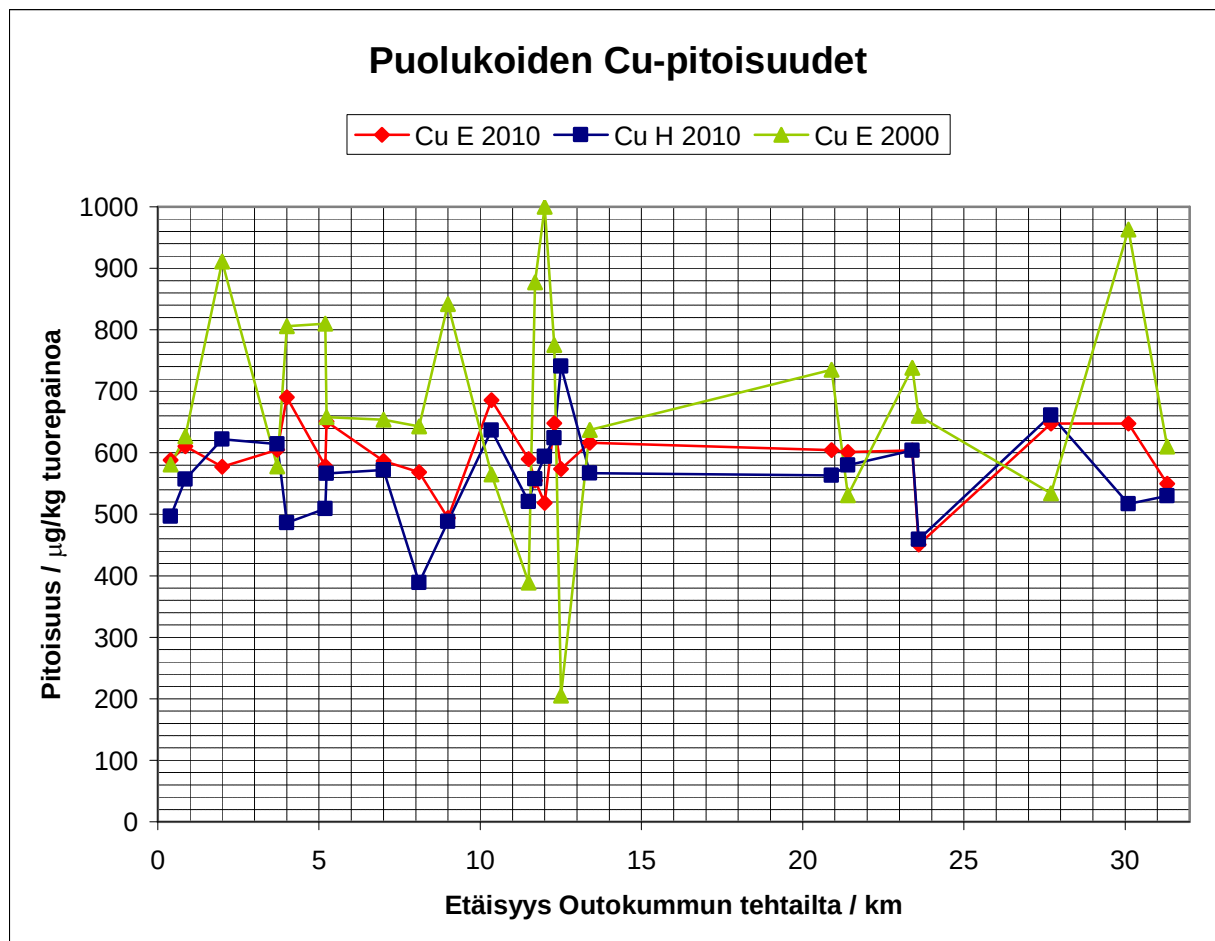
Seuraavassa on vielä eritelty puolukoiden titaanipitoisuuksia eri näytepaikoissa (suluissa mainittu paikan tunnus ja etäisyys Outokummun tehtailta):

Vuonna 2010 puolukoiden titaanipitoisuudet olivat korkeimmat seuraavissa paikoissa:

- Vuono (paikka 15, n. 9 km): huuhtelematon näyte 200 µg Ti / kg tuorepainoa, huuhdottu näyte n. 140 µg Ti / kg tuorepainoa,
- Koivuluoto (F24, n. 0,9 km): huuhtomaton näyte n. 100 µg Ti / kg tuorepainoa, huuhdottu näyte n. 40 µg Ti / kg tuorepainoa,
- Prännärinniemi (F45, n. 0,4 km): huuhtomaton näyte n. 70 µg Ti / kg tuorepainoa, huuhdottu näyte n. 50 µg Ti / kg tuorepainoa.

Alimmillaan titaanipitoisuus oli seuraavissa paikoissa eli alle toteamisrajan 20 µg Ti / kg tuorepainoa sekä huuhtelemattomissa että huuhdelluissa näytteissä: Hirvijärvi (paikka 25, n. 30,1 km), Haaparannan satama (paikka 8, n. 11,5 km), Länsipää (F33, n. 31,3 km), Kaakamo (F20, n. 11,7 km), Skomakaren (paikka 3, n. 12 km), Myllyjärvi (paikka 19, n. 13,4 km), Kyläjoki (F25, n. 7 km), Virkamaa (F35, n. 12,3 km), Kukkola (paikka 26, n. 23,6 km), Riekkola (paikka 13, n. 5,2 km). Näiden joukossa on kauimpana terästehtaasta sijaitsevat paikat Länsipää ja Hirvijärvi.

Pohjois-Suomessa on aiemmin havaittu puolukoiden keskimääräisen titaanipitoisuuden olevan n. 340 µg / kg kuiva-ainetta [7: s. 9, 18, 68]. Myös Torniossa ja Haaparannalla puolukoiden titaanipitoisuus oli enimmäkseen vastaavaa suuruusluokkaa. Huuhtelemattomista näytteistä vain kahdessa Ti-pitoisuus oli yli 2-kertainen tähän keskimääräiseksi ilmoitettuun pitoisuuteen nähden: Vuonossa n. 1400 µg Ti / kg kuiva-ainetta ja Koivuluodossa n. 690 µg Ti / kg kuiva-ainetta. Muiden Haaparannan ja Tornion huuhtomattomien puolukkanäytteiden vaihteluväli suhteessa kuivapainoon oli n. 30 ÷ 520 µg Ti / kg kuiva-ainetta. [liite A]



Kuva Cu. Puolukoiden kuparipitoisuudet suhteessa näytepaikan etäisyyteen Outokummun tehtailta. Vuonna 2010 määritetyt huuhtelemattomat näytteet on esitetty sarjana Cu E 2010, huuhdotut näytteet sarjana Cu H 2010 ja vuonna 2000 määritetyt näytteet (huuhtomattomia) sarjana Cu E 2000.

Kuparin toteamisraja oli 0,5 µg/kg tuorepainoa eli kaikki pitoisuudet olivat paljon yli määritysrajankin.

Puolukoiden kuparipitoisuuksien tarkastelua

Useimmissa tapauksissa (16 tapausta 24:stä) huuhdotun näytteen pitoisuus (sarja Cu H 2010) on pienempi kuin vastaavan huuhtomattoman näytteen (sarja Cu E 2010): tosin tämä pitoisuusvähenemä huuhdotussa näytteessä on keskimäärin vain n. 5 %.

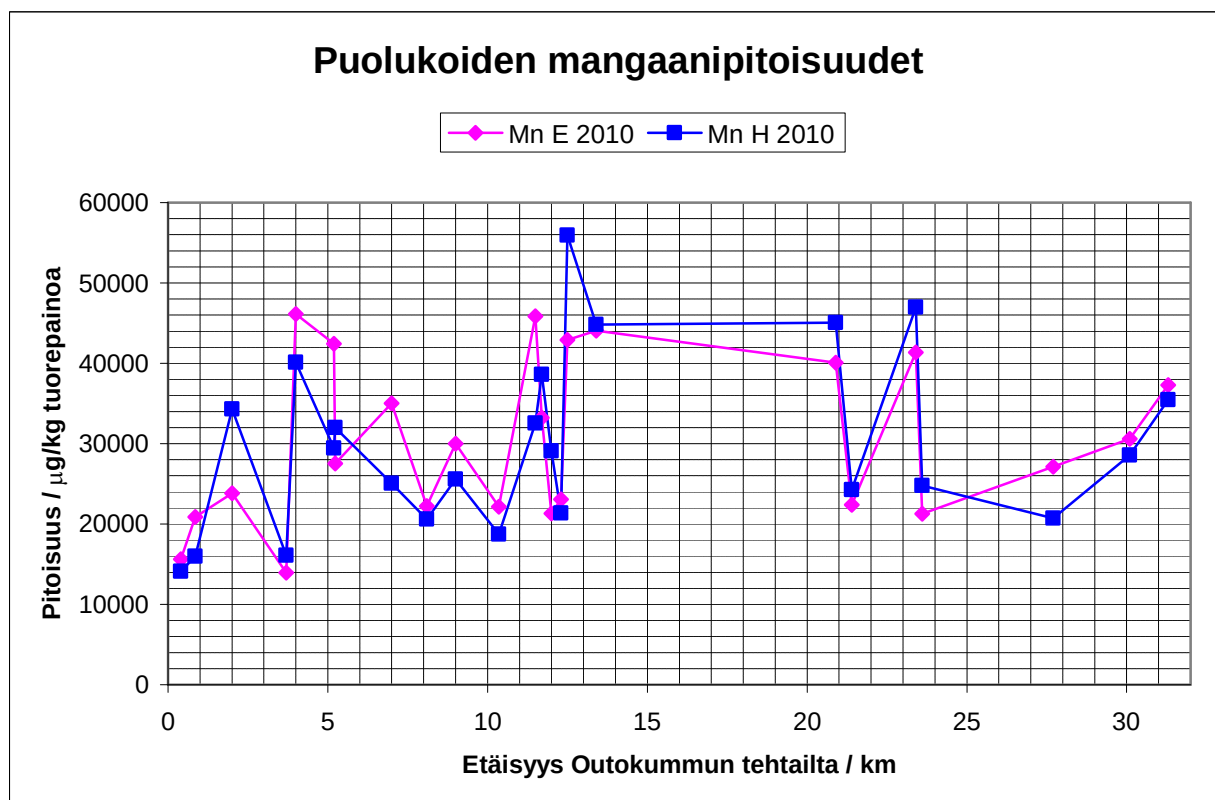
Useimmissa tapauksissa (17 tapausta 24:stä) pitoisuus vuonna 2010 (huuhtomaton näytesarja Cu E 2010) oli alempi kuin vastaavassa näytepaikassa vuonna 2000 (sarja Cu E 2000).

Kaikkiaan vuonna 2010 näytteiden välinen suhteellinen pitoisuusvaihtelu oli vähäisintä kuparin kohdalla: kaikissa näytteissä Cu-pitoisuus oli suunnilleen samaa suuruusluokkaa.

Kaikkien puolukkanäytteiden Cu-pitoisuutta voi pitää alhaisena: pitoisuudet alittavat selvästi hedelmille asetetun raja-arvon 10000 µg/kg (KTMA 237/2002) ja myös talousvedelle asetetun raja-arvon 2000 µg/l (STMA 461/2000).

