

Geologian tutkimuskeskus

Kiviainestutkimukset

KA 33/94/1.2

**AIJALAN, PYHÄSALMEN JA MAKOLAN SULFIDIMALMI-
KAIVOSTEN RIKASTAMOIDEN JÄTEALUEIDEN YMPÄ-
RISTÖVAIKUTUKSET****OSA II - AIJALA**

Espoo 07.02.1994

Pekka Sipilä

SISÄLLYSLUETTELO. OSA II. AIJALA

1. Malmiesiintymien geologia	1
2. Kaivostoiminta	1
3. Rikastamon jätchiekka-alue	1
4. Näyteaineisto	2
5. Tulokset	4
5.1. Rikastehiekka	4
5.2. Rikastehiekan mineralogia	7
5.3. Pintavesi	10
5.4. Orgaaniset sedimentit	17
5.5. Sammalet	20
5.6. Humukset	22
6. Yhteenveto	25

LIITTEET

OSA II. AIJALA

Aijala/Liite 1/Rikastehiekka
Aijala/Liite 2/Pintavesi 1
Aijala/Liite 3/Pintavesi 2
Aijala/Liite 4/Orgaaniset sedimentit
Aijala/Liite 5/Sammalet
Aijala/Liite 6/Humukset
Aijala/Liite 7/Näytepisteet

RAPORTIN OSASSA V OLEVAT ANALYYSILISTAUKSET

Raportti/Liite 1/Rikastehiekka
Raportti/Liite 2/Rikastehiekka/Hg
Raportti/Liite 3/Rikastehiekka/pH
Raportti/Liite 4/Rikastehiekka/ANC
Raportti/Liite 9/Orgaaniset sedimentit
Raportti/Liite 10/Orgaaniset sedimentit/Hg
Raportti/Liite 11/Sammalet
Raportti/Liite 12/Sammalet/Hg
Raportti/Liite 13/Humukset
Raportti/Liite 14/Humukset/Hg
Raportti/Liite 15/Pintavesi

Raportin osat:

OSA I, RAPORTTIYHTEENVETO

OSA II, AIJALA

OSA III, PYHÄSALMI

OSA IV, MAKOLA

OSA V, ANALYYSILISTAUKSET

Kansikuva: Aijalan jätealue. Kuva Pekka Sipilä.

1. Malmiesiintymien geologia

Aijalan Cu-esiintymä ja sen läheisyydessä oleva Metsämontun Zn-Pb esiintymä sijaitsevat Lounais-Suomen lehtiittivyöhykkeellä Kiskon kunnan alueella. Aijalan ja Metsämontun malmit ovat samassa stratigrafisessa horisontissa lehtiittisen kivilajisarjan yläosassa lähellä päällä olevan intermediäärisen tai maafisen metavulkaniitin kontaktia. Mineralisoituneen vyöhykkeen lehtiitit ovat happamia vulkaniitteja ja niissä on välikerroksina karsia ja kalkkikiviä. Metsämontun malmin alapuolella on kordieriitti-antofylliittikivien muodostama linssi. Malmitunut horisontti, missä Aijalan ja Metsämontun malmit sijaitsevat, on pystyasentoinen ja noin 3 km pitkä. Aijalan ja Metsämontun malmien rakenne ja koostumus ovat vaihtelevia. Sulfidit esiintyvät pirootteena tai breksiana ja paikoin myös massiivisina juonina, joiden paksuus vaihtelee muutamasta sentistä muutamaan metriin. Aijalan malmioita luonnehtivat korkea kuparipitoisuus ja kohtalainen sinkkipitoisuus. Metsämontun malmioissa sensijaan on korkea sinkki- tai lyijypitoisuus ja niissä myös jalometallipitoisuudet ovat kohonneet (Mäkelä 1989; Papunen 1986).

2. Kaivostoiminta

Aijalan kaivoksen toiminta alkoi vuonna 1949, ja rikastamo oli toiminnassa vuoteen 1974 saakka. Sekä Aijalan että Metsämontun malmit rikastettiin Aijalassa ja vuonna 1970 siellä käsiteltiin myös Telkkälän Ni-Cu malmia. Aijalassa malmia louhittiin vuosina 1949–1958 ja Metsämontussa vuosina 1952–1958 ja vielä 1964–1974. Aijalasta louhittiin kaikkiaan 0,8 milj.t malmia, jossa oli keskimäärin 1,6 % Cu, 0,7 % Zn, 14,2 % S, 14 ppm Ag ja 0,7 ppm Au. Metsämontusta malmia louhittiin 1,5 milj.t ja siinä oli 0,3 % Cu, 3,5 % Zn, 0,8 % Pb, 13,2 % S, 25 ppm Ag ja 1,4 ppm Au (Mäkelä 1989).

3. Rikastamon jätealue

Aijalan rikastamon jätealue on padottu mäkien väliin 600 m päähän rikastamosta. Sen pinta-ala on 18 ha ja jätettä siellä on noin 2 milj.tonnina. Jätteessä on seuraavat keskimääräiset metallipitoisuudet: Cu = 0,12 %, Zn = 0,50 %, Pb = 0,11 %, Ag = 7,95 ppm, Au = 0,69 ppm (Kokkola 1982). Jätealueesta noin 2/3 on peitetty soralla ja niissä kohdin kasvaa kitukasvuisia koivuja, leppiä ja mäntyjä sekä vähäistä aluskasvillisuutta. Muilta osin jätehiekkä on paljaana ja on pintaosistaan hapettunut ruskeaksi. Alueen etelä- ja kaakkoisreunan mäkiä vastaan on jätteen päällä kaksi pientä lampea. Lammissa elää pieniä särkikaloja. Jätealueen keskelle ja itäreunalle on syöpynyt valumiskanavia. Lampien kautta pintavesi purkautuu laskuojana (Ajosniityn ojana) edellen Kiskonjokeen. Vuosina 1977–1980 tehtyjen mittausten mukaan veden virtaama ojan alussa oli huhtikuussa keskimäärin 1800 l/min ja marraskuussa 380 l/min. Aijalan jätealue on metsien ympäröimä ja lähin talo on runsaan 200 metrin päässä.

Kaivoksen toiminnan päätyttyä vesien tarkkailuohjelma määrättiin vuosiksi 1976–1981. Vuonna 1981 todettiin, että jätealueelta tulevien vesien metallipitoisuudet olivat niin alhaisia, että velvoitetarkkailu voitiin lopettaa. Tämän jälkeen tarkkailua on tehty vain satunnaisesti, esim. vuonna 1989.

4. Näyteaineisto

Aijalan kaivosalueelta otettujen näytteiden ottopaikat on merkitty kuvaan Aijala/Kuva 1 ja niiden tarkat koordinaatit ovat liitteessä Aijala/Liite 7.

Rikastejätenäytteet. Rikastejätenäytteet (8 kpl) otettiin lapiolla sekä pohjaveden ylä- että alapuolelta. Yhdestä näytteenottopisteestä otettiin hapettuneen vyöhykkeen eri kerroksista jokaisesta näyte hapettumattomaan pohjakerrokseen saakka.

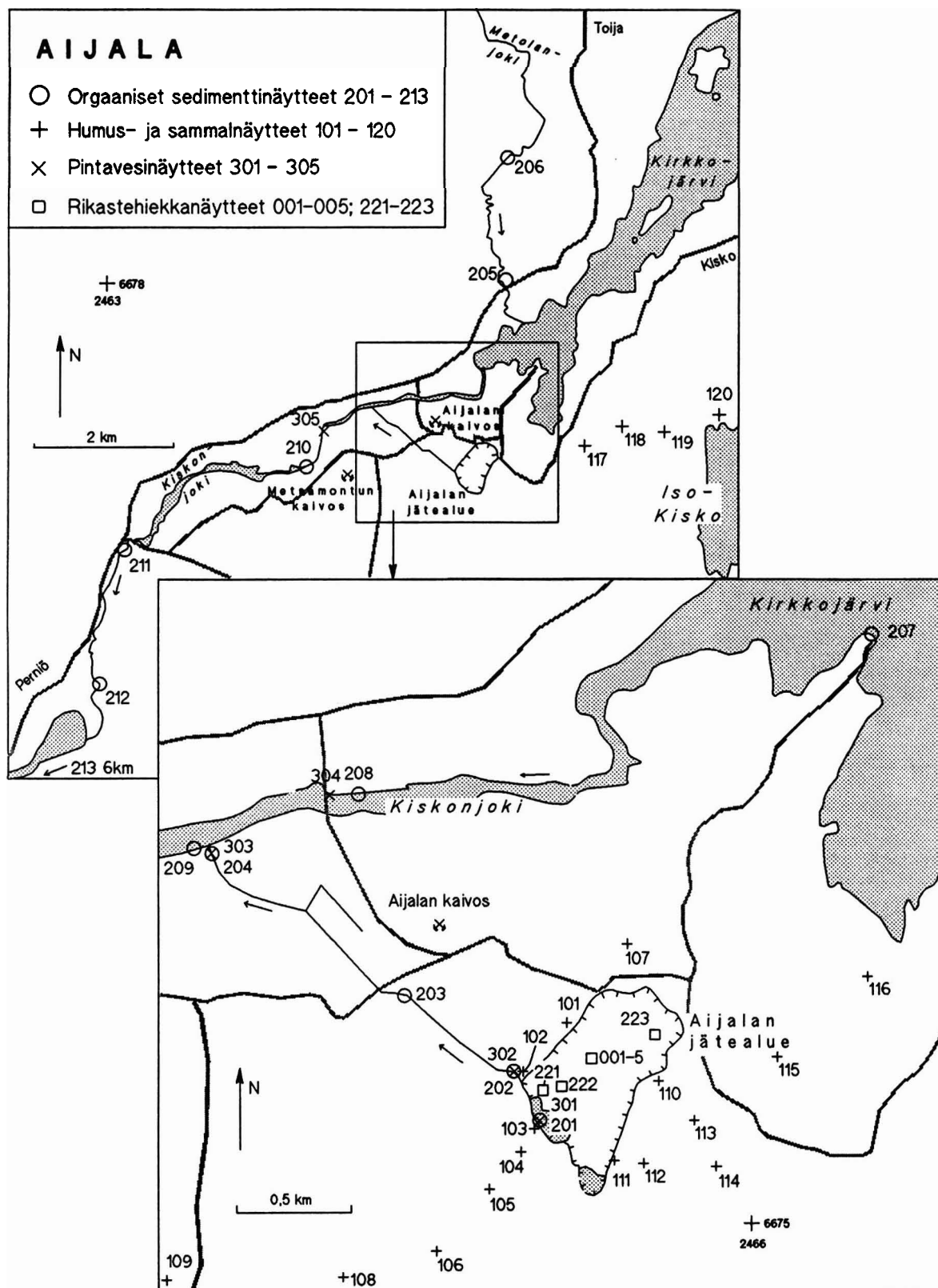
Vesinäytteet. Pintavesinäytteitä otettiin jätealueen lammesta (1 kpl), siitä lähtevästä laskuojasta (2 kpl) ja Kiskonjoesta (2 kpl). Lisäksi näytteenottopaikalla määritettiin veden lämpötila, pH, sähkönjohtavuus sekä siihen liuenneet O₂ ja CO₂.

Orgaaniset sedimenttinäytteet. Orgaanisia sedimenttinäytteitä kerättiin jätealueen lammesta (1 kpl), siitä lähtevästä ojasta (4 kpl), Kiskonjoesta (6 kpl), Kirkkojärvestä (1 kpl) ja Metolanjoesta (2 kpl). Metolanjoki laskee Kirkkojärveen ja siitä otetut näytteet ovat kaivoksen vaikutusalueen ulkopuolelta.

Sammalnäytteet. Sammalnäytteitä otettiin jätealueen ympäristöstä yhteensä 20 kpl. Kerätty sammallaji oli yhtä kerrossammalnäytettä (*Hylocomium splendens*) lukuunottamatta seinäsammalta (*Pleurozium schreberi*). Näytteitä kerättiin joka puolelta jätealueen ympäristöstä ja lisäksi kahdelta jätealueesta poispäin suuntautuvalta profiililta (Aijala/Kuva 1). Profiileista toinen ulottui noin 3 km itä-koilliseen ja toinen vajaan 2 km lounaaseen. Profiilien suunta valittiin vallitsevan tuulensuunnan ja maasto-olosuhteiden mukaan. Näytteet pyrittiin ottamaan aukeilta paikoilta jätealueelle päin viettäviltä rinteiltä.

Humusnäytteet. Humusnäytteet, yhteensä 20 kpl, kerättiin samoilta paikoilta kuin sammalnäytteetkin.

Mineralogiset näytteet. Rikastejätteestä tehtiin kaksi kiilloitettua ohuthiettä. Toinen hie tehtiin jätehiekkan hapettuneesta pinta-osasta ja toinen pohjaveden pinnan alapuolelta hapettumattomasta jätehiekasta.



Aijala/Kuva 1. Aijalan jätealueelta ja sen ympäristöstä otettujen näytteiden sijainti. Näytepisteiden koordinaatit ovat liitteessä Aijala/Liite 7.

5. TULOKSET

5.1. Rikastehiekka

Aijalan rikastehiekasta analysoitiin kahdeksan lapiolla otettua näytettä. Määritetyt herkkäliukoiset (201P) ja vaikealiukoiset (503P) alkuainepitoisuudet ovat liitteessä Raportti/Liite 1. Samoista näytteistä tehty elohopeamääritykset ovat liitteessä Raportti/Liite 2. pH-määritykset ovat liitteessä Raportti/Liite 3.

Näyte 221 on otettu pohjaveden pinnan alapuolelta ja näytteet 222 ja 223 sen yläpuolelta. Näytteet 001-005 edustavat profiilia läpi hapettuneen pintakerroksen aina pohjaveden pinnan alapuoliseen muuttumattomaan jätteeseen saakka. Hapettuneen kerroksen vahvuus profiilinäytteen kohdalla on 40 cm. Yksittäiset profiilinäytteet edustavat jokainen selvästi erottuvaa omaa kerrosta (Aijala/Kuva 2). Liitteessä Aijala/Liite 1 on esitetty eräitä alkuainepitoisuuksia ja pH-määrityksiä tästä profiilista. Hapettumisen aste eri kerroksissa on arviotu värin perusteella voimakkaasti hapettuneiden kerrosten ollessa punaruskeita. Vastaavat pitoisuudet näytteistä 221, 222 ja 223 ovat taulukossa Aijala/Taulukko1.

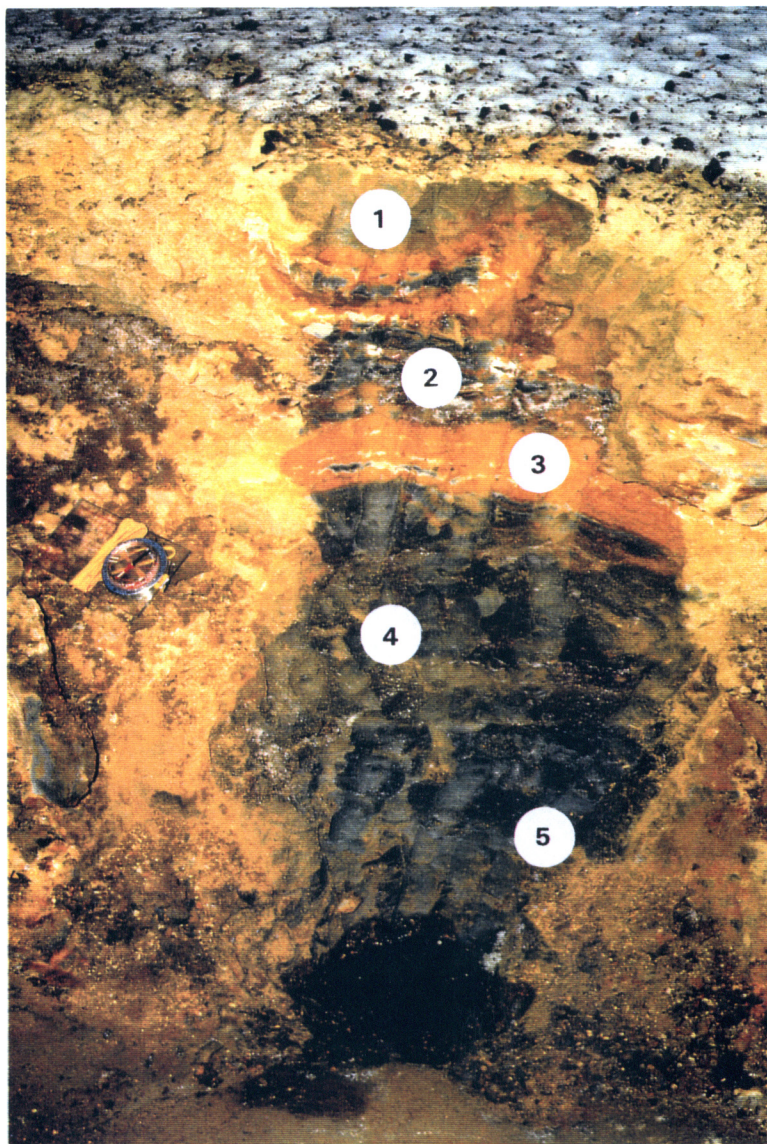
Erot hapettuneen ja hapettumattoman rikastehiekan pH-arvoissa ovat suuret. Näytteissä 222 ja 223 pH on 2,72 ja 2,55, kun se pohjaveden pinnan alapuolisessa hapettumattomassa näytteessä on 7,70. Profiilinäytteissä alhaisin pH (3,11) on hapettuneessa välikerroksessa ja korkeimmillaan pH on pohjaveden pinnan alapuolelta otetussa näytteessä (7,7). Hapettuneiden näytteiden *sadevesiuuttoliuosten* pH-arvoiksi saatiin 2,6 ja 2,7, kun se hapettumattomissa näytteissä on 6,5. Profiilinäytteissä uuttoliuoksen pH vaihteli 6,5:n ja 3,1:n välillä ja alhaisin pH saatiin hapettuneesta välikerroksesta. Rikastehiekan pinnalta otetun profiilinäytteen uuttoliuoksen pH:ksi saatiin 4,8.

Vaikealiukoisista pitoisuuksista voidaan arvioida alkuaineiden kokonaisliukenemistä rikastejätteen hapettuneesta pintakerroksesta. Näytteet 221-223 ovat profiilinäytteitä sopivampia tähän tarkoitukseen, koska ne paremmin edustavat kyseisen kerroksen keskimääräisiä pitoisuuksia. Lisäksi profiilinäytteissä 001-005 alkuaineiden kulkeutumista on tapahtunut vertikaalisuunnan lisäksi myös horisontaalisesti. Siitä on osoituksena voimakkaasti hapettunut välikerros heikommin hapettuneiden kerrosten joukossa. Hapettuneen kerroksen näytteissä 222 ja 223 ovat arseeni, kadmium, kupari, mangaani, rikki ja sinkki selvästi alhaisemmat kuin hapettumattomassa näytteessä 221 (Aijala/Taulukko 1). Myös alumiinin ja fosforin kohdalla on havaittavissa sama suuntaus. Sensijaan rauta-, elohopea- ja lyijypitoisuuksissa muutos ei ole yhtä säännönmukainen. Profiilinäytteiden hapettuneissa kerroksissa varsinkin vaikealiukoiset kadmium- ja rikkipitoisuudet ovat alhaisemmat kuin muuttumattomassa kerroksessa (Aijala/Liite 1). Näistä varsinkin kadmium on kuitenkin rikastunut vähemmän hapettuneisiin välikerrokseen. Myös muiden alkuaineiden kohdalla hapettumiskerroksen sisäiset liukenemis-saostumisilmiöt tulevat profiilidiagrammeissa selvästi esille. Vaikealiukoinen lyijy on rikastunut hapettuneisiin kerrokseen. Kupari ja sinkki ovat rikastuneet kaikkiin muihin kerrokseen paitsi välikerroksena olevaan hapettuneeseen osaan. Vastaavat arseeni-, alumiini- ja fosforipitoisuudet taas ovat rikastuneet ylimpään hapettumiskerrokseen ja ovat muissa kerroksissa alhaisempia tai samaa luokkaa kuin muuttumattomassa rikastejätteessä. Vaikealiukoisten raudan ja mangaanin määrissä ei ole suurta eroa muuttumattomaan rikaste-

jätteeseen verrattuna, joskin rautaa on voimakkaasti hapettuneissa kerroksissa eniten. Elohopeapitoisuus on jokaisessa hapettumiskerroksen profiilinäytteessä korkeampi kuin muuttumattomassa rikastehiekassa ja on suurinn voimakkaasti hapettuneissa kerroksissa.