Pohjois-Suomessa on aiemmin havaittu puolukoiden keskimääräisen kuparipitoisuuden olevan n. 4 mg / kg kuiva-ainetta [7: s. 9, 18, 47]. Suhteessa tuorepainoon puolukoiden keskimääräisen kuparipitoisuuden kerrotaan olevan n. 720 µg/kg [8]. Torniossa ja Haaparannalla puolukoiden kuparipitoisuus vastaa edellä mainittuja keskimääräisiä pitoisuuksia: vuoden 2010 puolukkanäytteiden vaihteluväli suhteessa kuivapainoon oli n. 3 ÷ 5 mg Cu / kg kuiva-

ainetta ja huuhtomattomien näytteiden vaihteluväli suhteessa tuorepainoon oli n. 500 ÷ 700 µg/kg tuorepainoa [liite A].



Kuva Mn. Puolukoiden Mn-pitoisuudet vuonna 2010 suhteessa näytepaikan etäisyyteen Outokummun tehtailta. Mangaanin toteamisraja oli 0,1 µg/kg tuorepainoa eli kaikki pitoisuudet olivat paljon yli määritysrajankin. Huuhtelemattomat näytteet on esitetty sarjana Mn E 2010 ja huuhdotut näytteet sarjana Mn H 2010.

Puolukoiden mangaanipitoisuuksien tarkastelua

Seuraavassa on vielä eritelty puolukoiden mangaanipitoisuuksia eri näytepaikoissa (suluissa mainittu paikan tunnus ja etäisyys Outokummun tehtailta):

Vuonna 2010 puolukoiden mangaanipitoisuudet olivat korkeimmat seuraavissa paikoissa:

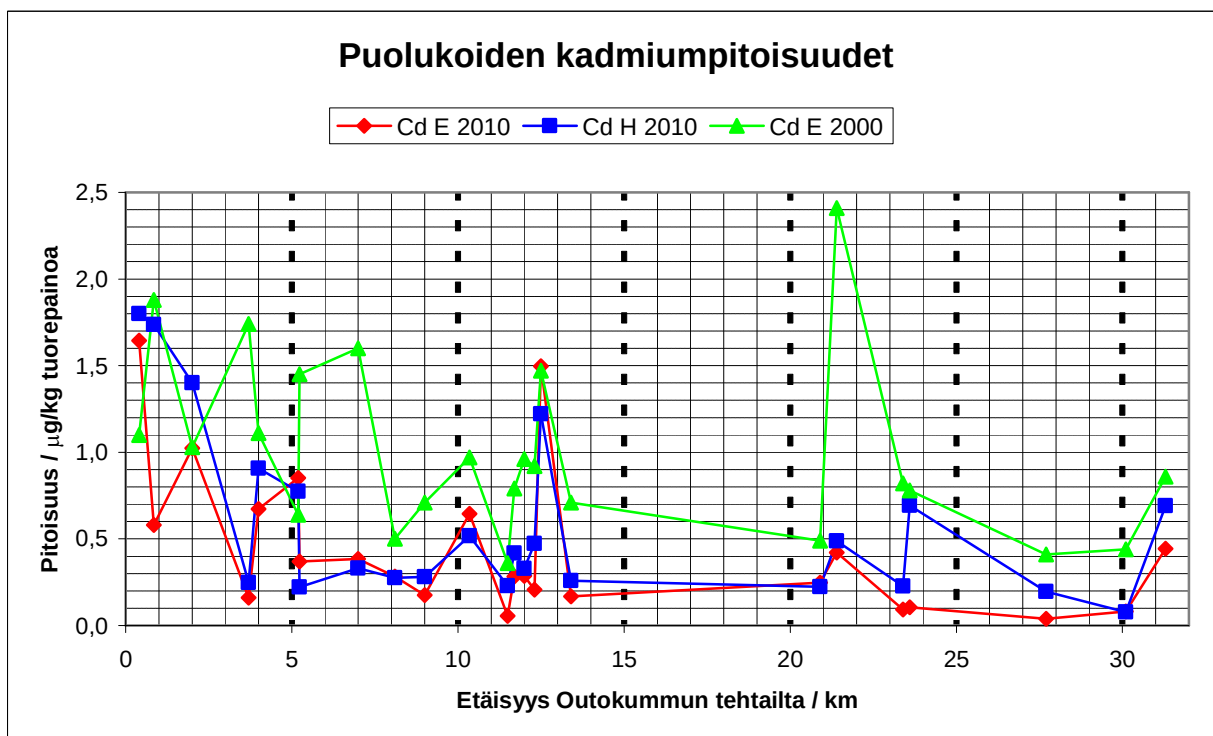
- Uksei (F30, n. 4 km): huuhtelematon näyte n. 46 mg Mn / kg tuorepainoa, huuhdottu näyte n. 40 mg Mn / kg tuorepainoa,
- Myllyjärvi (paikka 19, n. 13,4 km): huuhtelematon näyte n. 44 mg Mn / kg tuorepainoa, huuhdottu näyte n. 45 mg Mn / kg tuorepainoa,
- Laivajärvi (F28, n. 12,5 km): huuhtelematon näyte n. 43 mg Mn / kg tuorepainoa, huuhdottu näyte n. 56 mg Mn / kg tuorepainoa,
- Haapasaari (paikka 37, n. 23,4 km): huuhtelematon näyte n. 41 mg Mn / kg tuorepainoa, huuhdottu näyte n. 47 mg Mn / kg tuorepainoa,
- Seskarö (paikka 4, n. 20,9 km): huuhtelematon näyte n. 40 ja huuhdottu näyte n. 45 mg Mn / kg tuorepainoa,
- Haaparannan satama (paikka 8, n. 11,5 km): huuhtelematon näyte n. 46 mg Mn / kg tuorepainoa (Huuhdottu näyte n. 33 mg Mn / kg tuorepainoa on sen sijaan pitoisuudeltaan keskimääräinen suhteessa muihin näytteisiin.)
- Torne-Furö (paikka 6, n. 5,2 km): huuhtelematon näyte n. 42 mg Mn / kg tuorepainoa (Huuhdottu näyte n. 29 mg Mn / kg tuorepainoa on sen sijaan pitoisuudeltaan keskimääräinen suhteessa muihin näytteisiin.)

Alimmat mangaanipitoisuudet olivat lähellä terästehdasta:

- Pirkkiössä (F37, n. 3,7 km pohjoiseen): huuhtomaton näyte n. 14 mg Mn / kg tuorepainoa, huuhdottu näyte n. 16 mg Mn / kg tuorepainoa,
- Prännärinniemiellä (F45, n. 0,4 km): huuhtomaton näyte n. 16 mg Mn / kg tuorepainoa, huuhdottu näyte n. 14 mg Mn / kg tuorepainoa,
- Koivuluodossa (F24, n. 0,9 km): huuhtomaton näyte n. 21 mg Mn / kg tuorepainoa, huuhdottu näyte n. 16 mg Mn / kg tuorepainoa.

Puolukoiden tiedetään yleensäkin sisältävän runsaasti mangaania, mikä näkyi kaikista puolukkanäytteistä. Mangaanipitoisuudet puolukoissa olivat paljon yli talousveden laatusuositukseen 50 µg/l, joka on annettu

varmistamaan veden käyttökelpoisuutta vedenkäyttölaitteissa (STMA 461/2000). Suomalaisen tutkimusten mukaan puolukan Mn-pitoisuus on luokkaa 30 i 50 mg/kg tuorepainoa ja keskimäärin n. 240 mg/kg kuiva-ainetta [7: s. 54, 55] eli Torniossa ja Haaparannalla Mn-pitoisuudet olivat vastaavia i alimmat pitoisuudet lähellä terästedasta jopa selvästi alempia [liite A].



Kuva Cd. Puolukoiden kadmiumpitoisuudet esitettynä suhteessa näytepisteen etäisyyteen Outokummun tehtailta. Vuonna 2010 määritetyt huuhtelemattomat näytteet on esitetty sarjana Cd E 2010, huuhdotut näytteet sarjana Cd H 2010 ja vuonna 2000 määritetyt näytteet (huuhtomattomia) sarjana Cd E 2000. Kadmiumin toteamisraja oli 0,1 µg / kg tuorepainoa eli muutama määritetty pitoisuus oli määritysrajalla (0,2 µg / kg tuorepainoa) tai sen alle.

Puolukoiden kadmiumpitoisuuksien tarkastelua

Useimmissa näytepaikoissa (21 tapausta 24:stä) pitoisuus vuonna 2010 (sarja Cd E 2010) oli alempi kuin vuonna 2000 (sarja Cd E 2000). Vuonna 2010 huuhdotun näytteen kadmiumpitoisuus (sarja Cd H 2010) oli jostakin selittämättömästä syystä useimmiten korkeampi kuin vastaavan huuhtomattoman näytteen (sarja Cd E 2010)!

Seuraavassa on vielä eritelty puolukoiden kadmiumpitoisuuksia eri näytepaikoissa (suluissa mainittu paikan tunnus ja etäisyys Outokummun tehtailta):

Vuonna 2010 puolukoiden kadmiumpitoisuudet olivat korkeimmat seuraavissa paikoissa:

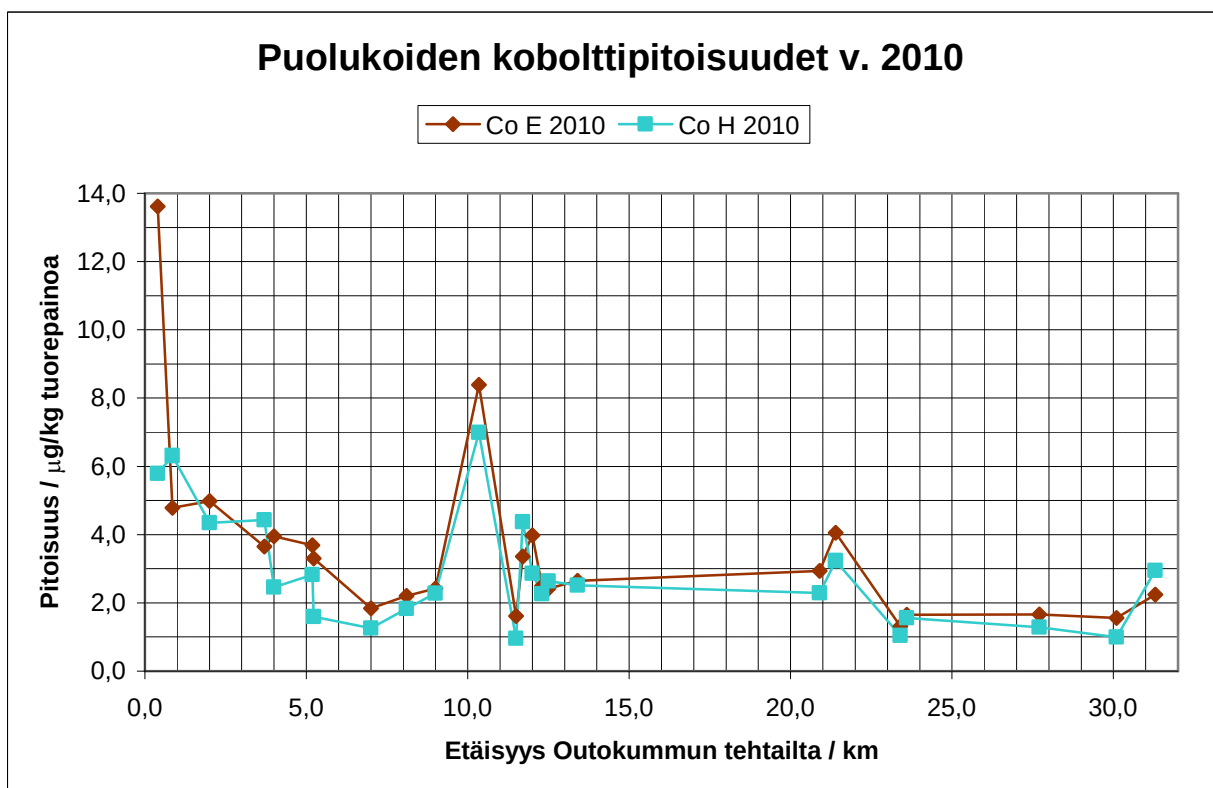
- Korkein pitoisuus Prännärinniemiellä (F45, n. 0,4 km): huuhtelematon näyte 1,6 µg Cd / kg tuorepainoa, huuhdottu näyte 1,8 µg Cd / kg tuorepainoa,
- Laivajärvi (F28, n. 12,5 km koilliseen): huuhtelematon näyte 1,5 µg Cd / kg tuorepainoa, huuhdottu näyte 1,2 µg Cd / kg tuorepainoa,
- Mustalahti (F31, n. 2 km): huuhtelematon näyte 1,0 µg Cd / kg tuorepainoa, huuhdottu näyte 1,4 µg Cd / kg tuorepainoa,
- Koivuluodon (F24, n. 0,9 km) huuhdellussa näytteessä oli toiseksi korkein pitoisuus 1,7 µg Cd / kg tuorepainoa, mutta huuhtomattoman näytteen pitoisuus oli kertaluokkaa alemmaa tasoa 0,6 µg Cd / kg tuorepainoa.