Hapettuneesta rikastehiekasta määritetyt *herkkäliukoiset* (simuloitu sadevesiuutto) pitoisuudet poikkeavat suuresti vastaavista pitoisuuksista hapettumattomassa rikastehiekassa, varsinkin näytteissä 221-223 (Aijala/Taulukko 1). Ero johtuu pääosin liuosten pH-eroista uuttamisen jälkeen. Selvästi korkeimmat sadevesiuutolla saadut alkuainepitoisuudet ovat alhaisen pH:n liuoksissa. Poikkeuksen muodostaa arseeni, jonka määrä jää kaikissa näytteissä alle määritysrajan.

SAMASE-projektin laatimat maankäytön raja-arvoehdotukset (SAMASE 1993) ylittyvät Aijalan rikastehiekka-alueella seuraavien metallien kohdalla: arseeni, kadmium, kupari, lyijy ja sinkki.



Aijala/Kuva 2. Aijalan rikastehiekan hapettunut pintakerros. 1= Ylin, voimakkaasti hapettunut kerros. 2=Heikosti hapettunut kerros. 3=Voimakkaasti hapettunut kerros. 4=Heikosti hapettunut kerros. 5=Muuttumaton kerros. (vrt. Aijala/Liite1). Kerrokset 1-5 vastaavat näytteitä 001-005 liitteessä Raportti/Liite 1.

Aijala/Taulukko 1. Aijalan rikastehiekan pitoisuuksia (ppm). (vl) = vaikealliuksinen, (hl) = herkkäliuksinen (simuloitu sadevesiuutto). pH (KCl) = pH-määritys KCl-uuttoliuoksesta, pH (sadev.) = pH-määritys sadevesiuuttoliuoksesta. Näyte 221 on pohjaveden pinnan alapuolelta, näytteet 222 ja 223 ovat pohjaveden pinnan yläpuolelta.

	221	222	223
Al (vl)	34300.00	21300.00	15300.00
Al (hl)	<0.50	798.00	292.00
As (vl)	427.00	271.00	76.00
As (hl)	<0.50	<0.50	<0.50
Cd (vl)	12.30	2.70	0.40
Cd (hl)	<0.02	4.40	0.11
Cu (vl)	391.00	263.00	282.00
Cu (hl)	<0.02	34.50	2.29
Fe (vl)	107000.00	115000.00	50000.00
Fe (hl)	<0.50	416.00	1200.00
Hg (vl)	3.70	3.50	4.80
Mn (vl)	577.00	277.00	230.00
Mn (hl)	1.50	10.40	5.60
P (vl)	266.00	209.00	12.00
P (hl)	<0.50	1.50	1.30
Pb (vl)	1280.00	1280.00	768.00
Pb (hl)	<0.10	1.10	0.30
S (vl)	62200.00	49100.00	28400.00
S (hl)	517.00	5020.00	4770.00
Zn (vl)	3750.00	1230.00	1520.00
Zn (hl)	0.42	264.00	26.00
pH (KCl)	8.06	2.72	2.55
pH (sadev.)	6.50	2.70	2.60

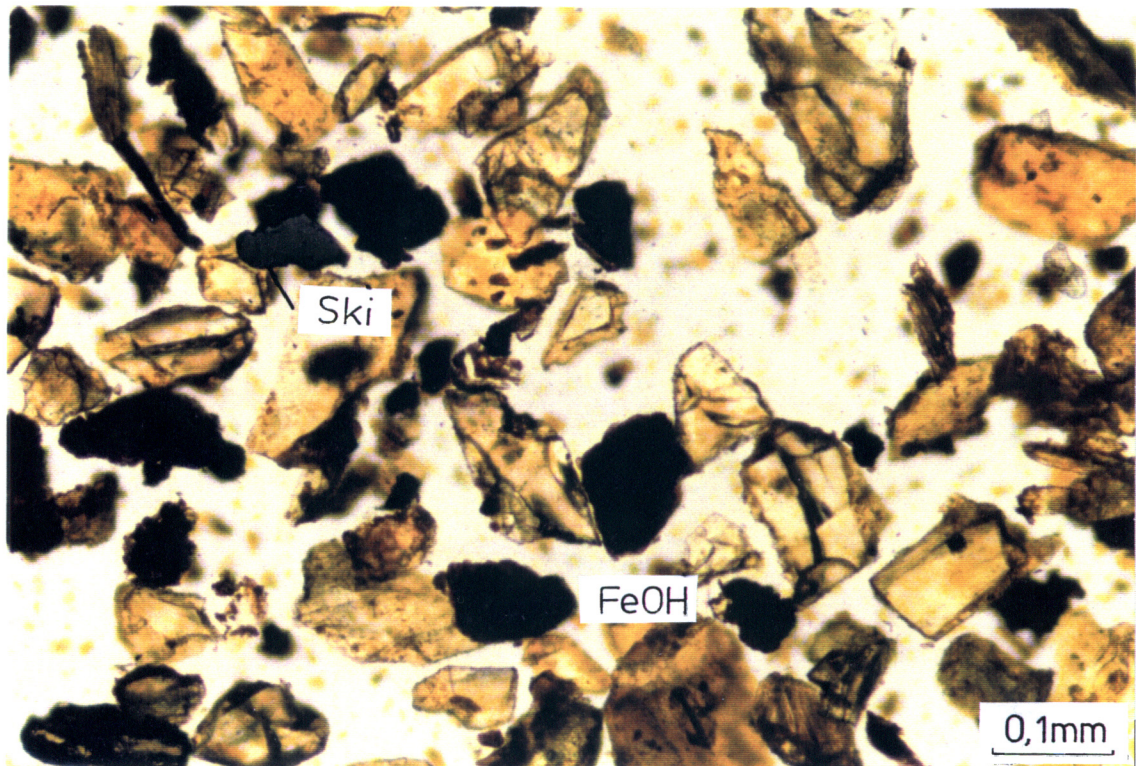
5.2. Rikastehiekan mineralogia

Aijalan kaivoksen jätealueelta on tutkittu mineralogialla kahdesta näytteestä. Näyte 221 on otettu pohjaveden pinnan alapuolelta, eikä se ole hapettunut. Näyte 222 on jättehiekan pintaosista ja edustaa voimakkaasti hapettunutta jättehiekkaa. Näytteet on preparaatinvalmistuksessa käsitelty vedellä.

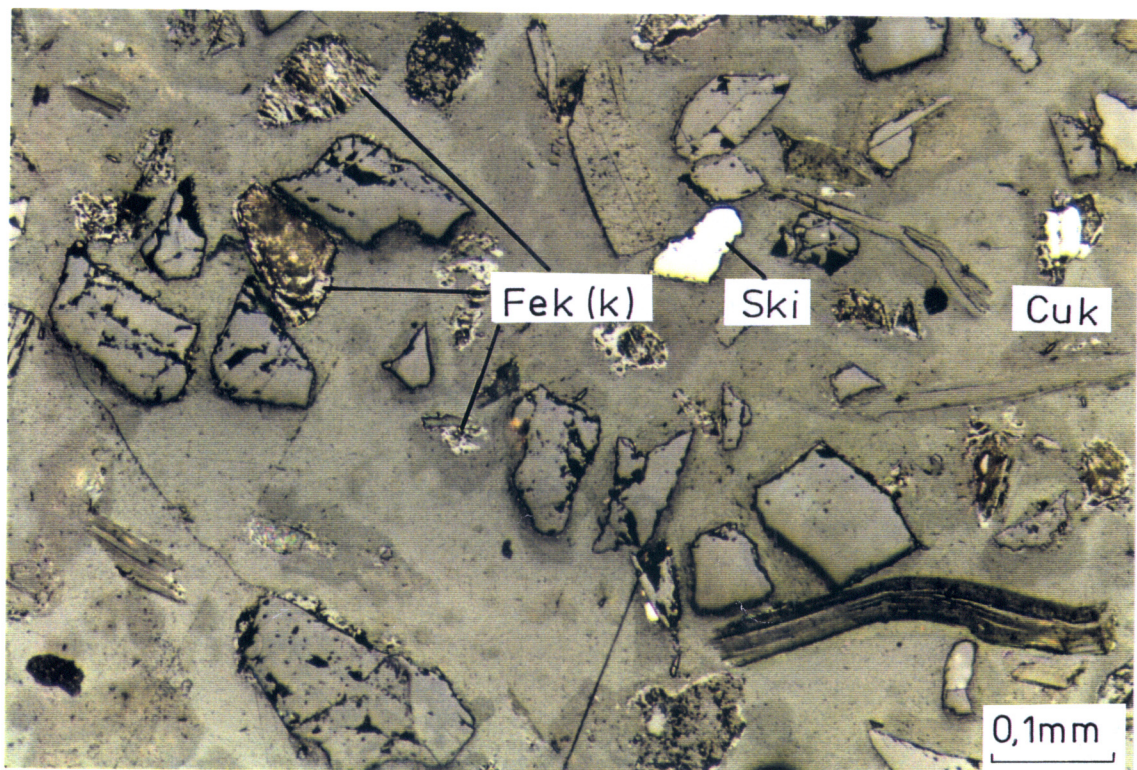
Taulukossa Aijala/Taulukko 2 on esitetty tutkittujen näytteiden mineraalikoostumus. Hapettuneen näytteen mineraalikoostumuksen tunnistamisessa oli suuria vaikeuksia, koska rapautumisen aiheuttama rautahydroksidipigmentti on voimakkaana kaikissa silikaateissa. Malmimineraalit ja karbonaattit voitiin kuitenkin vaikeuksitta erottaa silikaateista. Hapettuneesta näytteestä lähes kaikki sulfidit ovat hapettuneet, vain rikkikiisua tavattiin vähän ja muutamia hippuja kupari- ja magneettikiisua. Myös karbonaattit puuttuvat hapettuneesta näytteestä kokonaan (Aijala/Kuvat 3a ja 3b). Hapettuneessa näytteessä esiintyvä kirkas, läpikuultava mineraali tunnistettiin EDS-analyysillä kipsiksi. Kipsi on syntynyt sekundäärisesti jätteen hapettumisen yhteydessä. Pohjaveden alta otetun näytteen silikaateissa ei juuri ollut hydroksidipigmenttiä, ja mineraalit olivat helpommin tunnistettavissa. Magneettikiisu on selvästi runsain sulfidi ja myös karbonaattia on paljon. Näissä myös silikaattimineraalit ovat erotettavissa toisistaan, koska hydroksidipigmentin määrä niissä on vähäinen (Aijala/Kuvat 3c ja 3d).

Aijala/Taulukko 2. Aijalan rikastehiekasta määritettyjä mineraalikoostumuksia. Näytteet on tehty aineksesta, josta ensin on poistettu hienoinen vedellä dekantoinnalla. Lasilevyille liimattu näyte on hiottu 0,03 mm:n vahvuiseksi ja näin saadusta preparaatista mineraalikoostumus on laskettu pistelaskumenetelmällä 500 pistettä/preparaatti. Näyte 221: Hapettumaton rikastehiekka. Opaakit: magneettikiisu 80%, rikkikiisu 20%, vähän kuparikiisua, sinkkivälikettä ja pentlandiittia. Näyte 222: Hapettunut rikastehiekka. Opaakit: rautahydroksidit 99%, rikkikiisu 1%, vähän kuparikiisua ja magneettikiisua.

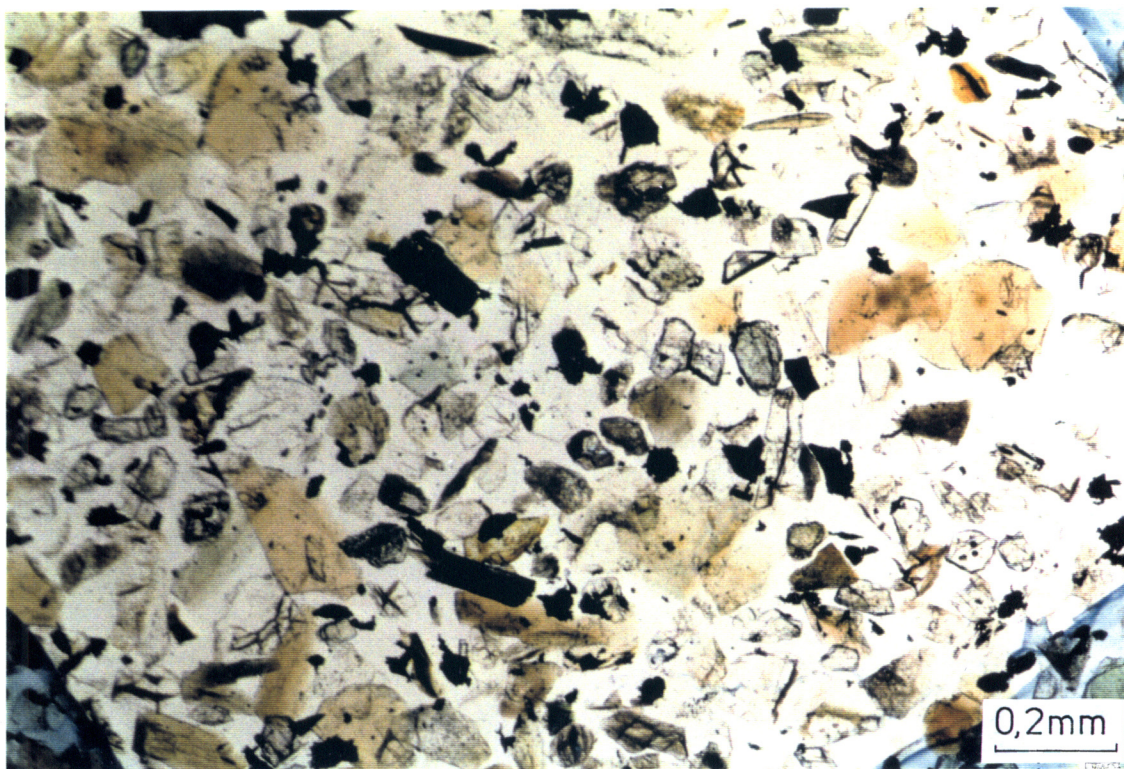
	221	222
Kva + Msp + Mus	64,2	-
Kva + Msp + muut silikaatit	-	85,2
Opaakit	11,8	14,0
Biotiitti	10,0	-
Karbonaatti	8,8	-
Amfiboli	4,6	-
Muut	0,6	0,8
Keskim. raekoko (mm)	0,1-0,5	0,1-0,5



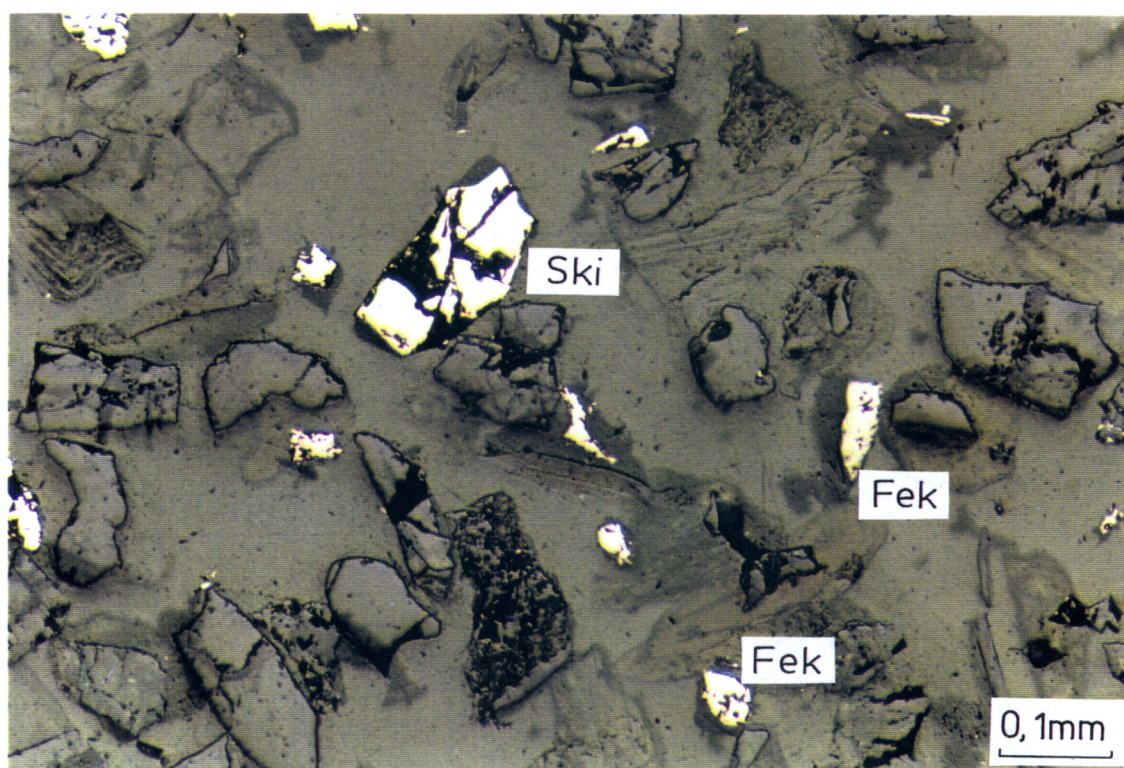
Aijala/Kuva 3a. Aijalan voimakkaasti hapettunut rikastamojäte. Silikaattirakeissa on voimakas rautapigmentti ja sulfidit ovat rikkikiisua (Ski) lukuunottamatta kokonaan hapettuneet rautahydroksideiksi (FeOH). Näyte 222.



Aijala/Kuva 3b. Aijalan voimakkaasti hapettunut rikastamojäte. Magneettikiisu on kokonaan rapautunut (Fek(k)). Myös kuparikiisu (Cuk) on voimakkaasti rapautunut ja rikkikiisu (Ski) on säilynyt parhaiten. Näyte 222.



Aijala/Kuva 3c. Aijalan hapettumaton rikastamojäte. Silikaattimineraaleissa ei ole ruskeaa rautapigmenttiä. Kuvan ruskeat mineraalit ovat biotiittia. Näyte 221.



Aijala/Kuva 3d. Aijalan hapettumaton rikastamojäte. Kuvan iso rae on rikkikiisua (Ski) ja muut kirkkaat rakeet ovat magneetikiisua (Fek). Näyte 221.

5.3. Pintavesi

Aijalan kaivosalueelta ja sen ympäristöstä otettujen vesinäytteiden analyysitulokset ovat liitteessä Raportti/Liite 15. Eräitä tuloksia on esitetty myös pylväsdiagrammeihin (Aijala/Liite 2). Aijalassa rikastejäte on pintaosistaan hapettunut ja mineralogisten havaintojen mukaan neutraloivia karbonaattimineraaleja ei hapettumiskerroksessa enää ole. Jätealueen lammen ja siitä lähtevän puron vesi on selvästi hapanta. pH ja alkaliteetti (=puskuri-kyky) ovat alhaisimmillaan jätealueen lammessa ja kasvavat kohti laskuojan suuta. Kiskonjoessa pH on liki neutraali ja alkaliteetti-arvot ovat siellä huomattavasti korkeammat kuin jätealueen lammessa ja laskuojassa. SO_4 -sähkönjohtavuus ja useimmat metallipitoisuudet saavat suurimmat arvonsa laskuojan alussa, mikä johtuu siitä, että siellä laskuojaan sekoittuu myös muualta jätealueelta tulevia suotovesiä. Ni on poikkeuksellisesti suurin laskuojan lopussa, mikä aiheutuu siitä, että ojan veden pH:n muuttuessa happamamaksi sen pohjalle sitoutunut Ni on mobiloitunut uudestaan. Sama on havaittavissa Ba:n ja Si:n pitoisuuksissa. Lyijypitoisuus on selvästi suurin jätealueen lammen vedessä. Veden sisältämää orgaanista ainesta kuvaava KMnO_4 -luku on korkein Kiskonjoessa ja alhaisin laskuojan alussa. Jätealueelta tulevan veden vaikutus on heikosti havaittavissa Kiskonjoen veden laadussa noin 1 km kaivoksen jätealueelta tulevan laskuojan alapuolelta otetussa näytteessä. KMnO_4 -lukua lukuunottamatta lääkintöhallituksen (1987) asettamat vaatimukset ja tavoitteet talousveden laadulle eivät ylity Kiskonjoessa. Korkea KMnO_4 -luku ei aiheudu kaivoksen jätealueelta tulevasta vesistä. Jätealueen lampi ja siitä lähtevä laskuoja sensijaan eivät ole käyttökelpoisia talousvedeksi, koska niissä Al, Cd, Fe, Mn, Zn, KMnO_4 ja SO_4 ylittävät lääkintöhallituksen asettamat rajat ja koska niiden pH on liian alhainen.

Taulukoihin Aijala/Taulukot 3-7 on koottu eräitä Turun vesi- ja ympäristöpiiristä saatuja Aijalan rikastamon toiminnan loppuvaiheen aikaisia ja velvoitetarkkailun aikaisia arvoja jätealueen laskuojan ja Kiskonjoen veden laadusta. Taulukoissa on myös tässä tutkimuksessa samoilta paikoilta otettujen vesianalyysien tulokset. Eräitä tuloksia on esitetty myös pylväsdiagrammeihin (Aijala/Liite 3). Taulukoissa olevat analyysitulokset eivät ole täysin vertailukelpoisia johtuen erilaisista menetelmistä. Suuntaa antavia ne kuitenkin ovat. Tässä tutkimuksessa raskasmetallit on analysoitu suodatetuista näytteistä, kun taas aikaisemmat analyysit on todennäköisesti valtaosin tehty suodattamattomista näytteistä. Pitoisuustaso suodattamattomien näytteiden kohdalla on alhaisempi ja tässä tutkimuksessa saadut korkeammat arvot korostuvat siten entisestään.

Jätealueen laskuojan vesi on kaivoksen toiminnan aikana ollut emäksistä ja on koko velvoitetarkkailun ajan pysynyt neutraalina tai lievästi happamana. Syksyllä 1992 laskuojan vedestä mitatut pH-arvot olivat selvästi alhaisemmat (Aijala/Liite 3). Ojan alussa pH oli tällöin 4,9 ja lopussa 5,8, kun vastaavat arvot viimeisen tarkkailuvuoden syksyllä olivat 6,4 ja 6,3. pH:n aleneminen johtuu jätteen hapettuvassa kerroksessa olevien karbonaattimineraalien loppumisesta. Karbonaatit ovat velvoitetarkkailun ajan puskuroineet sulfidien hapettumisessa syntyvää rikkihappoa, mutta ovat nyt kuluneet loppuun. Kiskonjoen veden pH-tasoon laskuojalla ei ole suurta vaikutusta, laskuojan yläpuolella pH on 6,9 ja 1 km sen alapuolella 6,6. Myös Kiskonjoen vedessä on havaittavissa kaivosalueesta riippumattonta lievää happamoitumista vuodesta 1972, jolloin pH laskuojan yläpuolella oli syksyisen mittauksen perusteella 7,1.

Aijala/Taulukko 3. Aijalan kaivoksen jätealueen laskuojan (Ajosniityn ojan) vesi aivan jätealueen vieressä.

Näyte		1	2	3	4	5	6	7
Näytteenottopäivämäärä		11.2.72	13.4.72	15.9.72	7.12.72	16.1.76	20.4.77	20.11.77
Lämpötila	°C	-	-	-	-	-	-	-
pH		11,2	10,2	9,4	8,3	7,0	7,1	7,3
Sähkönjohtokyky	mS/m	60	100	80	100	72	-	-
Alkaliteetti	mmol/l	-	-	-	-	1,3	-	-
Cu	mg/l	0,52	0,31	0,029	0,039	0,1	0,1	<0,05
Cu (suod.)	mg/l	-	-	-	-	<0,1	<0,1	-
Zn	mg/l	0,015	0,1	<0,05	<0,01	4,1	2,3	1,4
Zn (suod.)	mg/l	-	-	-	-	3,0	0,2	-
Fe	mg/l	0,11	0,4	0,02	0,006	6,2	11,5	3,9
Fe (suod.)	mg/l	-	-	-	-	0,7	<0,1	-
Pb	mg/l	0,007	<0,005	0,010	0,007	0,2	0,3	0,2
Pb (suod.)	mg/l	-	-	-	-	<0,1	-	-
Cd	mg/l	-	-	-	-	<0,05	-	-
As	mg/l	-	-	-	-	0,025	-	-
Mg	mg/l	-	0,47	-	-	-	-	-
Ca	mg/l	-	214	-	-	-	-	-
Kovuus	d°H	55,1	30,6	38,4	27,5	25,5	-	-
KMnO ₄	mg/l	134,1	98,7	204,0	244	107	-	-
CN ⁻ kok.	mg/l	0,08	0,19	0,154	0,13	-	-	-
CN ⁻ vap.	mg/l	-	-	-	-	-	-	-
SO ₄	mg/l	97,3	474	693,8	472	450	140	140
Haihdutusjäännös	mg/l	1604	867	1195	903	-	-	-
Hehkutusjäännös	mg/l	1463	757	1041	745	-	-	-
Kiintoaine	mg/l	-	-	-	-	48	124	27
Virtaama	l/min	-	-	-	-	-	500	600

Näytteet 1 - 5: Jätealueelta ylivaluva vesi. Turun vesi- ja ympäristöpiirin aineisto.

Näytteet 6 ja 7: Ajosniityn ojan alkua, jätealueen padon alapuoli. Turun vesi- ja ympäristöpiirin aineisto.

		8	9	10	11	12	13	14
Näytteenottopäivämäärä		23.4.78	8.11.78	30.4.79	3.11.79	3.5.80	9.11.80	17.9.92
pH		6,5	6,8	6,9	6,4	7,1	6,4	4,9
Sähkönjohtokyky	mS/m	-	-	-	-	-	-	181,60
Alkaliteetti	mmol/l	-	-	-	-	-	-	0,08
Cu	mg/l	0,05	0,05	0,09	<0,05	0,06	0,02	-
Cu (suod.)	mg/l	-	-	-	-	-	-	0,08530
Zn	mg/l	0,95	1,2	1,2	0,38	0,9	0,39	-
Zn (suod.)	mg/l	-	-	-	-	-	-	7,47
Fe	mg/l	3,0	2,3	5,8	1,7	2,4	1,7	-
Fe (suod.)	mg/l	-	-	-	-	-	-	7,87
Pb	mg/l	0,11	0,1	0,1	0,05	0,07	0,05	-
Pb (suod.)	mg/l	-	-	-	-	-	-	0,0164
Cd	mg/l	-	-	-	-	-	-	0,018
As	mg/l	-	-	-	-	-	-	0,00291
Mg	mg/l	-	-	-	-	-	-	144
Ca	mg/l	-	-	-	-	-	-	168
Kovuus	d°H	-	-	-	-	-	-	56,6
KMnO ₄	mg/l	-	-	-	-	-	-	16,4
CN ⁻ kok.	mg/l	-	-	-	-	-	-	-
CN ⁻ vap.	mg/l	-	-	-	-	-	-	-
SO ₄	mg/l	140	190	219	140	370	100	1050
Haihdutusjäännös	mg/l	-	-	-	-	-	-	-
Hehkutusjäännös	mg/l	-	-	-	-	-	-	-
Kiintoaine	mg/l	13	17,8	39,8	1,7	7,0	0,32	-
Virtaama	l/min	1800	240	4100	280	970	400	-

Näytteet 8 - 13: Ajosniityn ojan alkua, jätealueen padon alapuoli. Turun vesi- ja ympäristöpiirin aineisto.

Näyte 14: Ajosniityn ojan alkua, jätealueen padon alapuoli. Tämä tutkimus.

Näytteen 14 täydellisemmät analyysitulokset ovat liitteessä Raportti/Liite 15, näyttenumero 302.

Aijala/Taulukko 4. Aijalan kaivoksen jätealueen laskuojan (Ajosniityn ojan) vesi lähellä Kiskonjokea.

Näyte		1	2	3	4	5	6	7
Näytteenottopäivämäärä		8.3.72	13.4.72	15.9.72	7.12.72	16.1.76	20.4.77	20.11.77
pH		11,5	8,0	7,5	7,8	6,7	5,5	6,7
Sähkönjohtokyky	mS/m	60	180	80	140	48	-	-
Alkaliteetti		-	-	-	-	0,9	-	-
Cu	mg/l	0,94	0,27	0,050	0,11	0,1	0,4	0,2
Cu (suod.)	mg/l	-	-	-	-	<0,1	<0,1	-
Zn	mg/l	0,07	0,70	0,90	0,02	1,4	2,3	2,2
Zn (suod.)	mg/l	-	-	-	-	1,5	1,3	-
Fe	mg/l	0,35	3,4	0,56	0,02	2,6	12,5	5,4
Fe (suod.)	mg/l	-	-	-	-	0,6	0,3	-
Pb	mg/l	0,007	<0,005	0,010	0,005	<0,1	0,2	0,1
Pb (suod.)	mg/l	-	-	-	-	<0,1	-	-
Cd	mg/l	-	-	-	-	<0,05	-	-
As	mg/l	-	-	-	-	0,010	-	-
Mg	mg/l	-	2,7	-	-	-	-	-
Ca	mg/l	-	119	-	-	-	-	-
Kovuus	d°H	46,7	16,5	40,4	34,7	14,3	-	-
KMnO ₄	mg/l	126,8	65,9	182,0	1137	240	-	-
CN ⁻ kok.	mg/l	0,12	0,09	0,092	0,095	-	-	-
SO ₄	mg/l	867,0	257	739,9	328	240	120	240
Haihdutusjäännös	mg/l	1503	485	1215	674	-	-	-
Hehkutusjäännös	mg/l	1387	429	1081	536	-	-	-
Kiintoaine	mg/l	-	-	-	-	3,2	21	44
Virtaama	l/min	-	-	-	-	-	1600	1500

Näytteet 1 ja 3 - 7: Ajosniityn oja ennen Kiskonjokea. Turun vesi- ja ympäristöpiirin aineisto.

Näyte 2: Ajosniityn oja 50 m ennen Kiskonjokea. Turun vesi- ja ympäristöpiirin aineisto.

Näyte		8	9	10	11	12	13	14
Näytteenottopäivämäärä		23.4.78	8.11.78	7.5.79	3.11.79	3.5.80	9.11.80	17.9.92
pH		6,1	6,5	6,2	6,6	6,5	6,3	5,8
Sähkönjohtokyky	mS/m	-	-	-	-	-	-	97,50
Alkaliteetti	mmol/l	-	-	-	-	-	-	0,24
Cu	mg/l	0,3	0,2	0,2	0,05	0,15	0,12	-
Cu (suod.)	mg/l	-	-	-	-	-	-	0,0737
Zn	mg/l	1,2	1,5	1,3	1,4	1,0	1,9	-
Zn (suod.)	mg/l	-	-	-	-	-	-	2,150
Fe	mg/l	4,4	5,0	6,9	1,5	2,1	3,8	-
Fe (suod.)	mg/l	-	-	-	-	-	-	0,33
Pb	mg/l	0,09	0,05	0,06	0,06	0,05	0,04	-
Pb (suod.)	mg/l	-	-	-	-	-	-	0,001
Cd	mg/l	-	-	-	-	-	-	0,00478
As	mg/l	-	-	-	-	-	-	0,00063
Mg	mg/l	-	-	-	-	-	-	58,4
Ca	mg/l	-	-	-	-	-	-	94,4
Kovuus	d°H	-	-	-	-	-	-	26,4
KMnO ₄	mg/l	-	-	-	-	-	-	16,70
CN ⁻ kok.	mg/l	-	-	-	-	-	-	-
SO ₄	mg/l	105	150	134	200	170	120	481
Haihdutusjäännös	mg/l	-	-	-	-	-	-	-
Hehkutusjäännös	mg/l	-	-	-	-	-	-	-
Kiintoaine	mg/l	55	13,0	66,7	7,9	19,0	13,9	-
Virtaama	l/min	16000	670	14600	1700	5700	4300	-

Näyte 8: Ajosniityn oja, Kiskojoen liittymäkohta. Turun vesi- ja ympäristöpiirin aineisto.

Näytteet: 9 - 13: Ajosniityn oja 450 m ennen Kiskonjokea. Turun vesi- ja ympäristöpiirin aineisto.

Näyte 14: Ajosniityn oja 50 m ennen Kiskonjokea. Tämä tutkimus.

Näytteen 14 täydellisemmät analyysitulokset ovat liitteessä Raportti/Liite 15, näytenumero 303.

Aijala/Taulukko 5. Kiskonjoen vesi Aijalan kaivoksen jätealueelta tulevan laskuojan (Ajosniityn ojan) suistossa ja sen ylävirran puolella.

Näyte		1	2	3	4	5	6
Näytteenottopäivämäärä		2.6.64	8.3.72	13.4.72	15.9.72	7.12.72	17.9.92
Lämpötila	°C	18,0	-	-	-	-	14
O ₂	mg/l	9,2	-	-	-	-	8,9
O ₂	kyl. %	100	-	-	-	-	-
pH		7,3	6,9	7,0	7,1	7,1	6,9
Sähkönjohtokyky	mS/m	9,7	10,3	12,6	14,8	10,2	8,7
Alkaliteetti		0,31	-	-	-	-	0,43
Väri	mg Pt/l	100	-	-	-	-	50
NH ₄	mg/l N	0,22	-	-	-	-	-
Kokonais N	mg/l N	0,90	-	-	-	-	-
NO ₃	mg/l	-	-	-	-	-	0,40
Cu	mg/l	-	<0,01	0.012	0.005	0.003	0,00162
Zn	mg/l	-	0,03	0.04	<0.05	<0.01	0,00339
Fe	mg/l	1,32	0,43	2,0	0,09	0,20	0,14
Pb	mg/l	-	0,005	<0.005	<0.002	0.002	0,00016
Mg	mg/l	-	-	2,8	-	-	3,13
Ca	mg/l	-	-	7,7	-	-	7,28
Kovuus	d°H	-	1,9	1,7	1,2	1,8	1,7
KMnO ₄	mg/l	42,4	43,5	54,2	56,0	74	36,7
Biol. hapenkulutus BHK ₅	mg/l	1,5	-	-	-	-	-
CN ⁻ kok.	mg/l	-	0.001	<0.001	0.009	0.015	-
CN ⁻ vap.	mg/l	-	-	-	-	-	-
SO ₄	mg/l	-	-	14,2	30,9	26	10,40
Haihdutusjäännös	mg/l	85	83	78,8	52	218	-
Hehkutusjäännös	mg/l	65	64	39,5	31	66	-

Näyte 1: Kiskonjoki, jätealueen laskuojan kohta. Turun vesi- ja ympäristöpiirin aineisto.

Näytteet 2-5: Kiskonjoki, jätealueen laskuojan yläpuoli, pumppuasema. Turun vesi- ja ympäristöpiirin aineisto.

Näyte 6: Kiskonjoki, jätealueen laskuojan yläpuoli, maantiesilta. Tämä tutkimus.

Näytteen 6 täydellisemmät analyysitulokset ovat liitteessä Raportti/Liite 15, näytenumero 304.

Aijala/Taulukko 6. Kiskonjoen vesi alavirran puolella Aijalan kaivoksen jätealueelta tulevan laskuojan (Ajosniityn ojan) suhteen.

Näyte		1	2	3	4	5
Näytteenottopäivämäärä		8.3.72	13.4.72	15.9.72	7.12.72	17.9.92
Lämpötila	°C	-	-	-	-	14,0
pH		7,1	7,0	7,2	7,2	6,6
Sähkönjohtokyky	mS/m	8,1	10,3	12,2	9,5	10,0
Cu	mg/l	0.015	0.034	0.004	0.005	0.00191
Zn	mg/l	0.05	0.06	<0.05	0.01	0.01090
Fe	mg/l	0.78	2,2	0.09	0.025	0,16
Pb	mg/l	0.007	<0.005	0.002	<0.002	0,00015
Mg	mg/l	-	2,6	-	-	3,40
Ca	mg/l	-	10	-	-	7,67
Kovuus	d°H	2,5	1,9	1,5	2,0	1,9
KMnO ₄	mg/l	42,9	71,2	67,7	74	38,7
CN ⁻ kok.	mg/l	0.002	0.005	0.007	0.015	-
SO ₄	mg/l	25,0	22,6	28,8	28	12,30
Haihdutusjäännös	mg/l	104	102	166	128	-
Hehkutusjäännös	mg/l	82	63,8	56	68	-

Näytteet 1, 3 ja 4: Kiskonjoki, noin 100 m kaivoksen jätealueelta tulevan ojan alapuolelta. Turun vesi- ja ympäristöpiirin aineisto.

Näyte 2: Kiskonjoki, noin 250 m kaivoksen jätealueelta tulevan ojan alapuolelta. Turun vesi- ja ympäristöpiirin aineisto.

Näyte 5: Kiskonjoki, noin 1 km kaivoksen jätealueelta tulevan ojan alapuolelta. Tämä tutkimus.

Näytteen 5 täydellisemmät analyysitulokset ovat liitteessä Raportti/Liite 15, näytenumero 305.

Aijala/Taulukko 7. Aijalan kaivoksen laskuojan vesi ja rikastamon jätevesi (suodos).