Prännärinniemi, Koivuluoto ja Mustalahti ovat lähimpänä terästedasta sijaitsevat näytepaikat.

Alimmat kadmiumpitoisuudet olivat vuonna 2010 määritysrajalla 0,2 µg Cd / kg tuorepainoa tai sen alle. Seuraavissa paikoissa sekä huuhdottu että huuhtomaton näyte oli määritysrajalla tai sen alle: Hirvijärvi (paikka 25, n. 30,1 km luoteeseen), Sangijärvi (paikka 17, n. 27,7 km länsi-luoteeseen), Haapasaari (paikka 37, n. 23,4 km luoteeseen), Haaparannan satama (paikka 8, n. 11,5 km länteen), Seskarö (paikka 4, n. 20,9 km länsi-lounaaseen), Pirkkiö (F37, n. 3,7 km pohjoiseen). Nämä paikat ovat enimmäkseen kaukana terästedalta i Pirkkiö kuitenkin lähellä terästedasta. Vuonna 2000 alimmat kadmiumpitoisuudet (n. 0,4 i 0,5 µg Cd / kg tuorepainoa) olivat vastaavasti Haaparannan satamalla, Sangijärvellä, Hirvijärvellä ja Seskarössä.

Kaikissa näytteissä Cd-pitoisuudet olivat alhaisia: paljon alle vihanneksille ja hedelmille asetetun raja-arvon 50 µg/kg (asetus EY 1881/2006) ja myös alle talousvedelle asetetun raja-arvon 5 µg/l (STMA 461/2000).

Pohjois-Suomessa on aiemmin havaittu puolukoiden Cd-pitoisuuden olevan keskimäärin n. 9 µg Cd / kg kuiva-ainetta [7: s. 9, 18, 39]. Tornion ja Haaparannan puolukkanäytteissä vuonna 2010 vaihteluväli oli 0 i 13 µg Cd / kg kuiva-ainetta eli pitoisuus näissä näytteissä oli samaa suuruusluokkaa kuin em. puolukoiden keskimääräinen kadmiumpitoisuus.



Kuva Co. Puolukoiden kobolttipitoisuus vuonna 2010 esitettynä suhteessa näytepisteen etäisyyteen Outokummun tehtailta. Huuhtelemattomat näytteet on esitetty sarjana Co E 2010 ja huuhdotut näytteet sarjana Co H 2010. Koboltin toteamisraja oli 0,2 µg/kg tuorepainoa eli kaikki pitoisuudet ovat selvästi yli määritysrajankin.

Puolukoiden kobolttipitoisuuksien tarkastelua

Huuhdottujen näytteiden Co-pitoisuudet olivat 43 i 132 % vastaavan huuhtomattoman näytteen pitoisuudesta. Huuhdotun näytteen (sarja Co H 2010) kobolttipitoisuus oli useimmiten (19 tapausta 24:stä) alempi kuin vastaavan huuhtelemattoman näytteen (sarja Co E 2010), keskimäärin n. 86 % huuhtelemattoman näytteen pitoisuudesta.

Seuraavassa on vielä eritelty puolukoiden kobolttipitoisuuksia eri näytepaikoissa (suluissa mainittu paikan tunnus ja etäisyys Outokummun tehtailta):

Vuonna 2010 huuhtomattomien puolukoiden kobolttipitoisuudet olivat korkeimmat seuraavissa paikoissa (myös huuhdottujen näytteiden pitoisuudet olivat näissä paikoissa korkeimmasta päästä):

- Prännärinniemi (F45, n. 0,4 km): huuhtelematon näyte n. 14 µg Co / kg tuorepainoa, huuhdottu näyte n. 6 µg Co / kg tuorepainoa,
- Östra Knivskär (paikka 2, n. 10,4 km etelään): huuhtelematon näyte n. 8 µg Co / kg tuorepainoa, huuhdottu näyte n. 7 µg Co / kg tuorepainoa,
- Koivuluoto (F24, n. 0,9 km): huuhtelematon näyte n. 5 µg Co / kg tuorepainoa, huuhdottu näyte n. 6 µg Co / kg tuorepainoa,
- Mustalahti (F31, n. 2 km): huuhtelematon näyte 5 µg Co / kg tuorepainoa, huuhdottu näyte n. 4 µg Co / kg tuorepainoa,

Prännärinniemi, Koivuluoto ja Mustalahti ovat lähimpänä terästehdasta sijaitsevat näytepaikat.

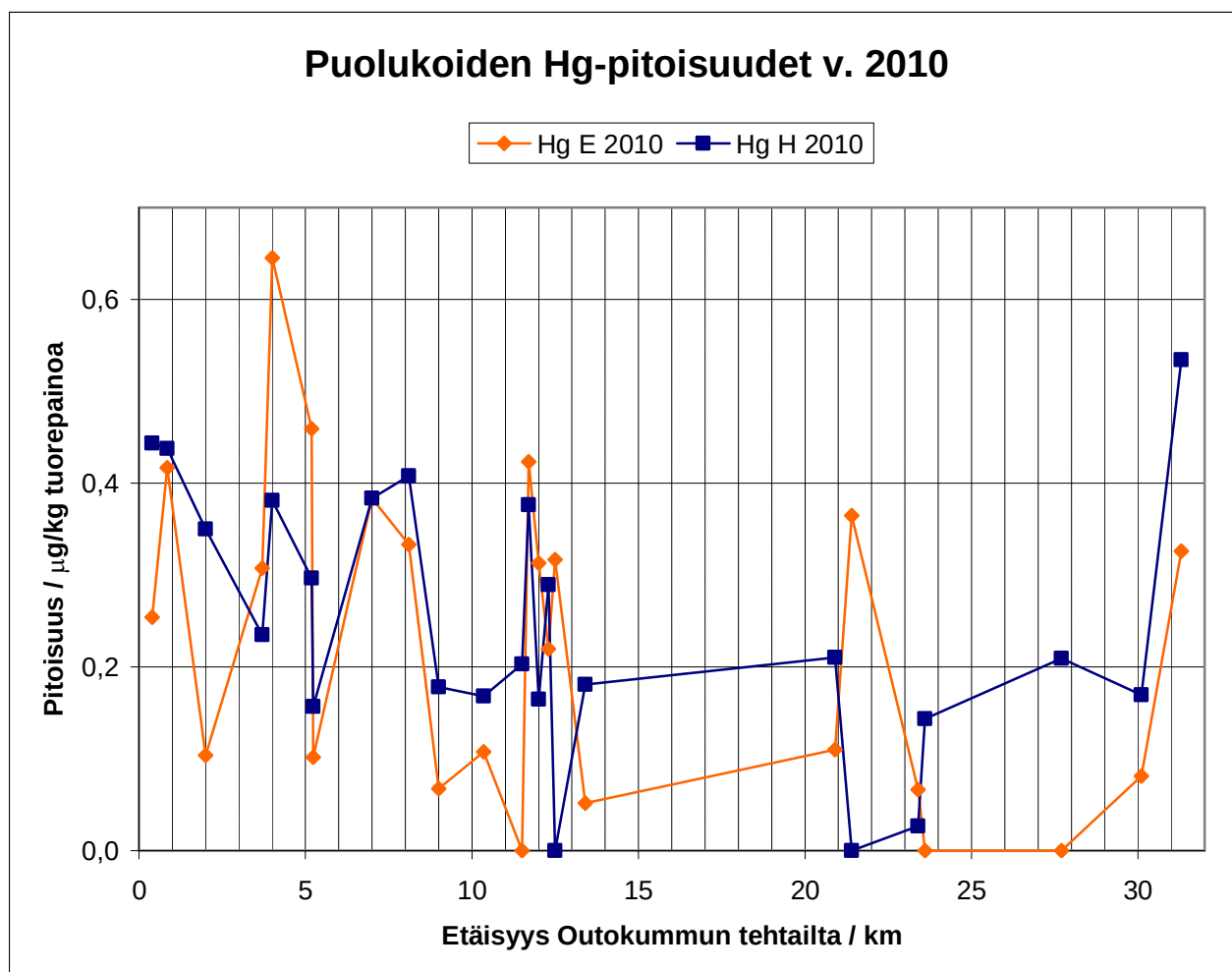
Alimmat kobolttipitoisuudet olivat seuraavissa paikoissa:

- Haapasaari (paikka 37, n. 23,4 km luoteeseen): sekä huutelematon että huuhdottu näyte n. 1 µg Co / kg tuorepainoa,
- Hirvijärvellä (paikka 25, n. 30,1 km luoteeseen), Haaparannan satamalla (paikka 8, n. 11,5 km länteen), Sangijärvellä (paikka 17, n. 27,7 km länsi-luoteeseen) ja Kyläjoella (F25, n. 7 km koilliseen) huuhtomaton näyte vajaa 2 µg Co / kg tuorepainoa ja huuhdottu näyte n. 1 µg Co / kg tuorepainoa,

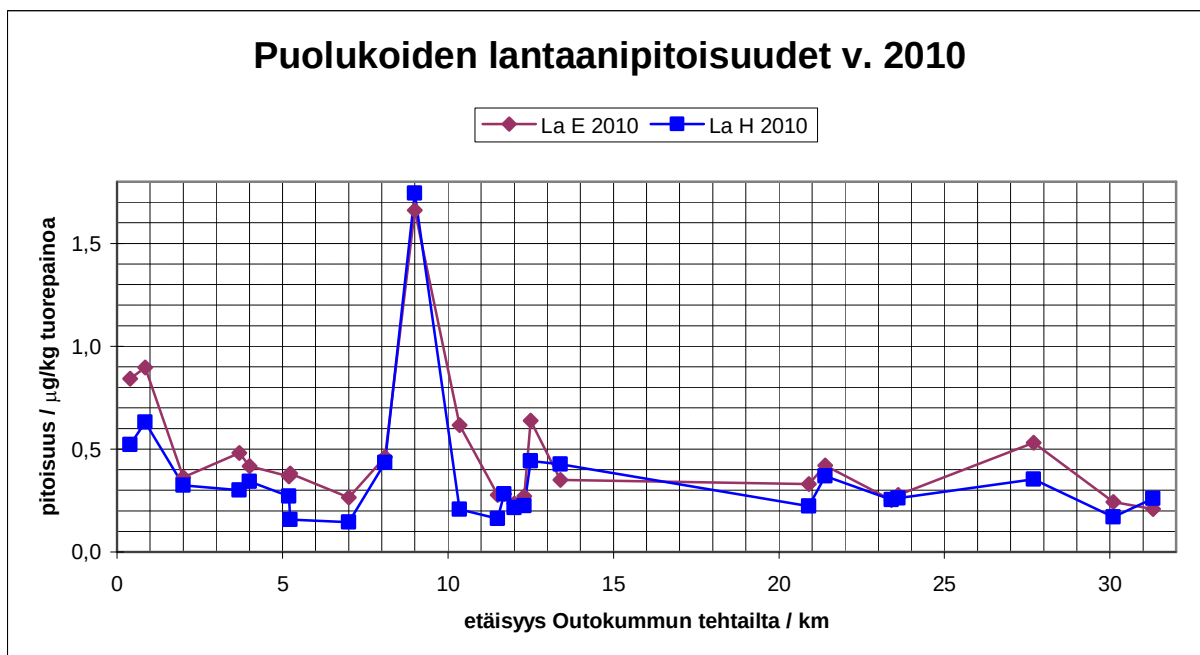
- Kukkolassa (paikka 26, n. 23,6 km pohjois-luoteeseen) sekä huuhtomaton että huuhdottu näyte vajaa 2 μg Co / kg tuorepainoa.