Näyte		1	2	3	4	5	6
Näytteenottoaika		19.9.63	2.6.64	8.3.72	13.4.72	15.9.72	7.12.72
Lämpötila	°C	11,5	17,0	-	-	-	-
O ₂	mg/l	8,1	9,3	-	-	-	-
O ₂	kyl. %	77	99	-	-	-	-
pH		6,9	7,5	11,1	11,5	11,6	10,8
Sähkönjohtokyky	mS/m	112,2	84,5	40	50	60	120
Alkaliteetti	mmol/l	-	1,75	-	-	-	-
Väri	mg Pt/l	20	100	-	-	-	-
NH ₄	mg/l N	-	0,16	-	-	-	-
Kokonais N	mg/l N	-	0,82	-	-	-	-
Cu	mg/l	-	-	2,75	2,4	0,021	0,11
Zn	mg/l	-	-	0,04	0,36	<0,05	0,04
Fe	mg/l	-	-	6,3	2,0	0,02	0,01
Pb	mg/l	-	-	0,26	<0,005	0,035	0,008
Mg	mg/l	-	-	-	0,46	-	-
Ca	mg/l	-	-	-	331	-	-
Kovuus	d°H	-	-	76,0	48,0	40,7	23,1
Cl	mg/l	90	-	-	-	-	-
KMnO ₄	mg/l	31,7	52,3	145,8	211	324,0	487
Biol. hapenkulutus BHK ₅	mg/l	1,3	4,9	-	-	-	-
CN ⁻ kok.	mg/l	-	-	0,15	1,6	0,072	0,44
CN ⁻ vap.	mg/l	-	-	-	1,6	-	0,17
SO ₄	mg/l	-	-	1137,6	502	521,3	416
Haihdutusjäännös	mg/l	-	715	2103	1297	1147	864
Hehkutusjäännös	mg/l	-	685	1937	1032	945	665

Näytteet 1 ja 2: Aijalan kaivoksen laskuoja. Turun vesi- ja ympäristöpiirin aineisto.

Näytteet 3 - 6: Rikastamon jäte, suodos. Turun vesi- ja ympäristöpiirin aineisto.

Myös SO₄-pitoisuudet ovat velvoitetarkkailun päättymisen jälkeen nousseet voimakkaasti laskuojan vedessä, jopa yli kaivoksen toiminnan aikaisten arvojen. Kiskonjoen vedessä SO₄-taso on nyt selvästi alhaisempi sekä laskuojan alapuolella että yläpuolella (Aijala/Liite 3). Kaivostoiminnan aikana päästöjä on ilmeisesti mennyt Kiskonjokeen myös laskuojan yläpuolelta.

Raskasmetallien kohdalla on muistettava erilaisten menetelmien vaikutus pitoisuusarvoihin. Cu- ja Pb-pitoisuudet ovat syksyn 1992 näytteissä selvästi alhaisemmat kuin velvoitetarkkailun aikana. Zn sen sijaan on voimakkaasti kohonnut laskuojan alussa, mutta on laskuojan lopussa samalla tasolla kuin aikaisemmin. Myös Fe on syksyn 1992 näytteessä laskuojan alussa korkeampi kuin velvoitetarkkailun aikana keskimäärin, mutta on ojan lopussa hyvin alhainen (Aijala/Liite 3). Velvoitetarkkailun aikaisten analyysitulosten perusteella näiden raskasmetallien pitoisuudet olivat silloin laskuojan lopussa lyijyä lukuunottamatta suuremmat kuin laskuojan alussa. Tähän voi olla kaksi syytä: laskuojaan aikaisemmin kertyneet metallit ovat mobiloituneet ja/tai myös tehdasalueelta on samaan laskuojaan tullut päästöjä.

Kiskonjokeen tällä hetkellä joutuvien metallimäärien arvioimisessa (Aijala/Taulukko 8) on käytetty velvoitetarkkailun aikaisia laskuojan virtaamamittauksia. Näin saadut tulokset ovat korkeintaan vain suuntaa antavia, koska virtausmäärissä on jouduttu käyttämään pitkälle menevää arviointia ja pitoisuuksien on oletettu pysyvän vakiona koko vuoden. Pitoisuuksina on käytetty syksyn 1992 tuloksia. Taulukon 8 mukaan veden mukana kulkeutuvat Cu, Zn, Cd, Ni ja SO₄ määrät ovat laskuojan lopussa suuremmat kuin laskuojan alussa. Tämä johtunee siitä, että ojassa veden pH on nyt alhaisempi kuin ennen ja puron pohjalle aikaisemmin sitoutuneet metallit mobiloituvat uudelleen. Puroon joutuvan veden pH on laskenut, koska jätteen puskurikyky on loppunut sen sisältämän karbonaatin loppumisen myötä. Fe ja Pb pidättyvät edelleen ojaan, As määrät sen sijaan ovat samat sekä ojan alku- että loppupäästä otetuissa vesinäytteissä.

Aijala/Taulukko 8. Ohjeellinen kaavio, missä on arvioitu Aijalan kaivoksen jätealueelta tulevaa vuosikuormitusta laskuojaan (1) ja Kiskonjokeen (2). Virtaama-arviot on tehty vuosien 1977 - 1980 mittauksen perusteella (Turun vesi- ja ympäristöpiirin aineisto), jolloin mittaukset suoritettiin huhti- ja marraskuussa. Huhtikuussa keskimääräinen virtaama oli puron alussa 1840 l/min ja puron lopussa 9480 l/min. Marraskuussa vastaavat arvot olivat 380 l/min ja 2040 l/min. Näistä on arvioitu koko vuoden keskimääräiseksi virtaamaksi ojan alussa 1110 l/min ja ojan lopussa 5760 l/min. Pitoisuudet on saatu syksyn 1992 näytteistä (tämä tutkimus).

(1) = Näyte 302, Raportti/Liite 15; (2) = Näyte 303, Raportti/Liite 15.

(1)				(2)			
	määrä		pitoisuus		määrä		pitoisuus
Cu	49,82	kg/v	0,0853 mg/l	223,04	kg/v	0,0737	mg/l
Zn	4361,90	kg/v	7,47 mg/l	6506,78	kg/v	2,15	mg/l
Fe	4595,62	kg/v	7,87 mg/l	998,00	kg/v	0,33	mg/l
Pb	9,58	kg/v	0,0164 mg/l	3,02	kg/v	0,0001	mg/l
Cd	5,84	kg/v	0,018 mg/l	14,46	kg/v	0,00478	mg/l
As	1,70	kg/v	0,00291 mg/l	1,90	kg/v	0,00063	mg/l
Ni	7,98	kg/v	0,0137 mg/l	47,20	kg/v	0,0156	mg/l
SO ₄	613	t/v	1050 mg/l	1455	t/v	481	mg/l
pH	4,9			5,8			

Kun laskuojan metalli- ja sulfaattipitoisuuksia ja määriä verrataan muiden sulfidimalmeja Suomessa rikastavien tai rikastaneiden laitosten lupaehtoihin (Aijala/Taulukko 9), ovat Aijalan jätealueelta Kiskonjokeen tulevat pitoisuudet sinkkiä lukuunottamatta alle muiden laitosten lupaehtojen määrättyjen rajojen.

Aijala/Taulukko 9. Suomessa sulfidimalmeja rikastavien tai rikastaneiden laitosten lupaehtojen määrätetyt päästörajat.

Cu (mg/l):	Enonkoski 0,05, Vammala 0,3, Keretti 0,1, Virtasalmi 0,05.
Zn (mg/l):	Hammaslahti 1,5, Keretti 1,0.
Fe (mg/l):	Enonkoski 3,0, Kotalahti 2,0, Vuonos 0,5, Vammala 4,0, Keretti 3,0.
Fe (kg/v):	Hammaslahti 1095, Vuonos + Keretti 29 200, Luikonlahti 1000, Vuonos (1986) 750.
As (mg/l):	Vuonos 0,4, Luikonlahti 0,09.
As (kg/v):	Luikonlahti 10, Vuonos 500.
Ni (mg/l):	Enonkoski 1,0, Kotalahti 1,0, Vammala 0,3, Keretti 0,3, Virtasalmi 0,05.
Ni (kg/v):	Luikonlahti 200 kg/v, Vuonos 1500 kg/v.
SO ₄ (mg/l):	Enonkoski 1200, Vuonos 500, Keretti 1600.
SO ₄ (t/v):	Hammaslahti 912,5, Vuonos + Keretti 14 600, Vuonos (1986) 750.
pH:	Enonkoski 6,5—9,0, Luikonlahti >6,0, Vuonos 6,5—9, Hammaslahti 6,5—9,5, Keretti >7,5, Virtasalmi >7,0, Pyhäsalmi >5,5—5,8.

Vertailun vuoksi mainittakoon, että vuonna 1987 arvioitiin, että Ruotsin vesistöihin joutui eri lähteistä raskasmetalleja seuraavasti (kg/vuosi): Sulfidimalmien jätelähteistä Cu: 35 000, Pb: 5000, Zn: 600 000, Cd 1000; Toiminnassa olevista sulfidimalmikaivoksista Cu: 7000, Pb: 2400, Zn: 70 000; Muusta teollisuustoiminnasta (ei kaivosteollisuus) Cu: 100 000, Pb: 40 000, Zn: 600 000. Pelkästään Falunin kaivosalueelta on joutunut vesistöihin vuoden 1987 jälkeen vuosittain 14 t Cu, 320 t Zn ja 450 kg Cd (Lundgren & Hartlen, 1990).

Aijalan jätealue sisältää noin 2 miljoonaa tonnia jätettä, jonka keskimääräiset metallipitoisuudet ovat seuraavat: Cu = 0,12 %, Zn = 0,50 %, Pb = 0,11 %, Ag = 7,95 ppm, Au = 0,69 ppm. Jätehiekkaa on keskimäärin 8,7 m:n vahvuudelta maksimipaksuuden ollessa 12 m (Kokkola, 1982). Mikäli oletetaan, että 10 % jätteestä voisi hapettua ja vesistöihin joutuvat pitoisuudet olisivat syksyn 1992 luokkaa, kestäisi 230 vuotta, ennenkuin kaikki sinkki olisi kokonaan lähtenyt tästä osasta jätettä. Kuperilla vastaava aika olisi 4800 vuotta ja lyijyllä 23 000 vuotta. 10 %:n oletus perustuu arvioon, jonka mukaan jätehiekasta keskimäärin vajaa metri on pohjaveden pinnan yläpuolella. Käytännössä kaikki mobiloituneet metallit eivät kulkeudu jätealueen ulkopuolelle, vaan ne pidättyvät saostumina jätealueella. Myöskään metallien leviäminen ympäristöön ei jatku samanlaisena koko ajan, koska rautakiisut rapautuvat varsin nopeasti. Tällöin myös rikkihapon tuotto vähenee ja happamuuden todennäköisen heikkenemisen myötä myös metallien leviäminen ympäristöön hidastuu.

5.4. Orgaaniset sedimentit

Jätealueen lammesta ja laskuojasta otetuissa orgaanisissa sedimenteissä näkyy erittäin selvästi jätealueen vaikutus korkeina metallipitoisuuksina. Laskuoja on pituudeltaan 1,4 km, ja se laskee Kiskonjokeen. Korkeat pitoisuudet orgaanisissa sedimenteissä laskuojan lopussa ja Kiskonjoessa heti laskuojan suun alapuolella johtunevat Kiskonjoen veden aiheuttamasta pH:n nopeasta kohoamisesta, jolloin monet jätealueelta tulevat metallit saostuvat näille paikoin. Erityisesti alumiini, kupari, kromi ja rauta ovat näissä näytteissä korkeina pitoisuuksina. Kauempana laskuojan suusta alavirtaan näkyy Aijalan jätealueen vaikutus orgaanisissa sedimenteissä enää heikosti. Näytteenotopisteet olivat 1 km, 4 km, 6 km ja 20 km laskuojan suusta alavirtaan. Useimpien metallien vaikutus näkyy vielä 6 km:n päässä, mutta 20 km:n päässä ei ollut havaittavissa jätealueesta aiheutuvaa pitoisuustason nousua yhdenkään alkuaineen kohdalla.

Taulukoissa Aijala/Taulukko 10 ja 11 on Aijalan orgaanisten sedimenttien alkuainepitoisuuksien tilastosuureita. Liitteessä Aijala/Liite 4 on esitetty eräiden alkuaineiden pitoisuuksia pallokarttoina ja liitteessä Raportti/Liite 9 ovat kaikki määritetyt herkkä- (201P) että vaikealiukoiset (503P) pitoisuudet taulukkoina. Elohopeapitoisuudet ovat liitteessä Raportti/Liite 10.

Pallokartoista (Aijala/Liite 4) ilmenee selvästi, miten sekä vaikealiukoinen että herkkäliukoinen rikki, rauta, kupari, sinkki, lyijy, kadmium ja arseeni ovat laskuojan ja jätealueen lammen orgaanisissa sedimenteissä huomattavasti suurempina pitoisuuksina kuin muualla Kiskonjoen vesistössä. Alumiini, kupari, kromi ja rauta ovat selvästi rikastuneet laskuojan suun orgaanisiin sedimentteihin, missä laskuojan hapan vesi sekoittuu Kiskonjokeen. Rikki ja rauta ovat taustatasoa jo 1 km:n päästä otetussa näytteessä. Kadmium- ja arseenipitoisuudet ovat taustatasolla 6 km:n päästä otetussa näytteessä. Samassa näytteessä kupari, sinkki ja lyijy ovat vielä koholla, mutta 20 km:n päästä otetussa näytteessä ne ovat kaikki taustatasoa. Myös elohopeapitoisuus on korkeimmillaan laskuojassa ja se saavuttaa taustatason laskuojan suusta 20 km alavirtaan otetussa näytteessä. Kirkkojärven näytteiden hieman kohonneet sinkki- ja rikkipitoisuudet aiheutunevat kallioperästä. Metolanjoen näytteistä pohjoisempi (näyte 206) on selvästi Perniön graniitin alueelta, joten siihen ei ole voinut joutua Aijalan malmissa runsaana esiintyneitä metalleja myöskään muualta kallioperästä. Fosfori saa selvästi suurimmat arvonsa Kirkkojärvessä ja se on antropogeenista alkuperää.

Valtakunnalliseen orgaanisten purosedimenttien aineistoon verrattuna (1170 näytettä) Aijalassa saavat ennätyksellisen korkeita arvoja kadmium, kupari, sinkki, kromi ja fosfori. Kromi saa selvästi suurimman arvonsa Kiskonjoessa heti laskuojan alapuolella. Korkein fosforipitoisuus on Kirkkojärvestä otetussa näytteessä. Myös arseeni, koboltti ja magnesium ovat maksimissaan Aijalan orgaanisissa sedimenteissä harvinaisen korkeat.

Aijala/Taulukko 10. Orgaanisten sedimenttien vaikealiukoiset alkuainepitoisuudet (ppm)

	keskiarvo	keski- hajonta	minimi	maksimi	mediaani	kpl
Al	19441.43	6790.30	8290.00	32100.00	20350.00	14
As	92.05	120.07	<0.30	333.00	16.60	14
B	4.97	2.60	<0.30	11.00	5.00	14
Ba	83.56	45.89	20.70	169.00	72.40	14
Ca	6255.71	2919.18	1870.00	12100.00	5650.00	14
Cd	5.41	8.25	<0.30	29.90	1.42	14
Co	19.55	22.37	6.33	94.70	14.55	14
Cr	80.79	115.14	13.80	434.00	41.60	14
Cu	308.58	481.73	7.25	1770.00	77.10	14
Fe	66691.43	59053.01	9580.00	177000.00	29800.00	14
Hg	1.07	1.66	0.05	5.78	0.32	14
K	3300.00	1489.91	1020.00	5860.00	3185.00	14
La	26.06	5.59	14.70	34.10	27.40	14
Li	18.77	7.49	7.49	31.90	18.95	14
Mg	7331.43	3870.74	2350.00	17000.00	6840.00	14
Mn	1125.00	1375.87	207.00	5530.00	736.00	14
Mo	1.59	2.44	<0.50	9.11	0.65	14
Na	373.00	212.28	173.00	1030.00	343.50	14
Ni	16.86	7.39	6.44	29.20	16.00	14
P	1282.64	1230.87	349.00	5210.00	940.00	14
Pb	305.71	470.03	2.75	1570.00	51.30	14
S	6682.71	7931.84	458.00	28400.00	4320.00	14
Sb	<5.00	3.14	<5.00	10.30	<5.00	14
Sc	5.10	1.73	2.45	8.03	5.37	14
Si	238.79	76.78	135.00	361.00	239.00	14
Sr	28.63	9.94	12.20	48.70	27.70	14
Th	9.62	2.32	5.43	12.60	10.45	14
Ti	833.50	366.36	191.00	1320.00	823.50	14
V	47.09	18.25	19.10	83.50	43.75	14
Y	12.82	3.15	7.40	17.50	13.45	14
Zn	1199.51	1573.21	44.40	4890.00	302.00	14

Aijala/Taulukko 11. Orgaanisten sedimenttien herkkäliukoiset alkuainepitoisuudet (ppm).

	keskiarvo	keski- hajonta	minimi	maksimi	mediaani	kpl
Al	219.36	203.93	45.40	665.00	99.15	14
As	1.27	0.52	0.54	2.31	1.21	14
B	0.37	0.34	<0.10	1.15	0.24	14
Ba	9.97	8.63	0.68	24.80	8.15	14
Ca	3113.64	2171.83	636.00	9080.00	2550.00	14
Cd	1.41	1.74	0.06	5.41	0.73	14
Co	1.93	2.45	0.33	9.88	1.22	14
Cr	1.40	2.41	0.12	9.13	0.40	14
Cu	21.39	52.41	0.36	195.00	2.37	14
Fe	655.97	715.14	50.70	2000.00	231.50	14
K	386.94	553.17	85.40	2230.00	222.50	14
Li	0.11	0.08	<0.02	0.33	0.10	14
Mg	771.36	552.17	146.00	2170.00	694.50	14
Mn	279.04	281.13	32.70	1070.00	232.50	14
Mo	0.08	0.04	<0.05	0.17	0.07	14
Na	131.88	203.70	24.80	818.00	62.95	14
Ni	1.10	0.42	0.62	2.13	0.96	14
P	171.71	583.94	2.37	2200.00	12.60	14
Pb	15.80	26.28	<0.10	80.00	2.93	14
S	1162.85	1318.87	34.20	4330.00	540.50	14
Sb	<0.50	0.19	<0.50	0.55	<0.50	14
Sr	10.16	6.16	3.42	28.00	9.13	14
Ti	0.24	0.21	0.06	0.93	0.19	14
V	0.21	0.16	0.02	0.52	0.17	14
Zn	269.15	358.70	3.99	1100.00	61.55	14

5.5. Sammalet

Sammalista on analysoitu vain vaikealiukoiset pitoisuudet. Sammalet ottavat ravintonsa ilmasta, joten myös niiden sisältämät raskasmetallit ovat pääosin ilmasta peräisin.

Kuten pallokartoista (Aijala/Liite 5) käy selvästi ilmi, Aijalan rikastehiekasta aiheutuvat pölyvaikutukset rajoittuvat aivan jätealueen reunoille. Sammalien raskasmetalli- ja rikkipitoisuudet ovat selvästi taustatasoa korkeammat vain muutaman kymmenen metrin päässä jätealueen reunasta. Kauimmaisat vaikutukset näkyvät noin 100 metrin päässä kaakossa ja noin 300 metrin päässä etelässä jätealueelle päin viettävillä rinteillä, sielläkin tosin hyvin heikosti. Sammalien fosforipitoisuuksiin Aijalan rikastejätealueella ei ole vaikutusta.