Nämä paikat ovat enimmäkseen kaukana terästehtaalta.

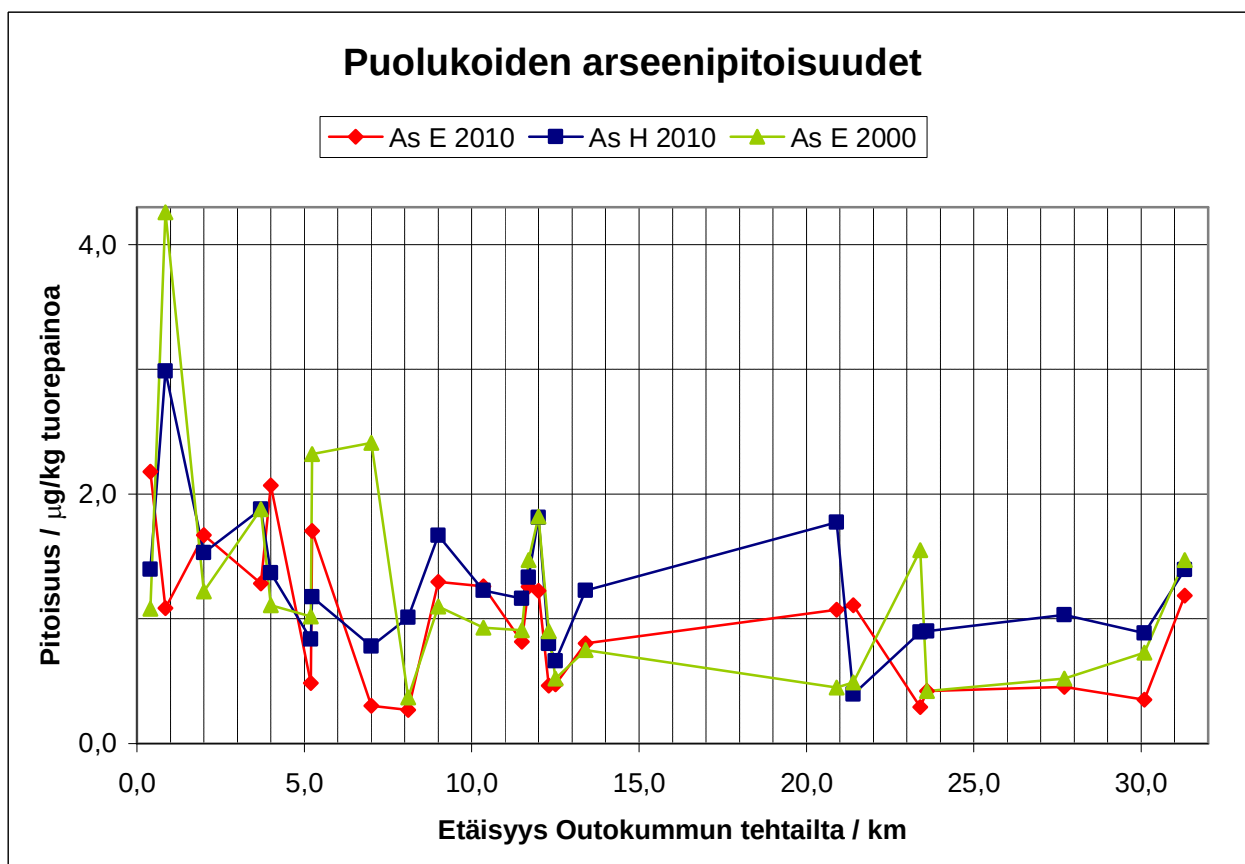
Puolukoissa kerrotaan olevan kobolttia yleensä alle 5 μg / kg tuorepainoa [8]. Pohjois-suomalaisissa kangastateissa on havaittu olevan kobolttia keskimäärin 13 μg / kg kuiva-ainetta ja kangasrouskuissa keskimäärin n. 16 μg Co / kg kuiva-ainetta [7: s. 9, 18, 43]. Kobolttipitoisuudet huuhtelemattomissa Haaparannan ja Tornion puolukoissa olivat enimmäkseen samaa suuruusluokkaa kuin nämä puolukoille ja sienille ilmoitetut pitoisuudet. Vain Prännärinniemiellä huuhtelemattomien puolukoiden kobolttipitoisuus oli kertaluokkia korkeampi: n. 14 μg Co / kg tuorepainoa eli 94 μg / kg kuiva-ainetta. Östra Knivskärissä huuhtelemattomissa puolukoissa oli 62 μg Co / kg kuiva-ainetta; muissa näytepaikoissa huuhtelemattomien puolukkanäytteiden vaihteluväli oli 9 i 33 μg Co / kg kuiva-ainetta [liite A]. Korkeimmillaankin puolukoiden kobolttipitoisuudet olivat alempia kuin mitä on ilmoitettu löytyneen pinaatista (n. 200 i 250 μg Co / kg kuiva-ainetta) ja luonnonmukaisesti viljellyistä kaalista (n. 150 μg Co / kg kuiva-ainetta), lehtisalaatista (n. 190 μg Co / kg kuiva-ainetta), pensaspavusta (n. 260 μg Co / kg kuiva-ainetta) ja tomaatista (n. 630 μg Co / kg kuiva-ainetta) [9].



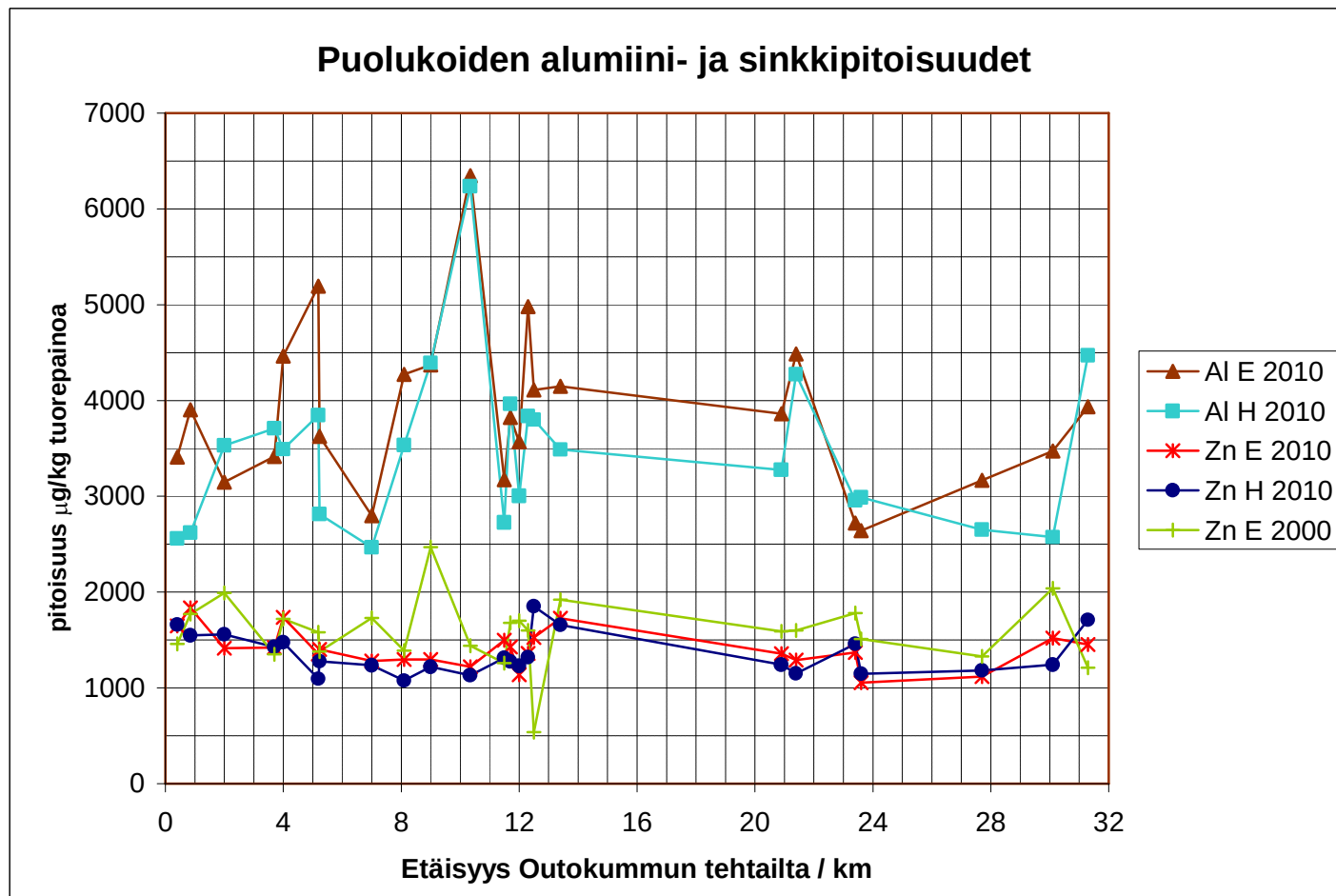
Kuva Hg. Puolukoiden elohopeapitoisuus v. 2010 esitettyä suhteessa näytepisteen etäisyyteen Outokummun tehtailta. Elohopean toteamisraja oli 0,2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ tuorepainoa eli melkein puolet näytteistä oli alle toteamisrajan ja muutkin määritetyt pitoisuudet ovat suunnilleen määritysrajalla tai sen alle. Niinpä **korrelaatiota Hg-pitoisuuden ja etäisyyden tehtailta kanssa tai huuhtelemattomien (sarja Hg E 2010) ja huuhdottujen näytteiden (sarja Hg H 2010) välillä ei ole mielekäästä tarkastella**. Voidaan todeta, että kaikissa näytteissä oli alhaiset elohopeapitoisuudet: hyvin paljon alle useimpien kalojen lihalle asetetun raja-arvon 500 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (asetus EY 1881/2006) ja myös alle talousveden raja-arvon 1 $\mu\text{g}/\text{l}$ (STMA 461/2000).



Kuva La. Puolukoiden lantaanipitoisuudet v. 2010 esitettynä suhteessa näytenpisteen etäisyyteen Outokummun tehtailta. Lantaanin toteamisraja oli 0,5 µg/kg tuorepainoa. Niinpä suurin osa tuloksista on alle toteamisrajan ja vain yksi tulos yli määrittysrajan 1 µg/kg tuorepainoa . **Niinpä korrelaatiota La-pitoisuuden ja etäisyyden tehtailta kanssa tai huuhtelemattomien (sarja La E 2010) ja huuhdottujen näytteiden (sarja La H 2010) välillä ei ole mielekästä tarkastella.** Voidaan todeta, että kaikissa näytteissä oli alhaiset La-pitoisuudet.



Kuva As. Puolukkanäytteiden arseenipitoisuudet. Huom: Arseenin toteamisraja oli 2 µg/kg tuorepainoa. Vuonna 2010 määritetyt huuhtelemattomat näytteet on esitetty sarjana As E 2010, vuonna 2010 määritetyt huuhdottut näytteet sarjana As H 2010 ja vuonna 2000 määritetyt huuhtelemattomat näytteet sarjana As E 2000. **Suurin osa tuloksista on alle toteamisrajan ja loputkin vuoden 2010 tuloksista alle määrittysrajan.** Niinpä ei ole mielekästä tarkastella As-pitoisuuksien suhdetta etäisyyteen tehtailta tai huuhtelemattomien ja huuhdottujen näytteiden välillä tai eri vuosien välillä. Voidaan todeta, että kaikissa näytteissä oli alhaiset As-pitoisuudet: selvästi alle juomaveden raja-arvon 10 µg/l (STMA 461/2000).



Kuva AZ. Puolukoiden Al- ja Zn-pitoisuudet suhteessa näytepaikan etäisyyteen Outokummun tehtailta. Vuonna 2010 määritetyt huuhtelemattomien näytteiden Al-pitoisuus on esitetty sarjana Al E 2010 ja samojen näytteiden Zn-pitoisuus sarjana Zn E 2010. Vuonna 2010 määritetyt huuhdottujen näytteiden Al-pitoisuus on esitetty sarjana Al H 2010 ja näiden näytteiden Zn-pitoisuus sarjana Zn H 2010. Vuonna 2000 näytteiden (huuhtomattomia) Zn-pitoisuus on esitetty sarjana Zn E 2000. Alumiinin toteamisraja oli 0,5 ja sinkin 10 µg/kg tuorepainoa eli näiden metallien osalta kaikki tulokset olivat paljon yli määritysrajankin. Huuhdellussa puolukkanäytteessä (sarjat Zn H 2010 ja Al H 2010) sinkki- ja alumiinipitoisuus oli useimmiten alempi kuin vastaavassa huuhtelemattomassa näytteessä (sarjat Zn E 2010 ja Al E 2010).

Puolukoiden alumiinipitoisuuksien tarkastelua

Seuraavassa on vielä eritelty puolukoiden alumiinipitoisuuksia eri näytepaikoissa (suluissa mainittu paikan tunnus ja etäisyys Outokummun tehtailta):

Vuonna 2010 huuhtomattomien puolukoiden alumiinipitoisuudet olivat korkeimmat seuraavissa paikoissa (myös huuhdottujen näytteiden pitoisuudet olivat näissä paikoissa keskimääräistä korkeammat):

- Östra Knivskär (paikka 2, n. 10,4 km etelään): sekä huuhtelematon että huuhdottu näyte n. 6 mg Al / kg tuorepainoa,
- Torne-Furössa (paikka 6, n. 5,2 km länsi-lounaaseen) ja Virkamassa (F35, n. 12,3 km pohjoiseen) molemmissa: huuhtelematon näyte n. 5 mg Al / kg tuorepainoa, huuhdottu näyte 3,8 mg Al / kg tuorepainoa.

Huuhdotuissa puolukoissa oli suhteellisen korkeita alumiinipitoisuuksia myös seuraavissa paikoissa, joissa sekä huuhtelemattomassa että huuhdotussa näytteessä pitoisuus oli n. 4 mg Al / kg tuorepainoa: Länsipää (F33, n. 31,3 km pohjoiseen), Vuono (paikka 15, n. 9 km luoteeseen), Harjumaa (F69, n. 21,4 km koilliseen), Kaakamo (F20, n. 11,7 km itään), Laivajärvi (F28, n. 12,5 km koilliseen).

Alimmat alumiinipitoisuudet olivat vuonna 2010 seuraavissa paikoissa, joissa sekä huuhtelemattomille että huuhdotuille puolukoille määritettiin pitoisuudeksi vajaa 3 mg Al / kg tuorepainoa: Kukkola (paikka 26, n. 23,6 km pohjois-luoteeseen), Haapasaari (paikka 37, n. 23,3 km luoteeseen) ja Kyläjoki (F25, n. 7 km koilliseen).

Terästehdasta lähinnä sijaitsevilla näytepisteillä alumiinipitoisuudet olivat suhteellisen keskimääräisiä: nämä näytepaikat eivät ole edellä mainittujen korkeampien eivätkä alimpien alumiinipitoisuuksien näytepaikkojen joukossa.

Huuhdottujen näytteiden Al-pitoisuudet olivat 67 – 114 % vastaavan huuhtomattoman näytteen pitoisuudesta. Huuhdotussa näytteessä oli yleensä (17 tapausta 24:stä) alempi pitoisuus, keskimäärin n. 90 % vastaavan huuhtomattoman näytteen pitoisuudesta.

Tavanomaisissa viljely-ympäristöissä Pirkanmaalla viljellyille perunoille on määritetty alumiinipitoisuuksia 22 ÷ 73 mg / kg kuiva-ainetta [4: s. 82]. Pohjois-Suomessa on aiemmin havaittu puolukoiden keskimääräisen alumiinipitoisuuden olevan n. 30 mg / kg kuiva-ainetta [7: s. 9, 18, 30]. Tornion ja Haaparannan vuoden 2010 puolukkanäytteiden vaihteluväli suhteessa kuivapainoon oli n. 19 ÷ 47 mg Al / kg kuiva-ainetta [liite A] eli kaikissa puolukkanäytteissä alumiinipitoisuus oli samaa suuruusluokkaa, mitä on havaittu näissä aiemmissa tutkimuksissa puolukasta ja perunasta muualla Suomessa [4, 7].

Puolukoiden sinkkipitoisuuksien tarkastelua

Huuhtelemattoman näytteen sinkkipitoisuus oli vuonna 2010 (edellisen sivun kuvan AZ sarja Zn E 2010) useimmiten (16 tapausta 24:stä) alempi kuin vastaavan näytepaikan näytteessä vuonna 2000 (kuvan AZ sarja Zn E 2000).

Seuraavassa on vielä eritelty puolukoiden sinkkipitoisuuksia eri näytepaikoissa (suluissa mainittu paikan tunnus ja etäisyys Outokummun tehtailta):

Sinkkipitoisuudet vaihtelivat puolukkanäytteissä suhteellisen vähän verrattuna muihin metalleihin: ylin pitoisuus oli vain n. 1,7-kertainen verrattuna alimpaan pitoisuuteen. (Vain kuparin kohdalla näytteiden välinen suhteellinen pitoisuusvaihtelu oli vielä vähäisempää). Ylimmät sinkkipitoisuudet huuhtomattomissa puolukoissa oli seuraavissa paikoissa vuonna 2010:

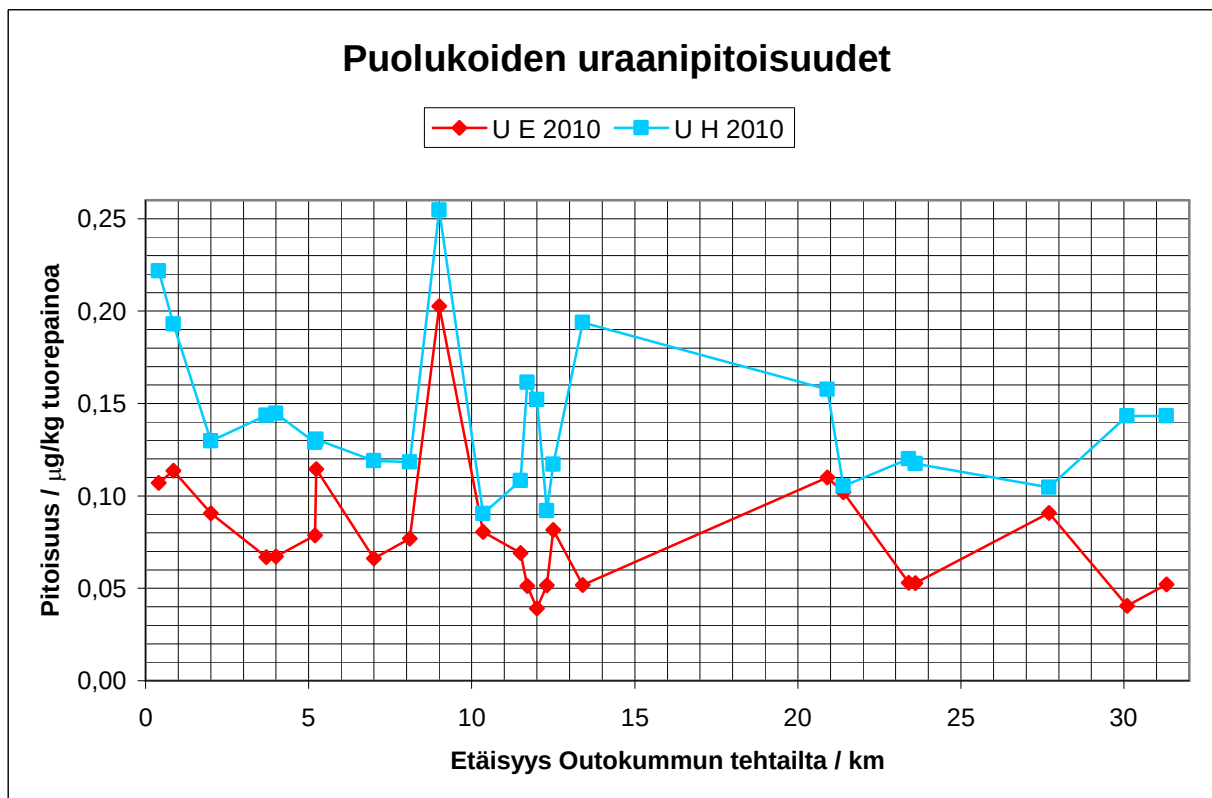
- Koivuluoto (F24, n. 0,9 km itä-koilliseen): huuhtelematon näyte 1,8 mg Zn / kg tuorepainoa, huuhdottu näyte 1,5 mg Zn / kg tuorepainoa,
- Myllyjärvi (paikka 19, n. 13,4 km luoteeseen): sekä huuhtelematon että huuhdeltu näyte n. 1,7 mg Zn / kg,
- Uksei (F30, n. 4 km koilliseen): huuhtelematon näyte 1,7 mg Zn / kg tuorepainoa, huuhdottu näyte 1,5 mg Zn / kg tuorepainoa.