Taulukossa Aijala/Taulukko 12 on tilastosuureita Aijalan sammalien alkuainepitoisuuksista. Liitteessä Raportti/Liite 11 ovat kaikki määritetyt vaikealiukoiset (503P) pitoisuudet taulukkoina. Aijalan sammalien elohopeapitoisuudet ovat liitteessä Raportti/Liite 12.

Aijalan sammalissa ainoastaan arseenin maksimipitoisuudet ovat korkeammat kuin vastaavat pitoisuudet Turun ja Rovaniemen kaupunkien alueiden sammalissa (Kohonen & Salminen 1993; Äyräs & Niskavaara 1992). Aijalassa korkein pitoisuus on likimain kaksinkertainen Turkuun verrattuna. Maksimaaliset kadmium ja rikkipitoisuudet ovat Aijalan ja Turun sammalissa samaa luokkaa, pääkaupunkiseudulla suurimmat kadmiumpitoisuudet ovat jonkin verran alhaisemmat (Mäkinen ym. 1991). Maksimaaliset lyijypitoisuudet ovat Aijalan sammalissa kaksinkertaiset pääkaupunkiseudun sammaliin verrattuna, mutta vain puolet Turun alueen sammalien maksimipitoisuuksista. Myös suurimmat sinkki- ja kuparipitoisuudet ovat Turun alueen sammalissa selvästi suuremmat kuin Aijalassa. Ruhlingin ym. (1992) määrittämistä taustapitoisuuksista Aijalan sammalien maksimi-arvot ylittivät selvästi kadmiumin, kuparin, raudan, lyijyn ja sinkin osalta.

Aijala/Taulukko 12. Sammalien vaikealiukoiset alkuainepitoisuudet (ppm).

	keskiarvo	keski- hajonta	minimi	maksimi	mediaani	kpl
Al	440.00	161.36	273.00	831.00	393.50	20
As	<3.00	3.97	<3.00	15.80	<3.00	20
B	<3.00	2.91	<3.00	14.60	<3.00	20
Ba	28.97	15.00	6.46	71.40	25.90	20
Ca	3628.50	1596.49	1690.00	9150.00	3360.00	20
Cd	0.62	0.18	0.31	1.00	0.63	20
Co	<0.50	-	<0.50	<0.50	<0.50	20
Cr	0.79	0.29	<0.50	1.35	0.74	20
Cu	6.97	3.31	3.25	17.10	5.80	20
Fe	1141.05	1141.38	382.00	5230.00	670.00	20
Hg	0.10	0.03	0.06	0.19	0.09	20
K	4790.50	778.09	3580.00	6750.00	4570.00	20
La	<0.80	0.28	<0.80	1.22	<0.80	20
Li	<0.60	0.15	<0.60	0.66	<0.60	20
Mg	850.35	336.99	479.00	1870.00	712.00	20
Mn	433.80	154.12	220.00	755.00	415.00	20
Mo	<0.50	-	<0.50	<0.50	<0.50	20
Na	42.79	13.07	15.30	73.00	41.45	20
Ni	1.56	0.41	1.06	2.41	1.52	20
P	1085.30	266.10	719.00	1540.00	1003.50	20
Pb	24.14	19.74	10.00	93.00	16.75	20
S	1330.95	414.86	882.00	2550.00	1210.00	20
Sb	<5.00	-	<5.00	<5.00	<5.00	20
Sc	<0.10	0.04	<0.10	0.13	<0.10	20
Si	163.56	69.87	44.90	325.00	185.50	20
Sr	10.60	7.86	3.02	38.80	8.56	20
Th	<3.00	-	<3.00	<3.00	<3.00	20
Ti	21.94	11.95	13.20	66.00	18.90	20
V	4.18	0.74	3.33	5.75	3.94	20
Y	0.14	0.06	<0.10	0.31	0.11	20
Zn	75.10	40.65	35.00	165.00	61.40	20

5.6. Humukset

Myös humuksessa Aijalan jätealueen pölyvaikutus näkyy vain aivan jätealueen reunoilla, kuten pallokartoista selvästi ilmenee (Aijala/Liite 6). Jakautuma vaikealiukoisten ja herkkäliukoisten pitoisuuksien välillä on toistensa kaltainen. Etäisin piste, missä metallipitoisuudet ovat vielä heikosti koholla, on noin 200 m jätealueen pohjoispuolella.

Aijalan aluella on kalliopaljastumia runsaasti ja maapeitteen vahvuus on pieni. Sammal- ja humusnäytteitä kerättyäessä myös alueen kivilaji merkittiin muistiin, jotta mahdollinen kallioperän vaikutus niiden koostumukseen selviäisi. Kolmea itäisintä näytteenottopistettä lukuunottamatta kivilaji muualla on kvartsi-maasälpäliusketta l. leptiittiä. Kaksi itäisintä pistettä sijoittuu gabron alueelle ja kolmanneksi itäisimmän kohdalla kivilaji on granodioriitti. Kuten pallokartoista selkeästi ilmenee, näiden pisteistä otettujen humus- ja sammalnäytteiden koostumus ei raskasmetallien ja rikin suhteen eroa leptiittialueen vastaavista. Myöskään muiden alkuaineiden kohdalla eroa ei ole havaittavissa.

Turun kaupungin alueen humuksiin verrattuna (Kohonen & Salminen 1993) maksimaaliset arseeni-, kadmium- ja rautapitoisuudet ovat Aijalan humuksissa korkeammat kuin vastaavat pitoisuudet Turussa. Maksimaaliset kupari- ja sinkkipitoisuudet ovat kummassakin samaa luokkaa. Lyijy, koboltti, kromi, nikkeli ja vanadiini saavat Turun humuksissa suurempia arvoja kuin Aijalassa. Myös pääkaupunkiseudulla (Mäkinen ym. 1991) maksimaaliset lyijypitoisuudet ovat suurempia kuin Aijalassa. Kadmium ja rauta saavat sensijaan Aijalassa suurempia arvoja kuin pääkaupunkiseudulla.

Taulukoissa Aijala/Taulukot 13 ja 14 on Aijalan humuksien alkuainepitoisuuksien tilastosuureita. Liitteessä Raportti/Liite 13 ovat taulukkoina herkkäliukoiset (201P) ja vaikealiukoiset (503P) pitoisuudet. Aijalan humuksien elohopeapitoisuudet ovat liitteessä Raportti/Liite 14.

Aijala/Taulukko 13. Humusten vaikealiukoiset alkuainepitoisuudet (ppm).

	keskiarvo	keski- hajonta	minimi	maksimi	mediaani	kpl
Al	3032.00	1742.01	1640.00	9240.00	2530.00	20
As	12.78	19.88	<3.00	81.80	5.40	20
B	3.46	1.05	<3.00	5.27	3.56	20
Ba	84.62	29.10	46.00	163.00	81.80	20
Ca	3968.00	977.90	1720.00	6400.00	4035.00	20
Cd	1.07	0.34	0.47	1.96	1.05	20
Co	1.45	1.18	0.66	5.79	1.10	20
Cr	4.54	2.26	2.97	13.50	4.09	20
Cu	25.37	18.00	8.18	68.00	18.75	20
Fe	6545.50	6320.91	2070.00	26900.00	4020.00	20
Hg	0.43	0.14	0.22	0.77	0.46	20
K	815.00	205.28	413.00	1240.00	857.50	20
La	4.63	2.30	2.51	11.00	4.10	20
Li	1.38	1.61	<0.60	7.58	0.91	20
Mg	868.80	705.51	382.00	2930.00	588.50	20
Mn	253.58	119.74	51.70	457.00	234.00	20
Mo	0.55	0.16	<0.50	0.82	0.52	20
Na	56.30	20.28	26.50	96.90	53.90	20
Ni	5.27	1.46	2.72	9.20	5.20	20
P	847.70	132.08	606.00	1090.00	867.50	20
Pb	108.63	45.77	54.70	252.00	97.20	20
S	2005.50	430.67	1230.00	3000.00	1880.00	20
Sb	<5.00	1.47	<5.00	5.61	<5.00	20
Sc	0.65	0.36	0.34	1.88	0.55	20
Si	203.42	47.44	98.40	277.00	199.00	20
Sr	19.51	5.87	8.89	32.20	18.85	20
Th	<3.00	0.65	<3.00	3.58	<3.00	20
Ti	191.33	101.88	89.60	541.00	164.50	20
V	12.56	3.86	7.88	23.60	11.75	20
Y	1.59	0.89	0.92	4.41	1.34	20
Zn	112.62	45.91	49.60	230.00	110.50	20

Aijala/Taulukko 14. Humusten herkkäliukoiset alkuainepitoisuudet (ppm).

	keskiarvo	keski- hajonta	minimi	maksimi	mediaani	kpl
Al	66.90	51.54	17.70	233.00	47.55	20
As	1.25	0.62	0.66	3.26	1.17	20
B	<0.10	0.03	<0.10	0.11	<0.10	20
Ba	14.05	5.19	7.10	24.00	13.60	20
Ca	1641.10	448.64	432.00	2630.00	1650.00	20
Cd	0.35	0.16	0.17	0.75	0.28	20
Co	0.19	0.25	0.06	1.17	0.12	20
Cr	0.09	0.05	<0.02	0.25	0.09	20
Cu	0.42	0.64	0.05	2.69	0.15	20
Fe	107.76	261.96	4.13	1110.00	18.40	20
K	518.00	138.18	257.00	768.00	484.00	20
Li	0.03	0.02	<0.02	0.06	0.02	20
Mg	249.30	52.31	137.00	346.00	254.00	20
Mn	114.67	60.80	16.80	234.00	106.50	20
Mo	<0.05	0.01	<0.05	0.06	0.05	20
Na	44.43	13.55	25.30	75.50	41.20	20
Ni	0.30	0.15	0.18	0.84	0.27	20
P	94.88	51.25	26.30	207.00	83.85	20
Pb	10.91	5.66	3.76	28.20	9.58	20
S	131.79	34.53	94.80	244.00	122.00	20
Sb	<0.50	-	<0.50	<0.50	<0.50	20
Sr	6.46	2.04	1.92	9.95	6.38	20
Ti	0.39	0.29	0.12	1.09	0.26	20
V	0.14	0.04	0.09	0.22	0.15	20
Zn	24.96	14.75	11.70	66.10	21.85	20

6. Yhteenveto

Aijalan kaivoksen rikastehiekka on hapettunut noin kahdenkymmenen vuoden ajan. Alue on osittain verhoiltu soralla, minkä ansiosta kasvillisuutta on jonkin verran levinnyt sen pohjois- ja länsiosiin. Alue on kuitenkin suurimaksi osaksi täysin paljaana ja niiltä osin se on päässyt hapettumaan vapaasti. Jätealue on padottu laaksoon. Pato on myöhemmin kaivettu auki jätealueen kautta tulevan puron kohdalta. Alueen eteläosissa on rikastehiekan päällä lammikoita, joiden alla hapettumista ei juurikaan ole tapahtunut. Muualla hapettuneen pintakerroksen vahvuutta on vaikea arvioida, koska kairaustiedot niiltä osin puuttuvat. Jätealueen keskellä olevan kuivuneen sulavesiuoman reunoilla, mistä otettiin tätä tutkimusta varten profiilinäyte, hapettuneen pintakerroksen vahvuus on 40 cm, muualla jonkin verran enemmän. Aivan jätealueen reunoja lukuunottamatta hapettuneen kerroksen vahvuus tuskin missään ylittää metriä.

Hapettuneesta rikastehiekasta on magneettikiisu rapautunut lähes kokonaan. Muita sulfideja, kuten rikkikiisua ja kuparikiisua, siinä on jonkin verran, mutta ne eivät ole rapautuneet läheskään yhtä paljon kuin magneettikiisu. Rikastehiekka on alunperin sisältänyt karbonaatteja, ja ne ovat yhä jäljellä pohjaveden pinnan alapuolisessa hapettumattomassa osassa. Rikastehiekan hapettuneesta pintakerroksesta ne ovat hävinneet kokonaan. Rapautumisprosessin yhteydessä muodostuneista sekundäärisistä mineraaleista tunnistettiin kipsi. Hapettuneen hiekan silikaattimineraalit ovat optisesti vaikeasti tunnistettavissa, koska niissä on runsas rautahydroksidipigmentti. Rapautumattoman osan silikaattirakeista tämä pigmentti puuttuu.

Karbonaattien loppumisen myötä Aijalan rikastehiekan puskurikyky kiisujen rapautumisessa syntyviä happoja vastaan on loppunut. Samalla hiekan läpi virtaavat suotovedet ovat muuttuneet happamiksi, jolloin niihin on voinut liueta raskasmetalleja. Alhaisimmaksi pH-arvoksi rikastehiekan hapettuneesta kerroksesta saatiin 2,55, kun pohjaveden pinnan alla rikastehiekka oli lievästi emäksistä pH:n ollessa korkeimmillaan 8,06. Hapettuneesta kerroksesta arseeni, kadmium, kupari, mangaani, rikki ja sinkki ovat jossain määrin lienneet pois. Samoin alumiini ja fosfori ovat hapettuneessa kerroksessa alhaisemmat kuin muuttumattomassa kerroksessa. Sensijaan rauta- ja lyijypitoisuuksissa muutos ei ole yhtä selvä. Elohopea on rikastunut hapettuneeseen kerrokseen. Hapettuneessa kerroksessa on tapahtunut paitsi uuttumista myös samojen alkuaineiden saostumista toisiin horisontteihin, kuten profiilinäytteistä selvästi ilmenee.

Hapanta sadevettä simuloivalla uuttoliuksella pyrittiin selvittämään jätteestä mahdollisesti ympäristöön leviäviä päästöjä. Kokeessa uuttoliuksen pH muuttui hapettuneissa näytteissä 4,5:stä 2,6:een, mutta hapettumattomassa näytteessä muutos oli päinvastainen 4,5:stä 6,5:een. Alhaisen pH:n liuksissa raskasmetallipitoisuudet olivat selvästi korkeammat kuin hapettumattoman näytteen korkeamman pH:n liuksissa. Poikkeuksen muodosti arseeni, jonka määrä jäi kaikkien näytteiden sadevesiuuttoliuksissa alle määritysrajan, vaikka sitä niissä onkin vaikealiukoisessa muodossa.

Pintavesinäytteiden perusteella jätealueen lammen ja siitä lähtevän ojan vesi on selvästi hapanta. Syksyllä 1992 lammen veden pH oli 4,6, laskuojan alussa veden pH oli 4,9 ja lopussa 5,8. Myös alkaliteetti oli alhaisimmillaan jätealueen lammessa ja kasvoi kohti laskuojan suuta. SO_4 , sähkönjohtavuus ja useimmat metallipitoisuudet saivat suurimmat arvonsa laskuojan alussa. Lyijy-

pitoisuus oli selvästi suurin jätealueen lammen vedessä. Jätealueelta tulevan veden vaikutus on heikosti havaittavissa Kiskonjoen veden laadussa vielä noin 1 km alavirtaan laskuojasta. Jätealueen lampi ja siitä lähtevä laskuoja eivät ole käyttökelpoisia talousvedeksi, koska niissä alumiini, kadmium, rauta, mangaani, sinkki, KMnO_4 ja SO_4 ylittävät lääkintöhallituksen asettamat rajat ja koska niiden pH on liian alhainen. Vuodesta 1972 laskuojan vesi on muuttunut selvästi happamammaksi johtuen jätealueelta tulevasta happamista suotovesistä. SO_4 -pitoisuus on selvästi kohonnut sekä laskuojan alussa että lopussa. Kiskonjokeen joutuvat kupari- ja lyijymäärät ovat sensijaan hieman laskeneet. Sinkkiä joutuu laskuojaan entistä enemmän, mutta Kiskonjokeen saakka sitä menee entisen suuruisia määriä. Myös rautaa on laskuojan vedessä sen alussa entistä enemmän, mutta se pidättyy suureksi osaksi laskuojaan.

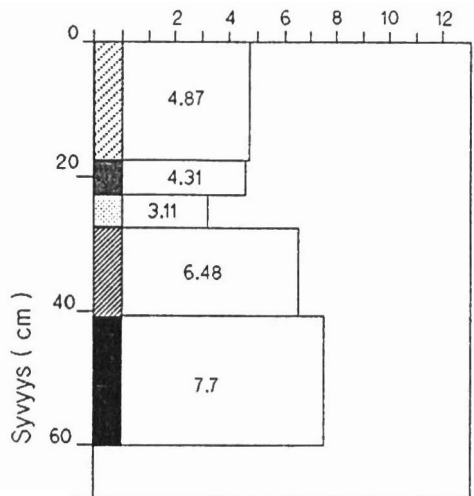
Orgaanisten sedimenttien koostumuksessa jätealueen vaikutus näkyy erittäin selvästi. Jätealueen lammesta ja laskuojasta otetuissa näytteissä sekä herkkä- että vaikealiukoinen rikki, rauta, kupari, sinkki, lyijy, kadmium ja arseeni ovat selvästi rikastuneet. Myös elohopea on korkeimmillaan jätealueen lammen ja laskuojan sedimenteissä. Laskuojan vaikutus Kiskonjoen orgaanisiin sedimentteihin näkyy vielä noin 6 km:n päässä laskuojasta, mutta ei minkään alkuaineen kohdalla enää 20 km:n päässä. Alumiini, kupari, kromi ja rauta ovat selvästi rikastuneet laskuojan suun orgaanisiin sedimentteihin, missä laskuojan hapan vesi sekoittuu Kiskonjokeen.

Sammal- ja humusnäytteiden perusteella Aijalan jätealueen pölyvaikutukset rajoittuvat aivan jätealueen reunamille kauimmillaan 200-300 metrin päähän siitä. Humusten elohopeapitoisuuksissa on tosin havaittavissa heikkoa tason nousua vielä noin 600 m etelään jätealueesta, mutta selvästi jätealueesta aiheutuva nousu myös elohopepitoisuuksissa rajoittuu aivan jätealueen reunoille.