Näistä paikoista Koivuluoto ja Uksei sijaitsevat lähellä terästehdasta. Vuonna 2000 korkeimmat sinkkipitoisuudet olivat sen sijaan eri paikoissa [n. 2 ÷ 2,5 mg Zn / kg tuorepainoa Vuonossa (paikka 15, 9 km luoteeseen), Hirvijärvellä (paikka 25, n. 30,1 km luoteeseen) ja Mustalahdessa (F31, 2 km koilliseen)].

Alimmat sinkkipitoisuudet, eli sekä huuhtelemattomissa että huuhdotuissa näytteissä n. 1,1 ÷ 1,2 mg Zn / kg tuorepainoa, oli vuonna 2010 seuraavissa näytepaikoissa: Kukkola (paikka 26, n. 23,6 km pohjois-luoteeseen), Sangijärvi (paikka 17, n. 27,7 km länsi-luoteeseen), Skomakaren (paikka 3, 12 km lounaaseen) ja Östra Knivskär (paikka 2, n. 10,4 km etelään). Vuonna 2000 myös alimmat pitoisuudet (< 1,3 mg Zn / kg tuorepainoa) olivat eri paikoissa: Laivajärvellä (F28, n. 12,5 km koilliseen), Länsipäässä (F33, n. 31,3 km pohjoiseen) ja Haaparannan satamalla (paikka 8, n. 11,5 km länteen).

Sinkin osalta huuhtomattomien ja vastaavien huuhdeltujen näytteiden pitoisuudet olivat kaikissa tapauksissa melko lähellä toisiaan: huuhdottujen näytteiden Zn-pitoisuudet olivat 81 ÷ 121 % vastaavan huuhtomattoman näytteen pitoisuudesta. Huuhdotussa näytteessä oli yleensä (15 tapausta 24:stä) alempi pitoisuus, keskimäärin n. 97 % vastaavan huuhtomattoman näytteen pitoisuudesta.

Puolukoiden sinkkipitoisuutta voidaan pitää alhaisena: kaikki pitoisuudet alittivat WHO:n suosituksen talousveden sinkkipitoisuudelle 3 mg/l [2: s. 72]. Puolukan sinkkipitoisuus on yleensä n. 9 ÷ 12 mg / kg kuiva-ainetta [7: s. 71, 72]. Tornion ja Haaparannan vuoden 2010 puolukkanäytteiden vaihteluväli suhteessa kuivapainoon oli tätä vastaava eli n. 8 ÷ 13 mg Zn / kg kuiva-ainetta.



Kuva U. Puolukoiden uraanipitoisuudet esitettynä suhteessa näytepaikan etäisyyteen Outokummun tehtailta. Uraanin toteamisraja oli 0,05 µg/kg tuorepainoa eli pari alinta pitoisuutta oli alle sen. Kaikkiaan näytteiden välinen vertailu on huomattavan epävarmaa, koska tulokset ovat niin lähellä määritysrajaa (n. 0,1 µg/kg) i ja suurin osa huuhtomattomista näytteistä oli alle määritysrajan. Huomionarvoista kuitenkin on, että kaikilla huuhtotuilla näytteillä (sarja U H 2010) määritetty uraanipitoisuus oli korkeampi kuin vastaavalla huuhtomattomalla näytteellä (sarja U E 2010), mikä selittyy sillä, että huuhtomiseen käytetyn hanaveden uraanipitoisuus (n. 0,7 µg/l) osoittautui olevan selvästi korkeampi kuin yhdenkään puolukkanäytteen.

Tämä veden uraanipitoisuus on kuitenkin tavanomainen [3] ja puolukoiden uraanipitoisuutta voidaan pitää hyvin alhaisena: pitoisuudet ovat paljon alle WHO:n antaman ohjeellisen raja-arvon juomaveden uraanipitoisuudelle 15 µg/l [3].

Vesijohtoveden pitoisuudet

Kun tulokset puolukkanäytteiden metallipitoisuuksista oli saatu, huomattiin, että uraanin osalta huuhtotuissa näytteissä oli järjestelmällisesti korkeammat pitoisuudet kuin huuhtomattomissa näytteissä. Niinpä haluttiin tarkistaa vielä huuhtomiseen käytetyn Tornion keskustan vesijohtoveden metallipitoisuuksia ottamalla vesinäyte samasta hanasta, jonka vedellä puolukkanäytteet oli huuhdottu. Ympäristönsuojelusihteeri Kai Virtanen otti tämän näytteen 21.2.2011 ja se lähetettiin seuraavana päivänä analysoitavaksi samaan laboratorioon, jossa puolukkanäytteetkin oli analysoitu. Vedestä analysoitiin samat aineet kuin puolukkanäytteistäkin ICP-MS-menetelmällä (ilman näytteen hajotusesikäsittelyä). Vesijohtovedestä määritetyt pitoisuudet on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Vesijohtovedestä määritetyt pitoisuudet

Pitoisuus / µg/l															
Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	La	Mn	Mo	Ni	Pb	Ti	U	V	Zn
0,4	0,4	< 0,01	0,06	7	42	< 0,04	< 0,01	1	0,6	0,8	0,2	2	0,7	0,2	31

Vuoden 2010 puolukkatutkimuksen yhteenveto ja johtopäätökset

Tuloksia on esitetty metallikohtaisesti edellä olevissa kuvissa ja niihin liittyvissä teksteissä. Kaikki määrittystulokset on esitetty taulukoissa 1 ja 2 (sivuilla 8 ja 9) sekä liitteessä A.

Puolukoiden korkeiden ja alhaisten metallipitoisuuksien näytepaikat Torniossa ja Haaparannalla

Cr-, Ni-, Mo-, V- ja Pb-pitoisuuksissa on havaittavissa selkeä riippuvuus, että puolukoiden metallipitoisuus pääsääntöisesti alenee, kun mennään kauemmaksi Outokummun tehtailta. Koboltin ja kadmiumin osalta samaa riippuvuutta on vielä havaittavissa, mutta heikommin. Puolukoiden Cu-, Al-, Zn-, Hg-, U- ja Mn-pitoisuuksissa ei ole tällaista riippuvuutta.

Verrattuna toisiin näytepaikkoihin useiden metallien pitoisuudet puolukoissa olivat korkeita seuraavissa paikoissa (suluissa merkitty näytepaikan tunnus ja etäisyys Outokummun tehtailta):

- Terästehdasta lähinnä sijaitsevat paikat:

- Prännärinniemi (F45, 0,4 km): Co-, Ni-, Mo-, V-, Pb-, Cd- ja Cr-pitoisuudet olivat korkeimmat huuhtomattomista puolukkanäytteistä ja titaanipitoisuuskin oli suhteellisen korkea (3. korkein). Myös huuhtotussa näytteessä em. metallien pitoisuudet olivat suhteellisen korkeita Prännärinniemessä (1. i 3. korkeimmat pitoisuudet). Myös Zn-pitoisuus oli siellä suhteellisen korkea (huuhtotussa näytteessä 3. korkein pitoisuus, huuhtomattomassa 4. korkein pitoisuus).
- Koivuluodossa (F24, 0,9 km) oli suhteellisen korkeat Cr-, Pb-, V-, Ti-, Ni-, Mo-, Co- ja Cd-pitoisuudet sekä huuhtomattomassa että huuhtellussa puolukkanäytteessä (1. i 6. korkeimmat pitoisuudet). Lisäksi siellä oli huuhtelemattomien näytteiden korkein Zn-pitoisuus.
- Mustalahdessa (F31, 2 km) oli suhteellisen korkeat Ni-, Mo-, Co-, Cr-, V- ja Pb-pitoisuudet sekä huuhtomattomassa että huuhtellussa puolukkanäytteessä (2. i 6. korkeimmat pitoisuudet).

- Edelleen lähellä terästehdasta:

- Ukseissa (F30, 4 km koilliseen) oli huuhtomattomista puolukkanäytteistä korkeimmat Mn-, Cu- ja Hg-pitoisuudet sekä suhteellisen korkeat Zn-, Pb-, V-, Ni-, Al- ja Co-pitoisuudet (2. i 6. korkeimmat pitoisuudet) ja vielä sekä huuhtelemattomassa että huuhtellussa näytteessä suhteellisen korkeat Cr-, Cd- ja Mo-pitoisuudet (4. tai 5. korkeimmat pitoisuudet).
- Torne-Furössä (paikka 6, n. 5,2 km länsi-lounaaseen) oli huuhtomattomassa puolukkanäytteessä suhteellisen korkeat Al-, Hg-, Cd-, Pb-, Cr- ja Mn-pitoisuudet (2.- 5. korkeimmat pitoisuudet).

- Kauempana terästehtaalta:

- Vuonossa (paikka 15, 9 km luoteeseen) sekä huuhtomattomassa että huuhtellussa puolukkanäytteessä oli korkeimmat Ti-, La- ja U-pitoisuudet ja lisäksi suhteellisen korkeat V- ja Al-pitoisuudet (2. i 6. korkeimmat).
- Östra Knivskär (paikka 2, n. 10 km etelään): Al-, Co- ja Pb-pitoisuudet olivat huuhtelujen puolukkanäytteiden korkeimmat (Al-pitoisuus oli korkein myös huuhtomattomista puolukkanäytteistä ja Co-pitoisuus 2. korkein). Lisäksi Cu- ja V-pitoisuudet olivat suhteellisen korkeat sekä huuhtellussa että huuhtomattomassa puolukkanäytteessä (2. i 5. korkeimmat pitoisuudet).

Verrattuna toisiin näytepaikkoihin useiden metallien pitoisuudet puolukoissa olivat alhaisia seuraavissa paikoissa.

Kauimpana terästehtaasta sijaitsevat näytepaikat (Länsipää, Hirvijärvi, Sangijärvi, Kukkola ja Haapasaari) ovat näiden näytepaikkojen joukossa ja muutkin näistä paikoista sijaitsevat suhteellisen kaukana terästehtaalta.

- Kukkola (paikka 26, n. 23,6 km): Sekä huuhtomattomassa että huuhtotussa puolukkanäytteessä oli alhaiset Ti-, Cu-, Mo-, Zn-, Pb-, Ni-, Co-, Hg-, La- ja As-pitoisuudet (1. i 5. alimmat tai alle toteamisrajan). Huuhtomattomassa näytteessä oli myös suhteellisen alhaiset Al-, V-, Cd-, Mn- ja U-pitoisuudet (1. i 4. alimmat tai alle toteamisrajan). Minkään metallin osalta Kukkolassa ei ollut suhteellisen korkeita pitoisuuksia.
- Haapasaari (paikka 37, n. 23,4 km): Sekä huuhtomattomassa että huuhtotussa puolukkanäytteessä Co- ja Mo-pitoisuudet olivat alimmat ja V-, Hg-, La- ja As-pitoisuudet olivat alle toteamisrajan ja myös Ni- ja Cd-pitoisuudet olivat alhaisia (1. i 4. alimmat). Al- ja Pb-pitoisuudet olivat alhaisia huuhtelemattomassa näytteessä (2. ja 3. alimmat pitoisuudet). Huuhtotussa näytteessä ei ollut havaittavaa määrää titaania. Kuitenkin huuhtotussa näytteessä oli puolestaan 4. korkein Pb-pitoisuus ja Mn-pitoisuus oli suhteellisen korkea (2. ja 6. korkein) sekä huuhtotussa että huuhtomattomassa puolukkanäytteessä.
- Hirvijärvi (paikka 25, n. 30,1 km): Sekä huuhtomattomassa että huuhtotussa puolukkanäytteessä oli alhaiset Cd-, Co-, Ti-, V-, Mo-, Cr-, La- ja As-pitoisuudet (1. i 4. alimmat pitoisuudet tai alle toteamisrajan). Huuhtotussa näytteessä oli lisäksi huomattavan alhaiset Ni-, Pb- ja Al-pitoisuudet (1. i 3. alimmat). Cu-pitoisuus oli huuhtotussa näytteessä 6. alin, mutta huuhtomattomassa puolukkanäytteessä 4. suurin.
- Haaparannan satama (paikka 8, n. 11,5 km länteen): Co-, Ti-, Cd-, Ni-, V-, Al-, La- ja As-pitoisuudet olivat alhaiset (1. i 6. alimmat tai alle toteamisrajan) sekä huuhtomattomassa että huuhtotussa puolukkanäytteessä. Huuhtomattomassa puolukkanäytteessä oli kuitenkin 2. korkein Mn-pitoisuus ja 6. korkein Mo-pitoisuus.
- Länsipää (F33, n. 31,3 km): Sekä huuhtomattomassa että huuhtotussa puolukkanäytteessä oli alhaiset Cr-, Ti-, La- ja As-pitoisuudet (1. - 4. alin pitoisuus tai alle toteamisrajan). Huuhtomattomassa näytteessä oli myös

alhaiset Ni-, V- ja Mo-pitoisuudet (1. i 6. alimmat). Huuhdotussa puolukkanäytteessä oli kuitenkin 2. korkein Al- ja Zn-pitoisuus

- Sangijärvi (paikka 17, n. 27,7 km): Sekä huuhtomattomassa että huuhtotussa näytteessä oli alhaiset Cd-, Hg-, Zn-, Co-, Al- ja As-pitoisuudet (2. i 6. alin pitoisuus tai toteamisrajalla tai sen alle). Huuhtomattomassa näytteessä oli myös 3. alin Pb-pitoisuus. Cu-pitoisuus oli puolestaan suhteellisen korkea (2. - 6. korkein) sekä huuhtotussa että huuhtomattomassa näytteessä.
- Seskarössä (paikka 4, n. 20,9 km länsi-lounaaseen) oli sekä huuhtomattomassa että huuhtotussa puolukkanäytteessä alhaiset V-, Cd-, Mo-, Hg- ja La-pitoisuudet (2. i 6. alin pitoisuus tai toteamisrajalla tai sen alle). Huuhtomattomissa näytteissä myös Ni- ja Cr-pitoisuudet olivat suhteellisen alhaiset (3. ja 5. alin pitoisuus). Huuhdotussa näytteessä Ti-pitoisuuskin oli huomattavan alhainen eli alle toteamisrajan, mutta Mn-pitoisuus puolestaan 4. suurin.

Pitoisuudet puolukoissa Torniossa ja Haaparannalla suhteessa elintarvikkeiden tai talousveden raja- tai ohjearvoihin tai puolukoiden tai perunoiden pitoisuuksiin muualla

Kaikissa puolukkanäytteissä Pb-, Cu-, Cd- ja Hg-pitoisuudet olivat alhaisia: paljon alle marjoille, hedelmille, vihanneksille tai kalan lihalle asetettujen raja-arvojen ja vuonna 2010 myös alle talousvedelle asetettujen raja-arvojen. (asetus EY 1881/2006, STMA 461/2000, KTMA 237/2002)

Cr-, Ni-, Mo-, V-, Ti-, Mn-, Co-, As-, U-, Al- ja Zn-pitoisuudelle ei ole vertailupohjaksi elintarvikkeille annettua raja- tai ohjearvoa.

Kaikissa näytteissä oli alhaiset As-, U- ja Zn-pitoisuudet: selvästi alle raja-arvon (STMA 461/2000) tai WHO:n suositusten talousvedelle [3; 2: s. 72].

Kromi- ja molybdeenipitoisuudet Tornion ja Haaparannan puolukoissa olivat enimmäkseen selvästi korkeampia verrattuna ilmoitettuihin keskimääräisiin pitoisuuksiin puolukoissa (ks. edellä s. 11, 15 sekä liite A, viitteet 6: s. 19; 7: s. 9, 18, 57; 8). Monissa paikoissa Torniossa ja Haaparannalla ja erityisesti terästehtaan lähialueilla kromipitoisuudet puolukoissa olivat myös korkeampia kuin talousvedelle annettu raja-arvo 50 µg/l (STMA 461/2000).

Nikkeli-, titaani- ja kobolttipitoisuudet Tornion ja Haaparannan puolukoissa olivat useimmissa paikoissa vastaavat kuin mitä puolukoiden pitoisuudeksi on yleensä ilmoitettu. Huuhtelemattomissa puolukoissa tällaista pitoisuutta selvästi suurempia pitoisuuksia esiintyi vain seuraavasti: selvästi suurempia Ni-pitoisuuksia terästehtaan lähinnä sijaitsevilla näytepaikoissa, kertaluokkaa suurempia Ti-pitoisuuksia Vuonossa ja Koivuluodossa, kertaluokkaa suurempi Co-pitoisuus Prännärinniemiellä lähinnä terästehtaan. (ks. edellä s. 13, 19, 24 sekä liite A; viitteet 7: s. 9, 18, 43, 60, 61, 68; 8)

Mangaanipitoisuudet kaikissa Haaparannan ja Tornion puolukkanäytteissä olivat vastaavat kuin mitä puolukoiden pitoisuudeksi yleensä on ilmoitettu (lähellä terästehtaan oli jopa alempia pitoisuuksia) (ks. edellä s. 21 sekä liite A, viite 7: s. 54, 55). Puolukat sisältävät yleensäkin runsaasti mangaania: tavallisestikin jopa 1000 kertaa yli talousvedelle annetun laatusuositukseen 50 µg/l (STMA 461/2000).

Kaikissa puolukkanäytteissä alumiini- ja sinkkipitoisuus oli samaa suuruusluokkaa, mitä on havaittu aiemmissa tutkimuksissa puolukasta ja perunasta muualla Suomessa (ks. edellä s. 27 sekä liite A; viitteet 4: s. 82; 7: s. 9, 18, 30, 71, 72).

Kaikissa puolukkanäytteissä vanadiinipitoisuus oli vastaava, mitä on havaittu tavanomaisissa viljely-ympäristöissä viljelyissä perunoissa (ks. edellä s. 16 sekä liite A; viitteet 4: s. 82; 5: s. 19).

Huomautus tämän tutkimuksen tulosten tulkintaan liittyen

Tässä tutkimuksessa puolukoista analysoitiin vain alkuaineiden kokonaispitoisuuksia. Nämä kokonaispitoisuudet perustuvat määritettyyn pitoisuuteen liuoksessa, joka saatiin käytetyllä näytteen hajotusmenetelmällä (ks s. 7), jolla puolukkanäyte pyrittiin saamaan kokonaan liukoiseen muotoon. Tässä tutkimuksessa ei selvitetty sitä, missä fysikaalis-kemiallisessa muodossa määritetyt alkuaineet puolukoissa esiintyvät eikä sitä missä määrin ne esiintyvät sellaisessa muodossa, että ne imeytyisivät ruoansulatuksessa elimistöön. Tässä olisi aihetta tarkemmalle ja perusteellisemmalle tutkimukselle, jos halutaan pyrkiä selvittämään puolukoiden sisältämien aineiden terveysvaikutuksia.

Puolukoiden korkeimmat pitoisuudet Torniossa ja Haaparannalla suhteessa metallipitoisuuksien päivittäisen saannin referenssiarvoihin

Taulukko 4. Korkeimmat pitoisuudet puolukoissa Torniossa ja Haaparannalla vuonna 2010 verrattuna referenssiarvoihin. Alla olevassa taulukossa esitetyt referenssiarvot perustuvat seuraaviin Ruotsin livsmedelsverketiltä saatuihin [14] tai yhdysvaltalaisiin [15] referenssiarvoihin, joiden peruste on ilmoitettu referenssiarvon yhteydessä:

- 1) = arvio, kuinka paljon saamme kyseistä metallia;
- 2) = **metallin suositeltava saanti: kuinka paljon tarvitsemme kyseistä metallia;**
- TWI = (Tolerable Weekly Intake), kansainvälisen tieteellisen komitean hyväksyttäväksi määrittelemä määrä metallia, jolle voi altistua (nieltynä) viikossa (taulukossa viikoittainen arvo on jaettu seitsemällä päivittäiseksi arvoksi);
- ADI = (Acceptable Daily Intake) kansainvälisen tieteellisen komitean hyväksyttäväksi määrittelemä päivittäinen ylin saanti;
- 4) = kansainvälisen tieteellisen komitean esittämä hyväksyttävä altistus (nieltynä);
- RDA = (Recommended Dietary Allowance), **metallin suositeltava päivittäinen saanti** (nieltynä, määritelty USA:ssa [15]);
- UL = (Tolerable upper intake level), korkein päivittäinen saanti, jolle ei ole havaittu (haitallisia) sivuvaikutuksia (määritelty tai esitetty USA:ssa [15])

Taulukossa esitetyn korkeimman pitoisuuden yhteydessä on esitetty suluissa näytepaikan tunnus (sama kuin taulukossa 1). Lantaanille ja uraanille emme saaneet referenssiarvoa.

Alku- aine	Analyysin toteamisraja / µg/kg tuorepainoa	Korkein pitoisuus huuhtomattomissa puolukoissa v. 2010 / µg/kg tuorepainoa		Referenssiarvo		
		Torniossa	Haaparannalla	/ µg / henkilön paino-kg / d	peruste	n. 70 kg:iselle / µg/d
Al	0,5	n. 5000 (F35)	n. 6300 (2)	n. 1000	TWI	n. 70000
As	2	n. 2 (F45 ja F30)	n. 2 (13)	n. 0,36	4)	25
Cd	0,1	1,6 (F45)	0,9 (6)	n. 0,36	TWI	25
Co	0,2	n. 14 (F45)	n. 8 (2)		1)	200 ÷ 1800
Cr	2	n. 1100 (F45, F24)	n. 210 (13)		2) RDA	25-35
Cu	0,5	690 (F30)	n. 690 (2)		UL	10000
Hg	0,2	0,6 (F30)	0,5 (6)	n. 0,23	TWI	16
Mn	0,1	n. 46000 (F30)	n. 46000 (8)		UL	11000
Mo	5	n. 330 (F45)	n. 70 (13)		UL	2000
Ni	1	n. 210 (F45)	76 (13)	12	ADI	840
Pb	0,2	n. 5 (F45)	n. 2 (6)	0,63	4)	n. 44
Ti	20	n. 100 (F24)	200 (15)		1)	300 - 1000
Zn	10	n. 1800 (F24)	n. 1700 (19)		UL	40000
V	0,4	8 (F45)	n. 4 (15)		UL	1800

Pitoisuuksiltaan korkeimmissa puolukoissa metallipitoisuudet olivat korkeimpia suhteessa taulukossa 4 esitettyihin referenssiarvoihin kromin osalta. (Kromille ei ole korkeimman päivittäisen saannin referenssiarvoa ÷ vain suositeltavan päivittäisen saannin referenssiarvo). Kun verrataan kromin referenssiarvoon eli ihmisen suositeltavaan päivittäiseen kromin saantiin kromipitoisimpia puolukkanäytteitä, voidaan todeta seuraavaa. Torniossa kromipitoisimmat näytteet olivat Prännärinniemenestä ja Koivuluodosta eli alle kilometrin päästä terästehtaalta. Näitä puolukoita n. 23 ÷ 31 g päivittäin kattaisi jo päivittäisen kromitarpeen. Nämä tehtaan vierustan puolukat ovat niin kromipitoisia, että niiden päivittäinen käyttö ei ole suositeltavaa. Haaparannalla kromipitoisin näyte oli Riekkolasta n. 5 km:n päästä terästehtaalta. Riekkolan puolukoita n. 120 ÷ 170 g päivittäin kattaisi päivittäisen kromitarpeen. Tämä puolukkamäärä on jo yli kaksinkertainen verrattuna siihen määrään, mitä ruotsalaiset syövät (yli 99 % ruotsalaisista syö alle 50 g puolukoita päivässä [14]).