AIJALA/LIITE 1/RIKASTEJÄTE

pH, KCl-uuttoliuos

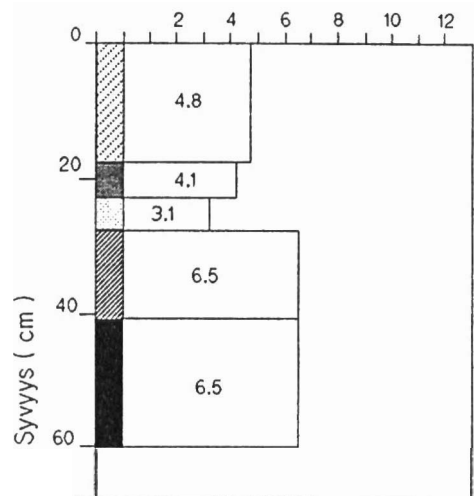
AIJALA, RIKASTEJÄTE



Ylin, voimakkaasti hapettunut kerros
Heikosti hapettunut kerros
Voimakkaasti hapettunut kerros
Heikosti hapettunut kerros
Muuttumaton kerros

pH, sadevesiuuttoliuos

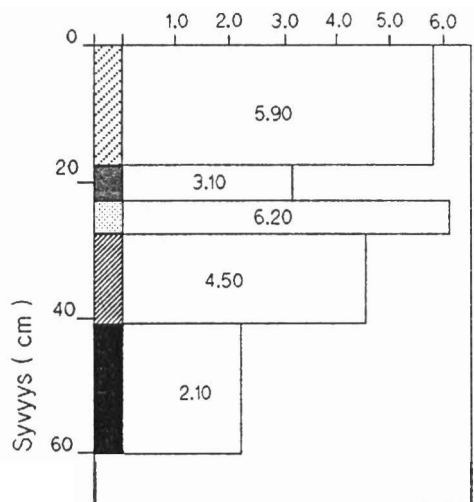
AIJALA, RIKASTEJÄTE



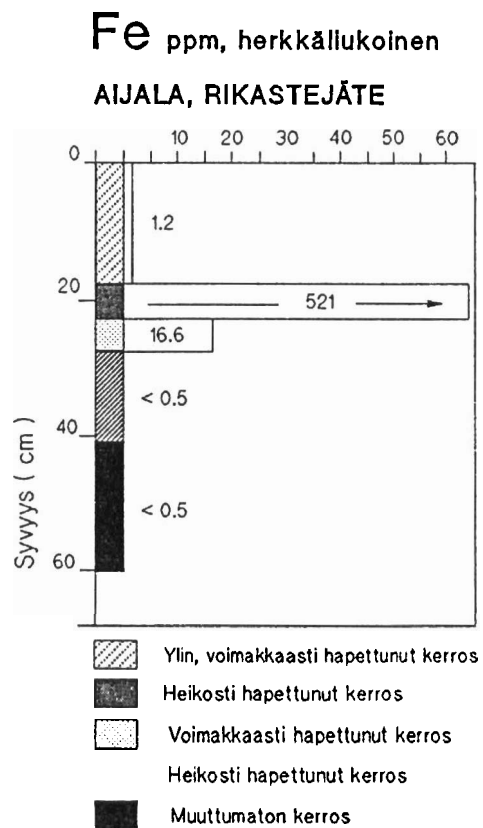
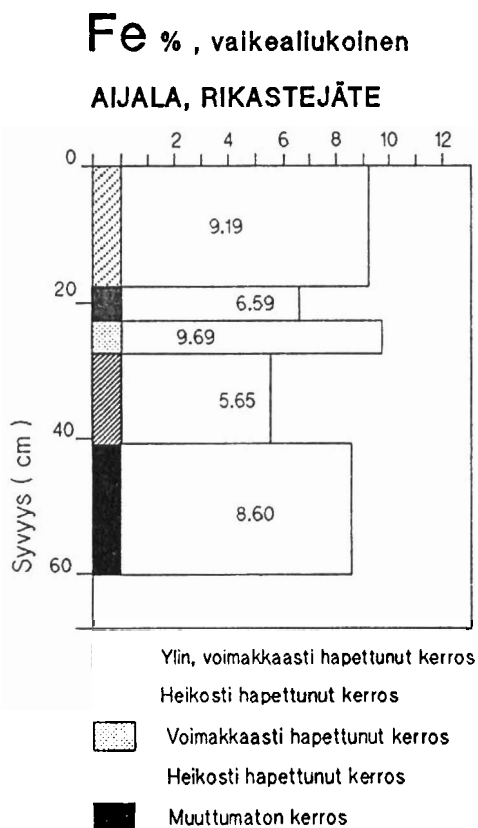
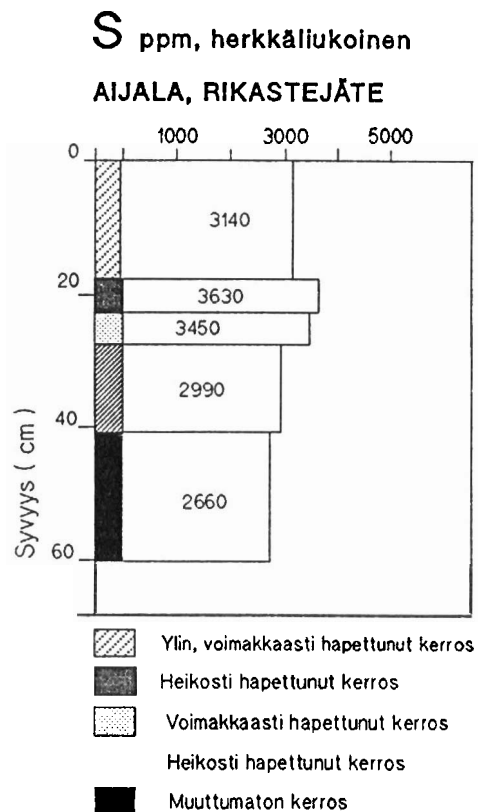
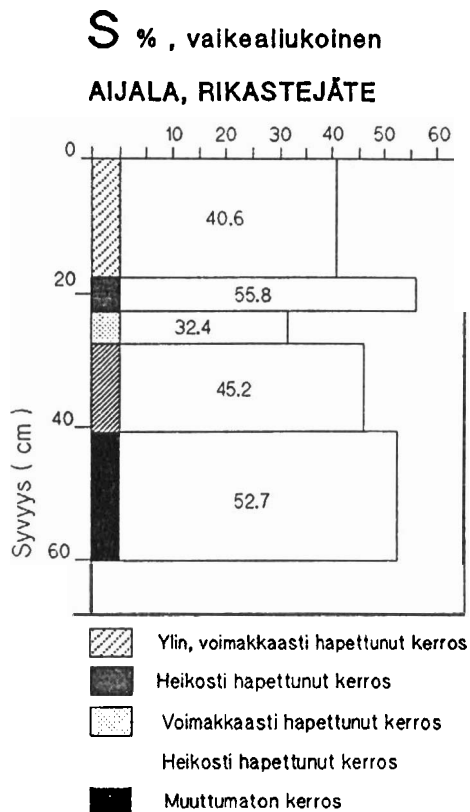
Ylin, voimakkaasti hapettunut kerros
Heikosti hapettunut kerros
Voimakkaasti hapettunut kerros
Heikosti hapettunut kerros
Muuttumaton kerros

Hg ppm, vaikealiukoinen

AIJALA, RIKASTEJÄTE

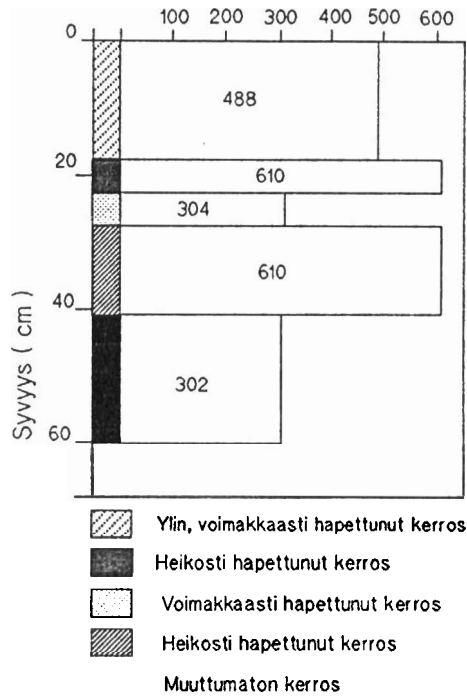


Ylin, voimakkaasti hapettunut kerros
Heikosti hapettunut kerros
Voimakkaasti hapettunut kerros
Heikosti hapettunut kerros
Muuttumaton kerros



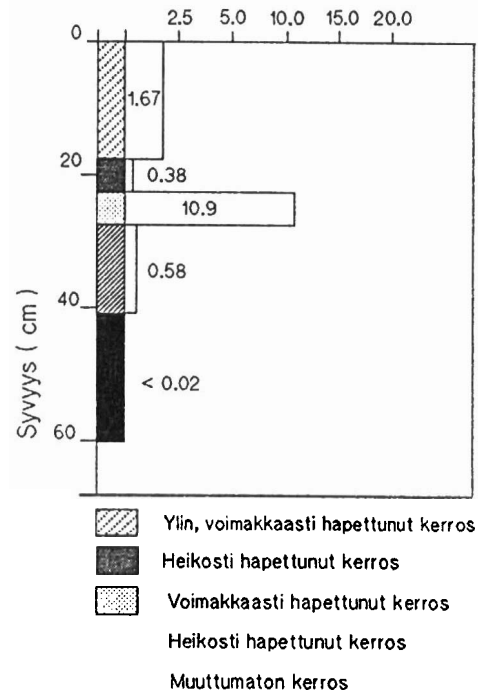
Cu ppm, vaikealiukoinen

AIJALA, RIKASTEJÄTE



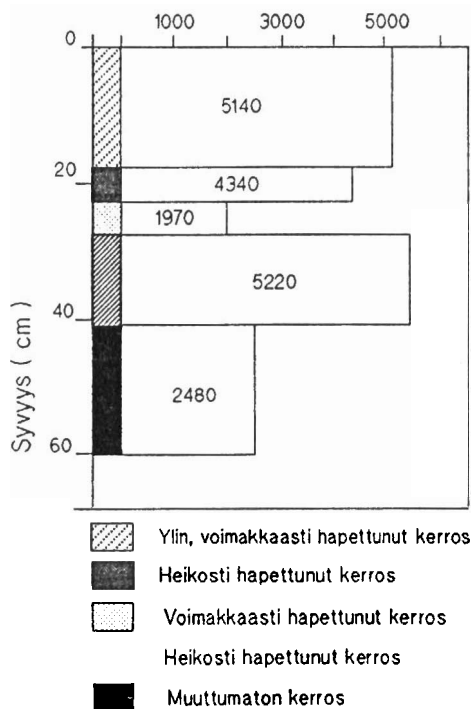
Cu ppm, herkkäliukoinen

AIJALA, RIKASTEJÄTE



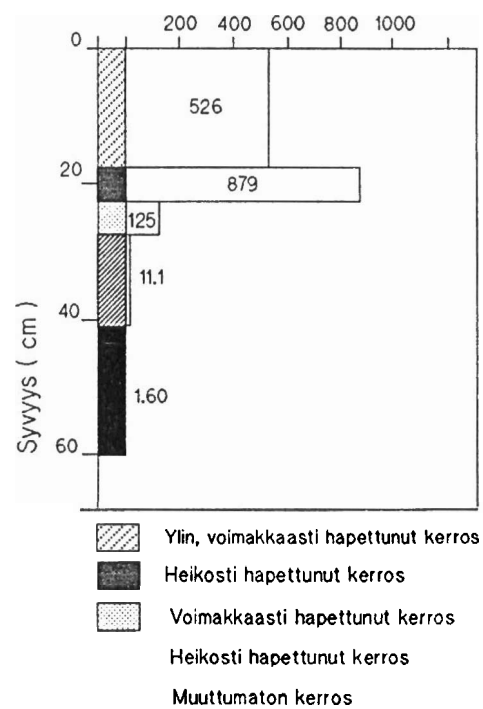
Zn ppm, vaikealiukoinen

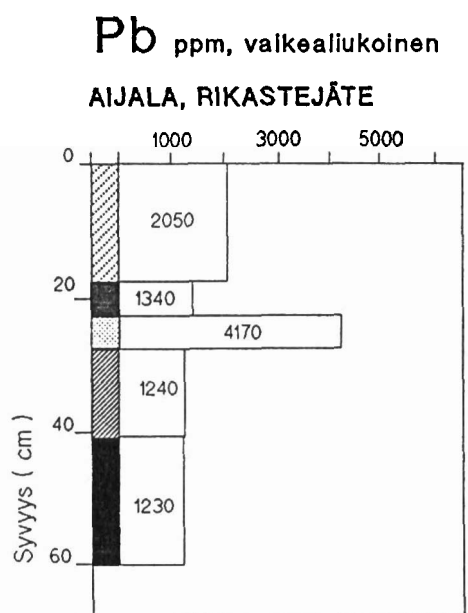
AIJALA, RIKASTEJÄTE



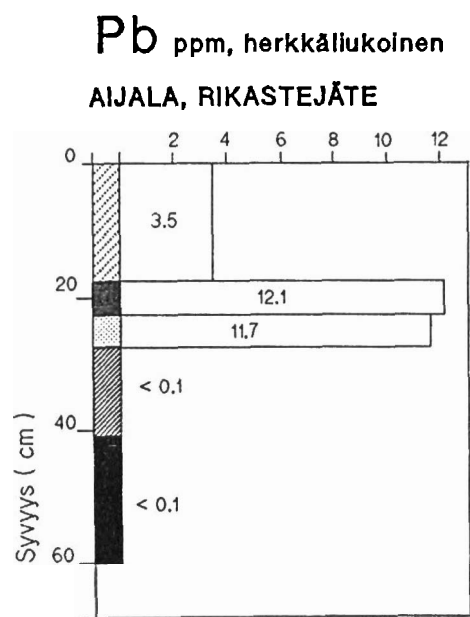
Zn ppm, herkkäliukoinen

AIJALA, RIKASTEJÄTE

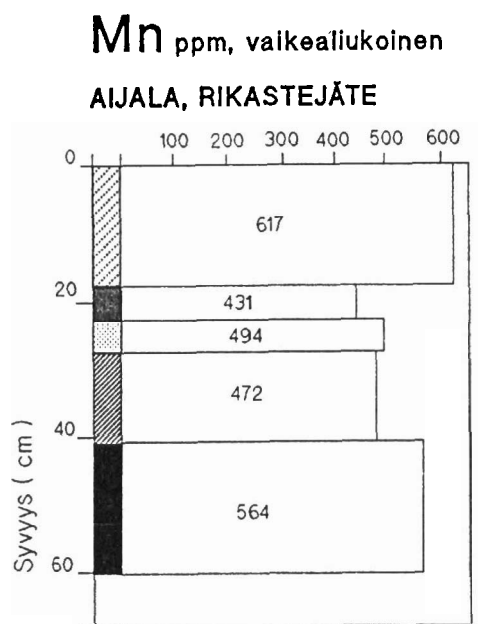




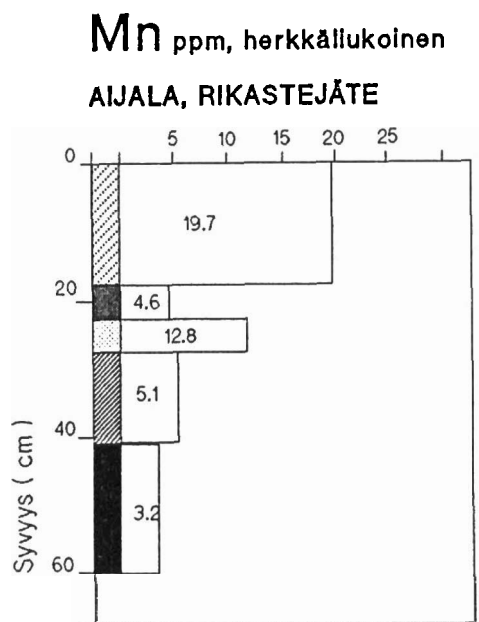
Ylin, voimakkaasti hapettunut kerros
Heikosti hapettunut kerros
Voimakkaasti hapettunut kerros
Heikosti hapettunut kerros
Muuttumaton kerros



Ylin, voimakkaasti hapettunut kerros
Heikosti hapettunut kerros
Voimakkaasti hapettunut kerros
Heikosti hapettunut kerros
Muuttumaton kerros



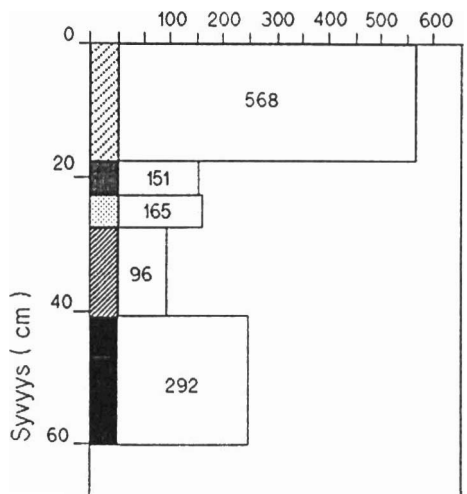
Ylin, voimakkaasti hapettunut kerros
Heikosti hapettunut kerros
Voimakkaasti hapettunut kerros
Heikosti hapettunut kerros
Muuttumaton kerros



Ylin, voimakkaasti hapettunut kerros
Heikosti hapettunut kerros
Voimakkaasti hapettunut kerros
Heikosti hapettunut kerros
Muuttumaton kerros

As ppm, vaikealiukoinen

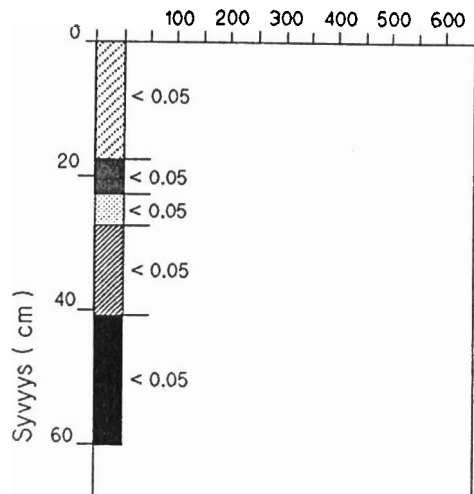
AIJALA, RIKASTEJÄTE



- Ylin, voimakkaasti hapettunut kerros
- Heikosti hapettunut kerros
- Voimakkaasti hapettunut kerros
- Heikosti hapettunut kerros
- Muuttumaton kerros

As ppm, herkkäliukoinen

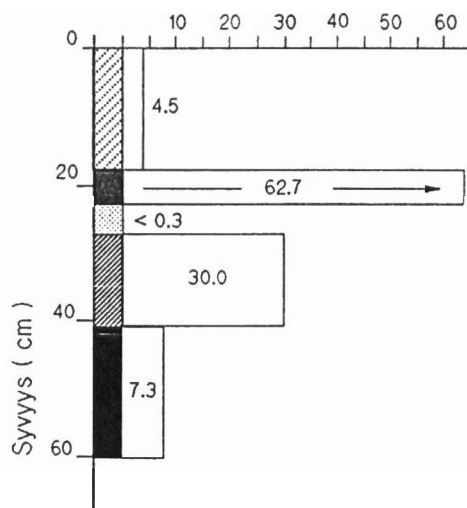
AIJALA, RIKASTEJÄTE



- Ylin, voimakkaasti hapettunut kerros
- Heikosti hapettunut kerros
- Voimakkaasti hapettunut kerros
- Heikosti hapettunut kerros
- Muuttumaton kerros

Cd ppm, vaikealiukoinen

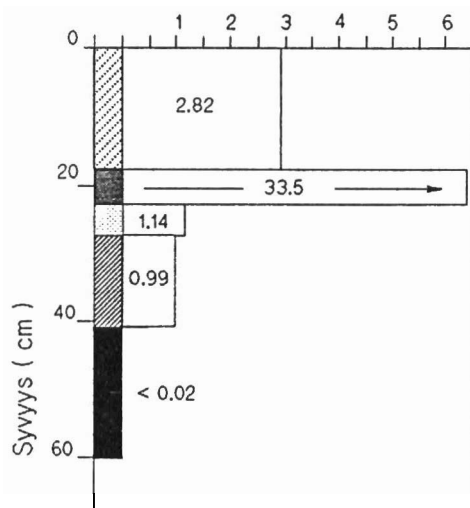
AIJALA, RIKASTEJÄTE



- Ylin, voimakkaasti hapettunut kerros
- Heikosti hapettunut kerros
- Voimakkaasti hapettunut kerros
- Heikosti hapettunut kerros
- Muuttumaton kerros