Suomen elintarviketurvallisuusvirasto Evira katsoo, että Outokummun Tornion tehtaiden lähellä asuvien tulisi välttää puolukoiden poimintaa tehtaiden lähialueelta, koska monien metallien pitoisuudet ovat tehtaiden lähellä korkeampia kuin kauempana [16].

Yli 5 km:n etäisyydellä Outokummun Tornion tehtailta eli mm. kaikissa Haaparannan näytepaikoissa Cr-, Ni- ja Mo-pitoisuudet olivat jo kertaluokkia alemmat kuin terästeollisuusalueen vieressä (ks. edellä taulukot 1 ja 2 ja s. 10 ÷ 15). Ruotsin Livsmedelsverketistä saadun lausunnon [14] perusteella Haaparannan puoleisilla näytepaikoilla ei esiinny puolukoissa niin korkeita metallipitoisuuksia, että siellä olisi tarpeen antaa puolukoiden käyttöön liittyviä suosituksia.

Vesijohtovedellä huuhtelun vaikutus puolukoiden metallipitoisuuksiin

Kromin ja titaanin osalta vesijohtovedellä huuhtominen vähensi selvästi puolukoiden metallipitoisuutta. Huuhdellun näytteen pitoisuus verrattuna vastaavan huuhtelemattoman näytteen pitoisuuteen oli kromin osalta keskimäärin 53 %. Titaanin kohdalla suurin osa määritetyistä pitoisuuksista on lähellä toteamisrajaa, mikä tuo huomattavaa epävarmuutta tulosten tulkintaan. Kuitenkin titaaninkin osalta huuhtomisella voidaan todeta olevan vaikutusta, koska lähes jokaisessa tapauksessa huuhtomattomalle näytteelle määritetty Ti-pitoisuus oli suurempi kuin vastaavan huuhdellun näytteen pitoisuus ja näin oli kaikissa niissä tapauksissa, joissa huuhtomattoman näytteen Ti-pitoisuus oli yli toteamisrajan.

Verrattuna huuhtomattoman näytteen pitoisuuteen vastaavan huuhdellun näytteen pitoisuus oli keskimäärin: koboltin osalta 86 %, alumiinin osalta 90 %, kuparin osalta 95 %. Näiden metallien kohdalla muutamassa huuhdotussa näytteessä oli kuitenkin korkeampi pitoisuus kuin vastaavassa huuhtomattomassa.

Lantaaninkin osalta huuhdotuissa näytteissä oli keskimäärin vastaavaa huuhtomattomaa näytettä alempi pitoisuus, mutta muutaman näytteen kohdalla korkeampi pitoisuus. Huuhtomisen vaikutuksesta lantaanipitoisuuteen ei voi kuitenkaan tehdä selvää johtopäätöstä, koska vain yhdessä näytteessä pitoisuudet olivat yli määritysrajan.

Sinkin osalta huuhtomattomien ja vastaavien huuhdeltujen näytteiden pitoisuudet olivat kaikissa tapauksissa melko lähellä toisiaan: huuhdottujen näytteiden Zn-pitoisuudet olivat 81 i 121 % vastaavan huuhtomattoman näytteen pitoisuudesta. Huuhdotussa näytteessä oli yleensä (15 tapausta 24:stä) alempi pitoisuus, keskimäärin n. 97 % vastaavan huuhtomattoman näytteen pitoisuudesta.

Seuraavien aineiden osalta vesijohtovedellä huuhtomisella ei ollut selkeää vähentävää vaikutusta puolukoiden pitoisuuksiin, vaan monissa tapauksissa huuhdotulle näytteelle määritettiin jopa korkeampi pitoisuus kuin vastaavalle huuhtomattomalle näytteelle: As, Pb, Cd, Hg, V, Mo, Ni, Mn

Kuitenkin nikkelin osalta vesijohtovedellä huuhdotuille puolukkanäytteille määritettiin huuhtomattomia näytteitä pienemmät Ni-pitoisuudet kaikissa niissä tapauksissa, joissa näytteet oli poimittu terästehtaan lähialueelta (alle 8 km:n päästä Outokummun tehtailta).

Kaikilla huuhdotuilla näytteillä uraanipitoisuus oli korkeampi kuin vastaavalla huuhtomattomalla näytteellä. Tämä selittyy sillä, että huuhtomiseen käytetyn hanaveden uraanipitoisuus (n. 0,7 µg/l) osoittautui olevan selvästi korkeampi kuin yhdenkään puolukkanäytteen. Tämä veden uraanipitoisuus on tavanomainen [3] ja paljon alle WHO:n antaman ohjeellisen raja-arvon juomaveden uraanipitoisuudelle 15 µg/l.

Pitoisuudet Tornion ja Haaparannan puolukoissa vuonna 2010 verrattuna vuoteen 2000

Niiden metallien osalta, joiden suhteen voidaan tehdä vastaavien näytepaikkojen huuhtomattomien puolukkanäytteiden pitoisuusvertailua vuosien 2010 ja 2000 välillä, voidaan todeta, että useimpien metallien pitoisuudet olivat alempia vuonna 2010 kuin vuonna 2000. Pb-pitoisuudet olivat kaikissa paikoissa selvästi alempia vuonna 2010 kuin vuonna 2000. Seuraavien metallien osalta pitoisuus puolukoissa oli useimmissa näytepaikoissa alempi vuonna 2010 kuin vuonna 2000: Ni (23 tapausta 24:stä), Cd (21 tapausta 24:stä), Cu (17 tapausta 24:stä) ja Zn (16 tapausta 24:stä).

Kromi on huomattava poikkeus: huuhtomattoman puolukkanäytteen Cr-pitoisuus oli lähes kaikissa tapauksissa (20 tapausta 24:stä) suurempi vuonna 2010 kuin vastaavan näytepaikan näytteessä vuonna 2000.

Vanadiinin osalta ei ole selvää suuntaa huuhtomattomien puolukkanäytteiden pitoisuuksissa vuonna 2010 verrattuna vuoteen 2000: näytepaikkoja, joissa pitoisuus oli korkeampi vuonna 2010, on suunnilleen saman verran kuin näytepaikkoja, joissa pitoisuus oli alempi.

VIITTEET:

1. Åke Rühling, Kai Virtanen, Atmosfäriskt nedfall av tungmetaller kring Haparanda 1987 i 2000 Samt Tungmetallhalter i lingon i Haparanda och Torneå år 2000, Puolukoiden metallipitoisuuksia Haaparannalla ja Torniossa v. 2000, Ekologiska institutionen Lund, Tornion kaupunki, Haparanda Stad, 17 + 8 s.
2. Ahonen M., Kaunisto T., Mäkinen R., Hatakka T., Vesterbacka P., Zacheus O. ja Keinänen-Toivola M., Suomalaisen talousveden laatu raakavedestä kuluttajan hanaan vuosina 1999 i 2007, Vesi-Instituutti/Prizztech Oy, Geologian tutkimuskeskus, Säteilyturvakeskus, Kansanterveyslaitos, 2008, Vesi-instituutin julkaisuja 4, ISBN 978-952-99840-6-0 (nid.), ISBN 978-952-99840-7-7 (PDF), ISSN 1796-7376, 147 s., <http://www.prizz.fi/linkkitiedosto.aspx?taso=2&id=342&sid=671>

3. Terveysten ja hyvinvoinnin laitos, Uraani, 7.4.2008, 1 s., <http://www.ktl.fi/portal/3052>
4. Mäkelä-Kurtto, R., Eurola, M., Justén, A., Backman, B., Luoma, S., Karttunen, V. & Ruskeenieniemi, T., Arsenic and other elements in agro-ecosystems in Finland and particularly in the Pirkanmaa region, Geologian tutkimuskeskus 2006, Erikoisjulkaisu, 119 s., <http://www.gsf.fi/projects/ramas/reports/Agroecosystems.pdf>
5. Anu Kankaala, Lea Hiltunen, Hanna Granberg, Rita Kallio ja Elina Virtanen, Teräskuonan sisältämän kromin ja vanadiinin kulkeutuminen perunaan, MTT Jokioinen 2010, MTT-raportti 13, ISBN 978-952-487-305-5, ISSN 1798-6419, 32 s., <http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti13.pdf>
6. Auri Koivuhuhta, Maria Nikkarinen, Kirjaallisuuskoste kromin ympäristögeokemiallisesta luonteesta ja tutkimusmenetelmistä i painoaluuena Suomi, Geologian tutkimuskeskus, Itä-Suomen yksikkö / Maankäyttö ja ympäristö, Kuopio 6.2.2006, S 49/0000/2006/1, 45 s., http://aurikoivuhuhta.net/s49_0000_2006_1.pdf
7. Mikko Moilanen, Jorma Issakainen, Puu- ja turvetuhkien vaikutus maaperään, metsäkasvillisuuden alkuainepitoisuuksiin ja puuston kasvuun, Metsäteho Oy, 22.12.2003, Metsätehon raportti 162, 91 s., http://www.metsateho.fi/files/metsateho/Raportti/Raportti_162.pdf
8. <http://www.armatti.fi/tutkimustuloksia> ja <http://finnish-wikipedia.wiki-site.com/p/u/o/Puolukka.html>
9. Ari Vihertuuli, Elävän ravinnon ympäristö- ja terveysvaikutukset, opinnäytetyö, Mikkelin ammattikorkeakoulu, Elävän ravinnon yhdistys ry, joulukuu 2010, 70 s. + liite, <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201103082926>
10. Niilo Suutala, Pekka Erkkilä, Ympäristölupahakemus, Outokumpu Polarit Oy, Outokumpu Chrome Oy, 9.11.2000, 4 s. + 25 liitettä.
11. Antti Pihko, Jaakko Ahtiainen, Ympäristölupahakemus, Outokumpu Stainless Oy, Outokumpu Chrome Oy, 25.6.2009, 78 s. + 34 liitettä.
12. Outokumpu Tornio Works, Ympäristönsuojelun vuosiraportti 2009, Ferrochromi- ja terästehdas, Tornio, 14.4.2010, 71 s. + 16 liitettä.
13. Outokumpu Tornio Works, Ympäristönsuojelun vuosiraportti 2010, Ferrochromi- ja terästehdas, Tornio, 18.3.2011, 86 s. + liitteet.
14. Salomon Sand, Lingon i överslagsberäkningar 2010-11-30, livsmedelsverket, 3 s.
15. http://en.wikipedia.org/wiki/Dietary_Reference_Intake
16. Anja Hallikainen, Tuula Honkanen-Buzalski, Puolukoiden metallipitoisuuksia Torniossa ja Haaparannassa, lausunto, Elintarviketurvallisuusvirasto Evira, Tutkimus- ja analytiikkaosasto, Riskinarvioinnin tutkimusyksikkö, 19.8.2011, Dnro 5199/0207/2011, 4 s.

LIITE:

- A. Tommy Olsson, Analysresultat för lingon, Ekologiska inst., Lunds universitet, Lund 2010-10-28, 4 s.