Cd ppm, herkkäliukoinen

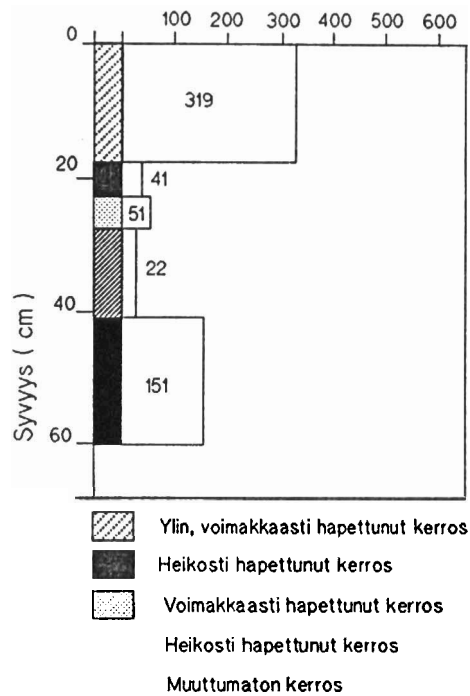
AIJALA, RIKASTEJÄTE



- Ylin, voimakkaasti hapettunut kerros
- Heikosti hapettunut kerros
- Voimakkaasti hapettunut kerros
- Heikosti hapettunut kerros
- Muuttumaton kerros

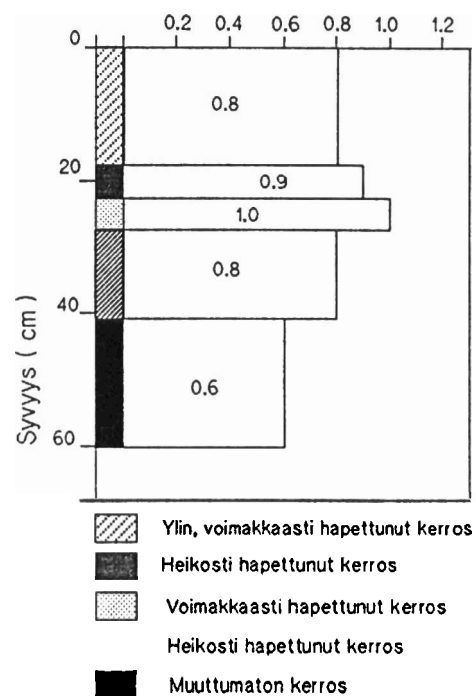
P ppm, vaikeallukoinen

AIJALA, RIKASTEJÄTE



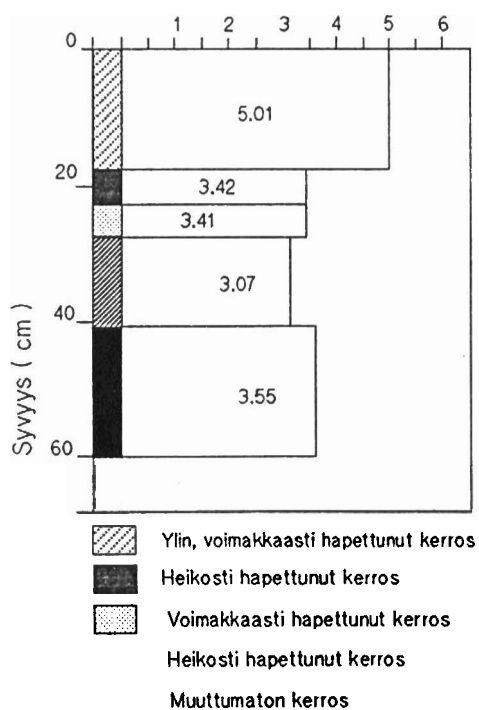
P ppm, herkkäliukoinen

AIJALA, RIKASTEJÄTE



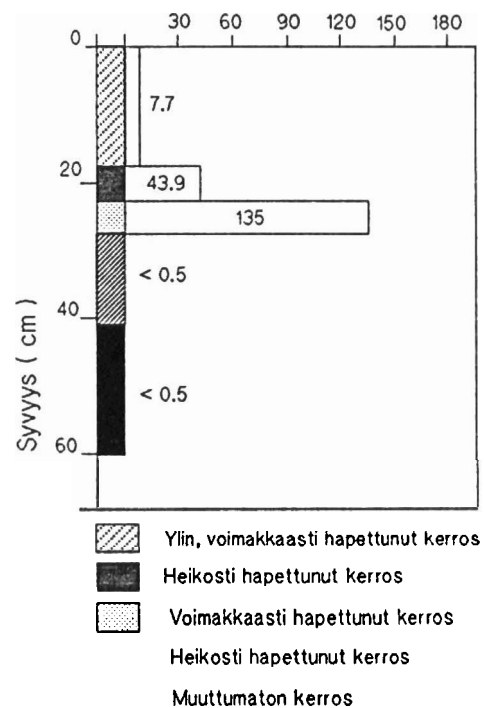
Al %, vaikeallukoinen

AIJALA, RIKASTEJÄTE

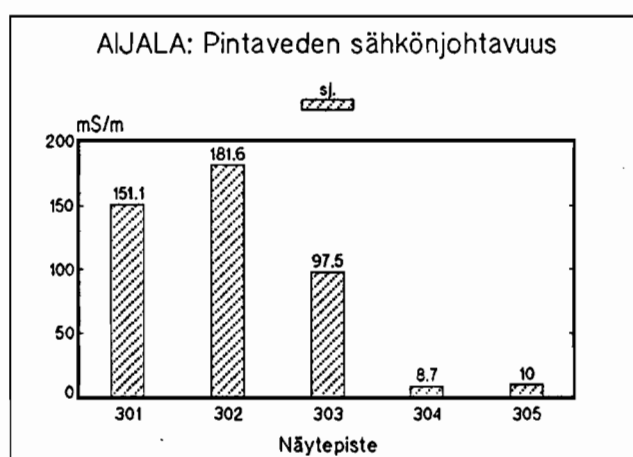
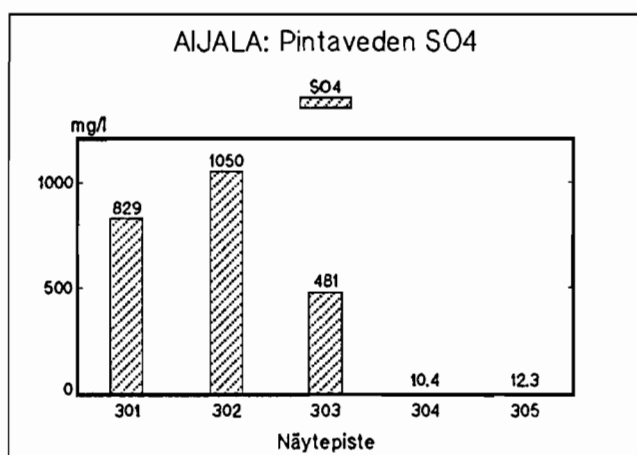
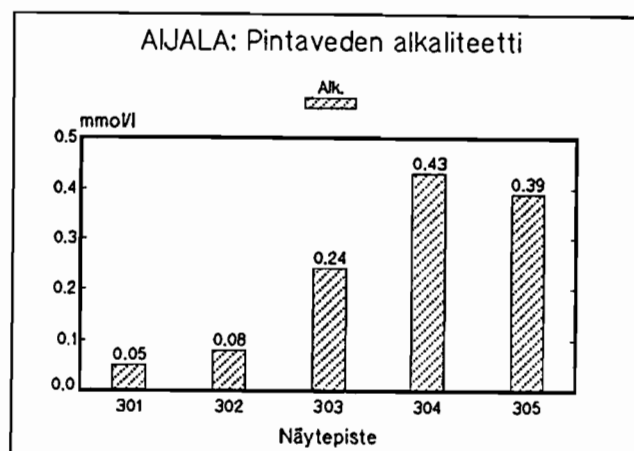
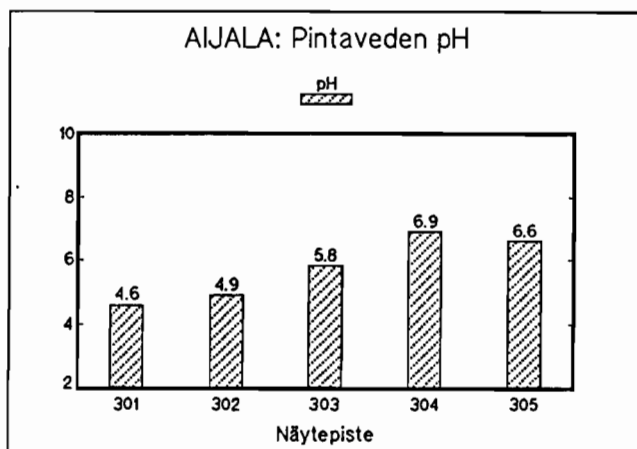


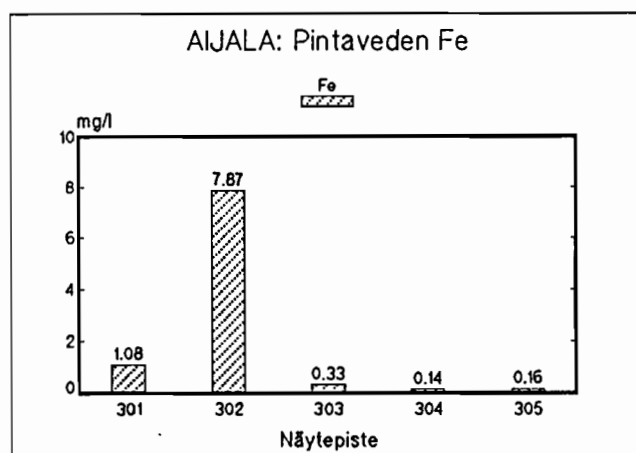
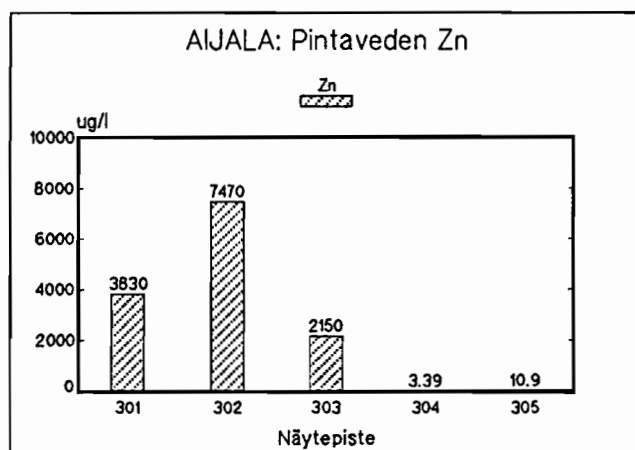
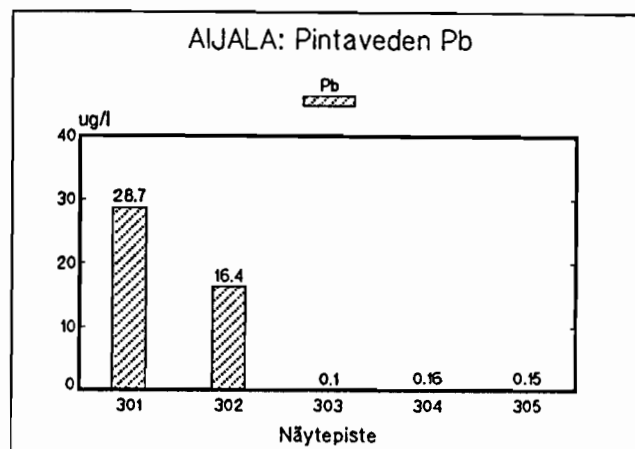
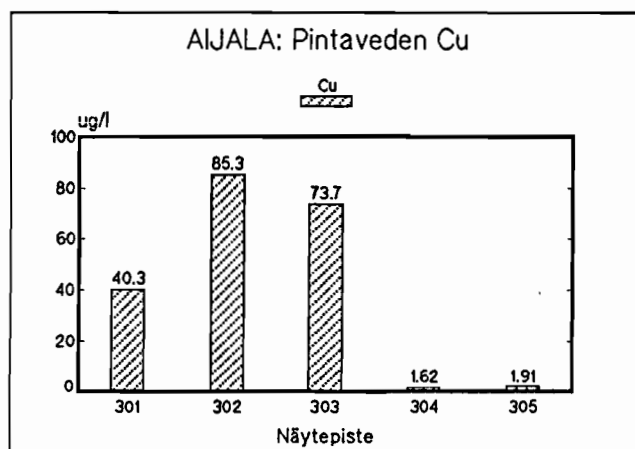
Al ppm, herkkäliukoinen

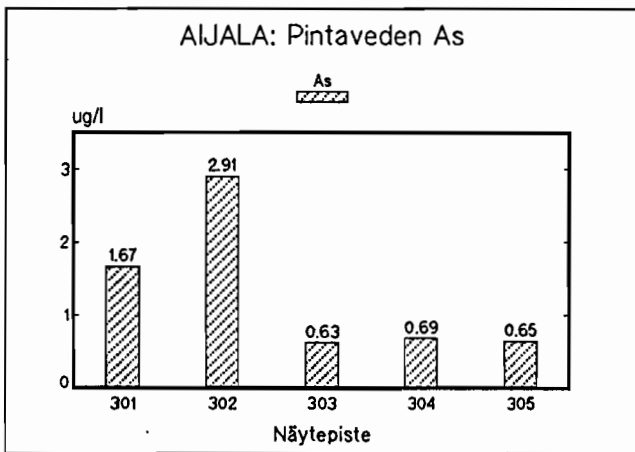
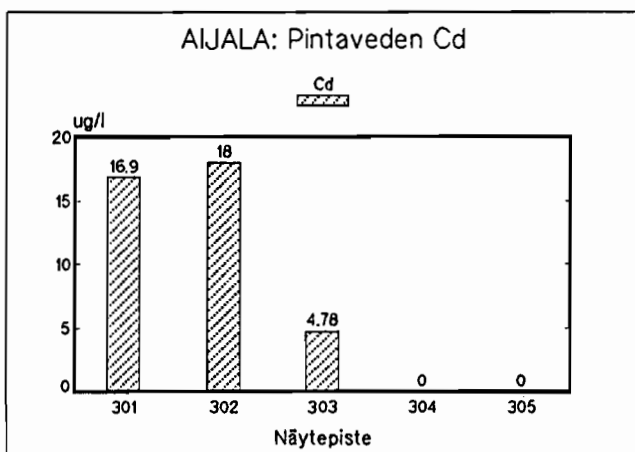
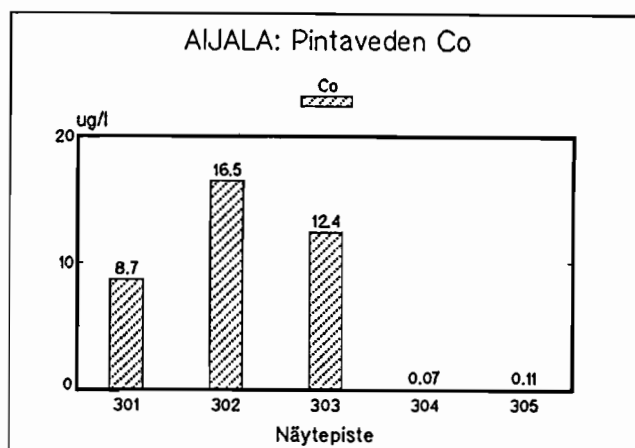
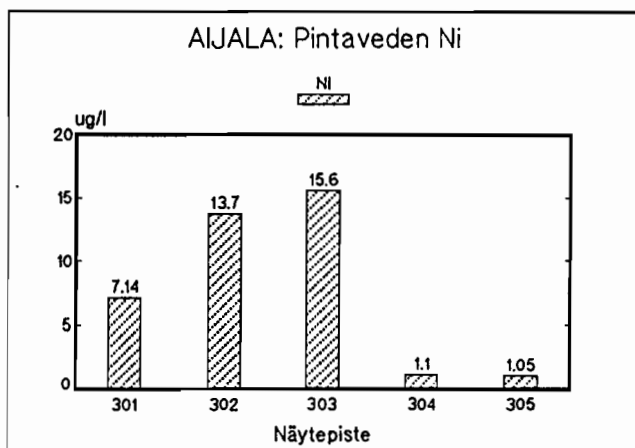
AIJALA, RIKASTEJÄTE

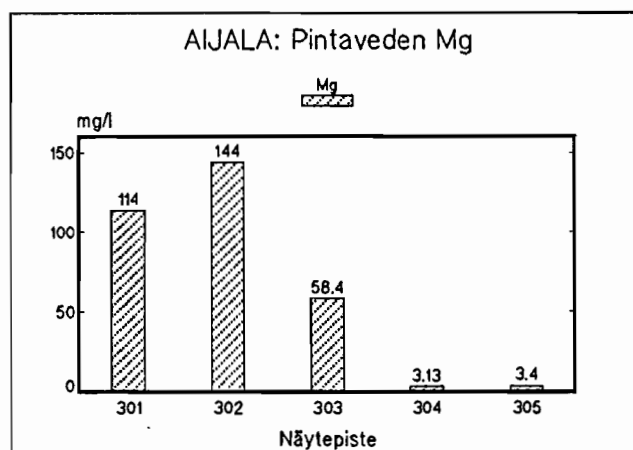
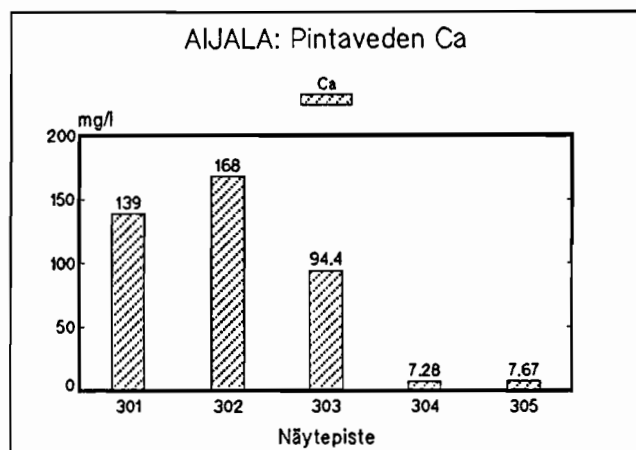
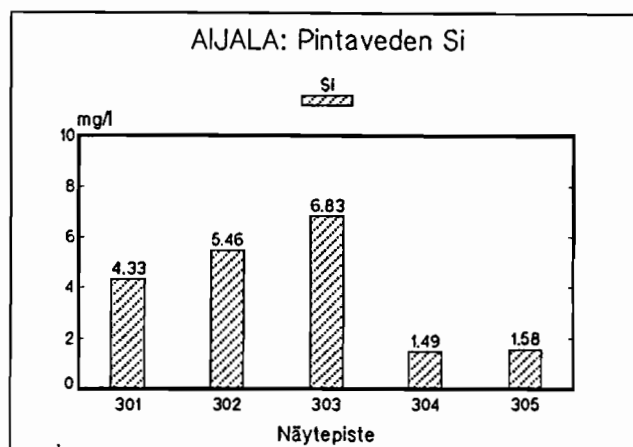
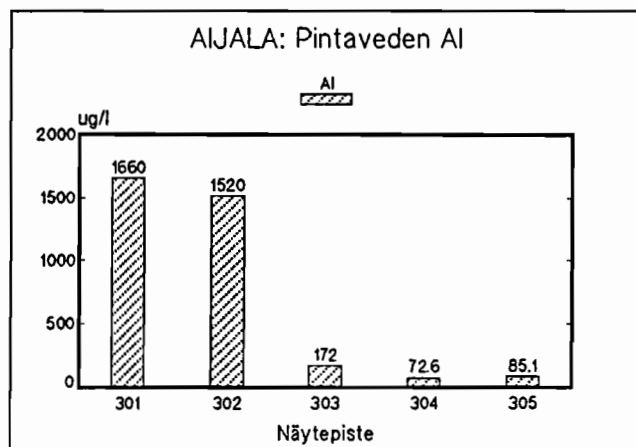


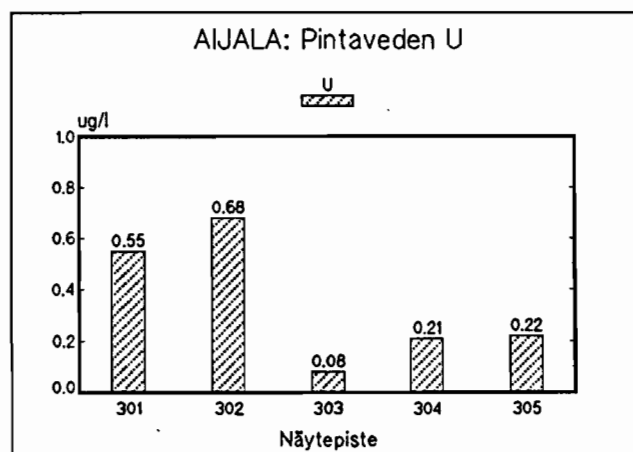
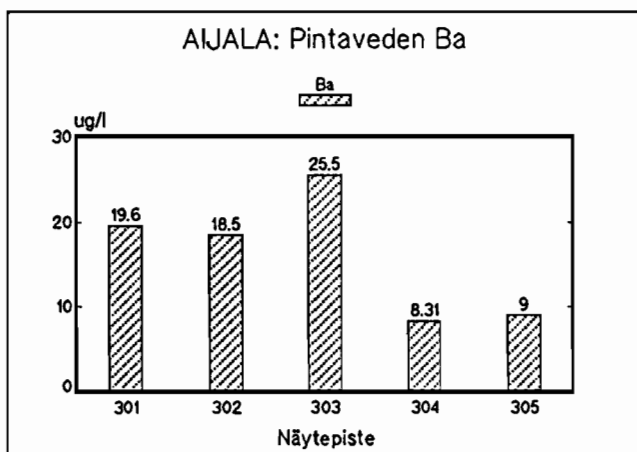
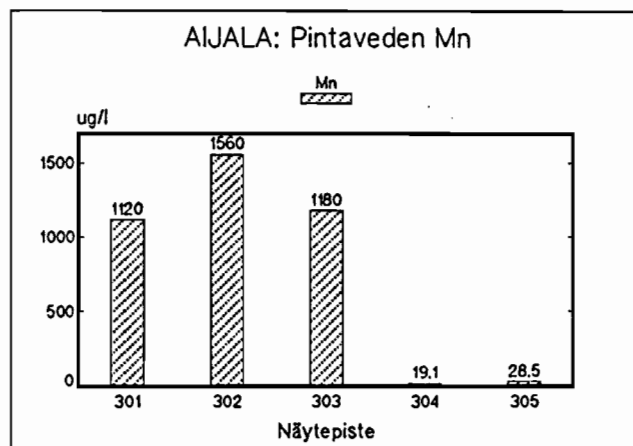
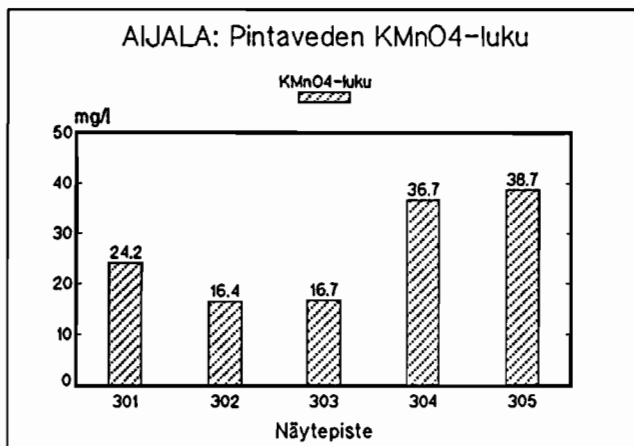
AIJALA/LIITE 2/PINTAVESI 1



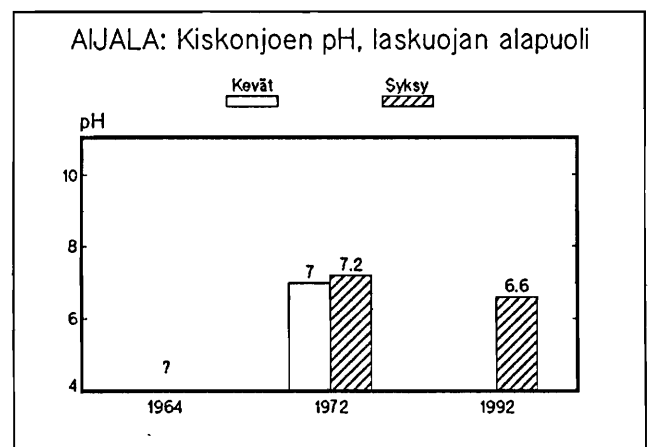
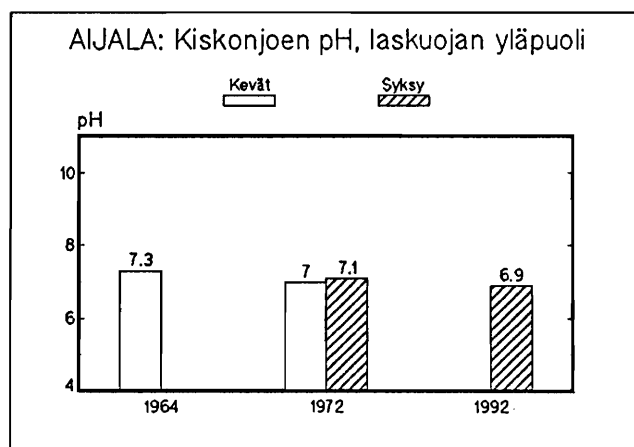
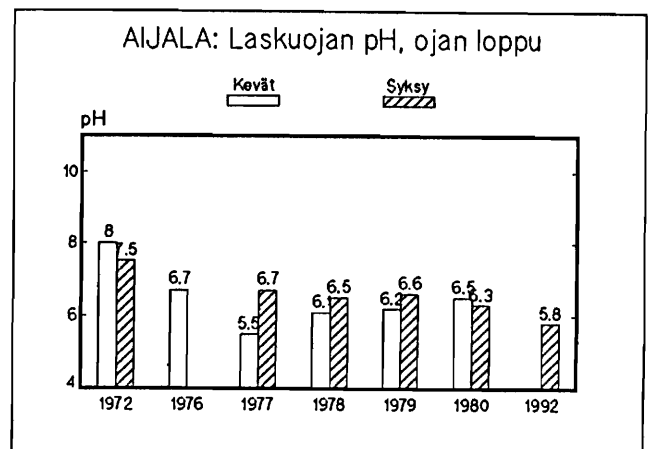
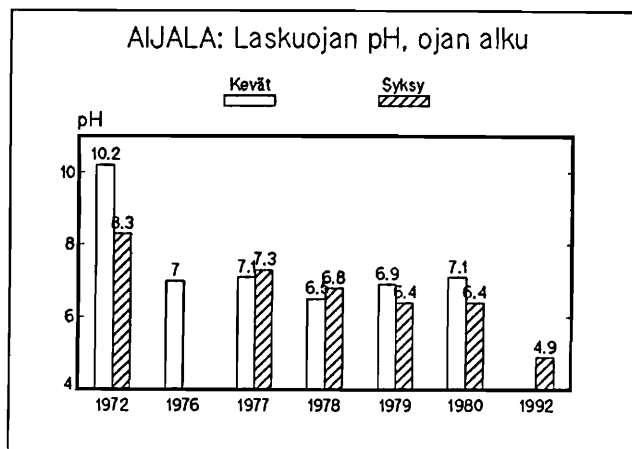


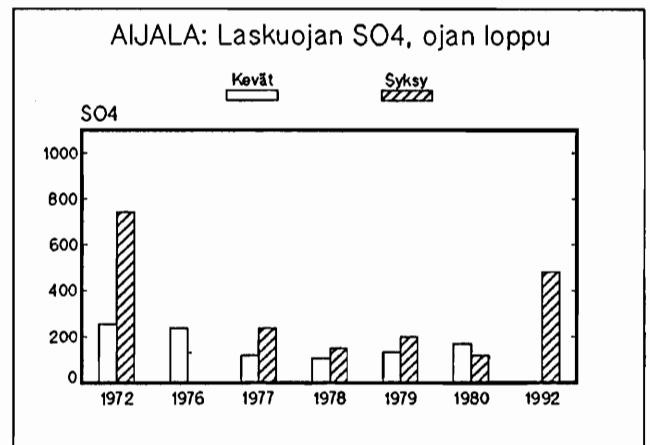
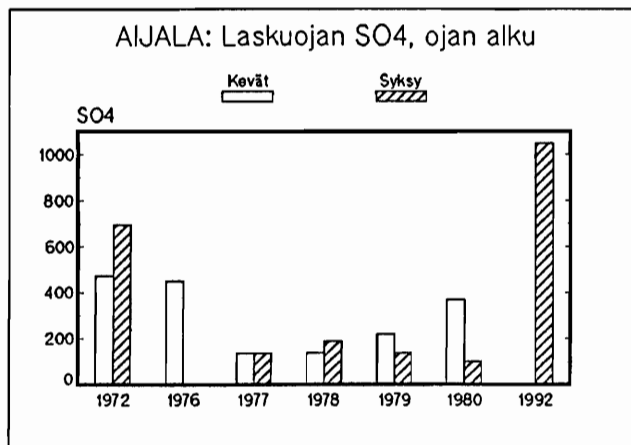




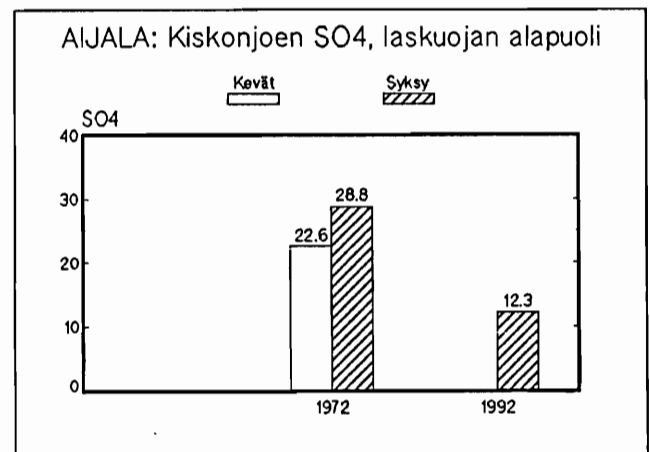
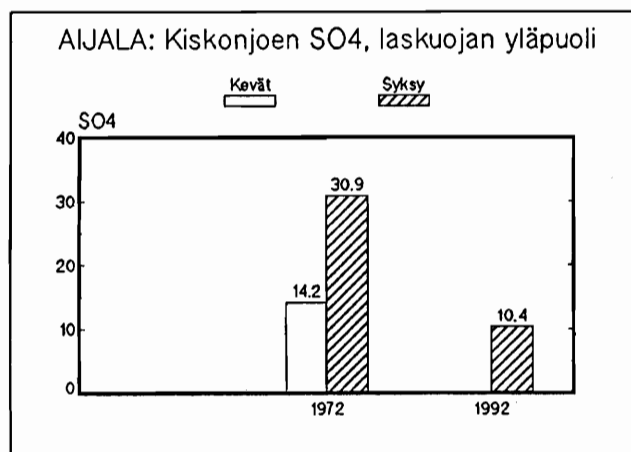


AIJALA/LIITE 3/PINTAVESI 2

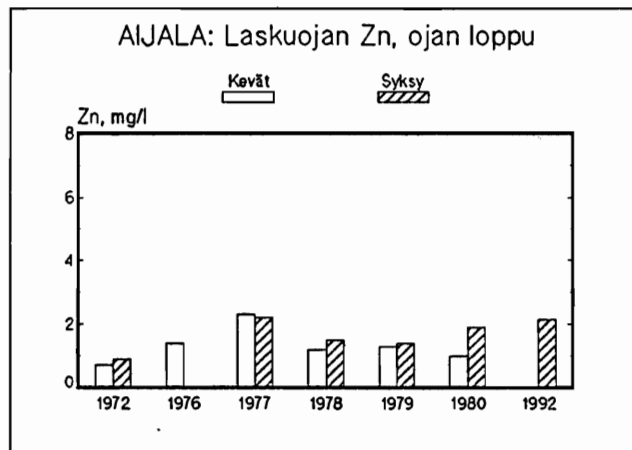
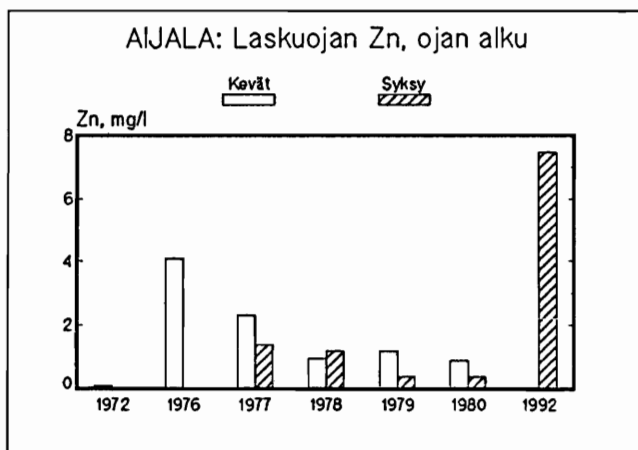
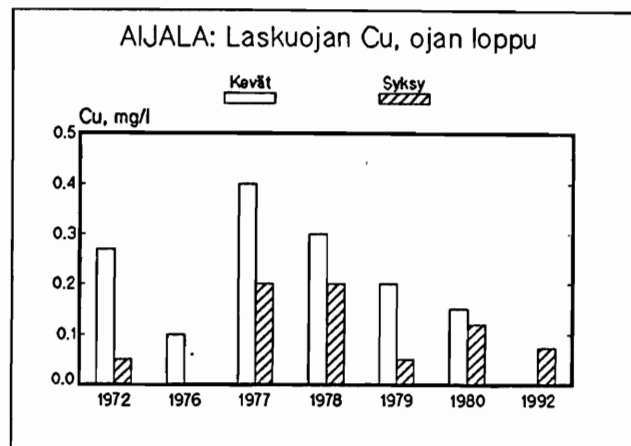
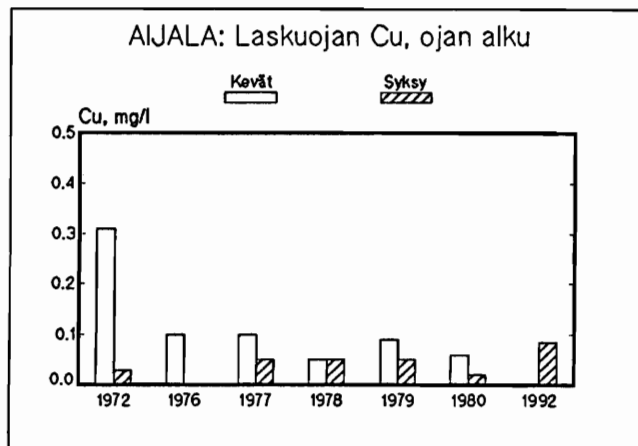


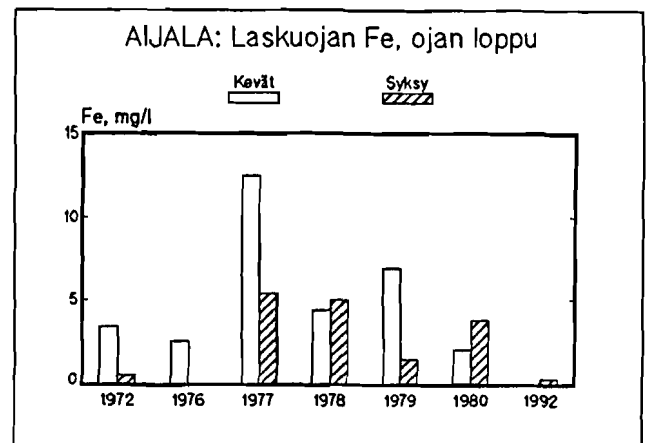
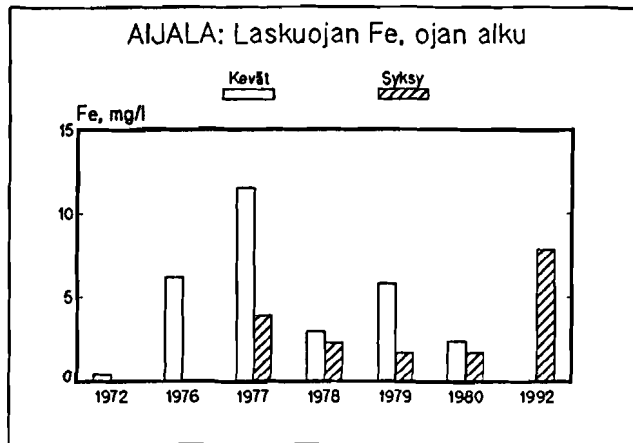


c

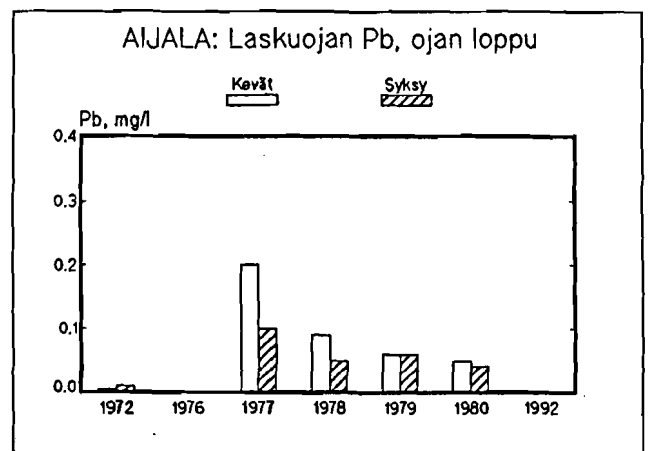
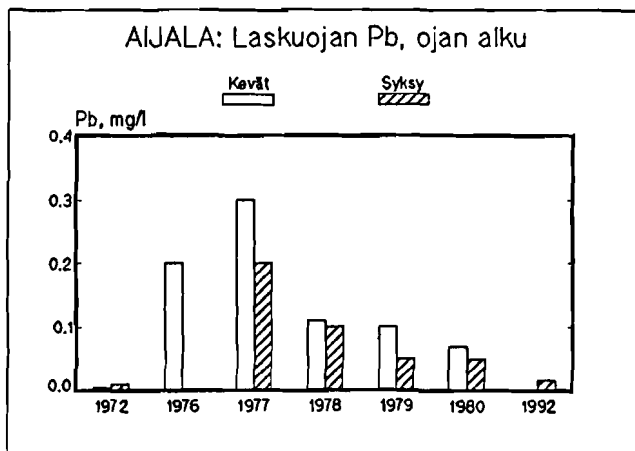


d





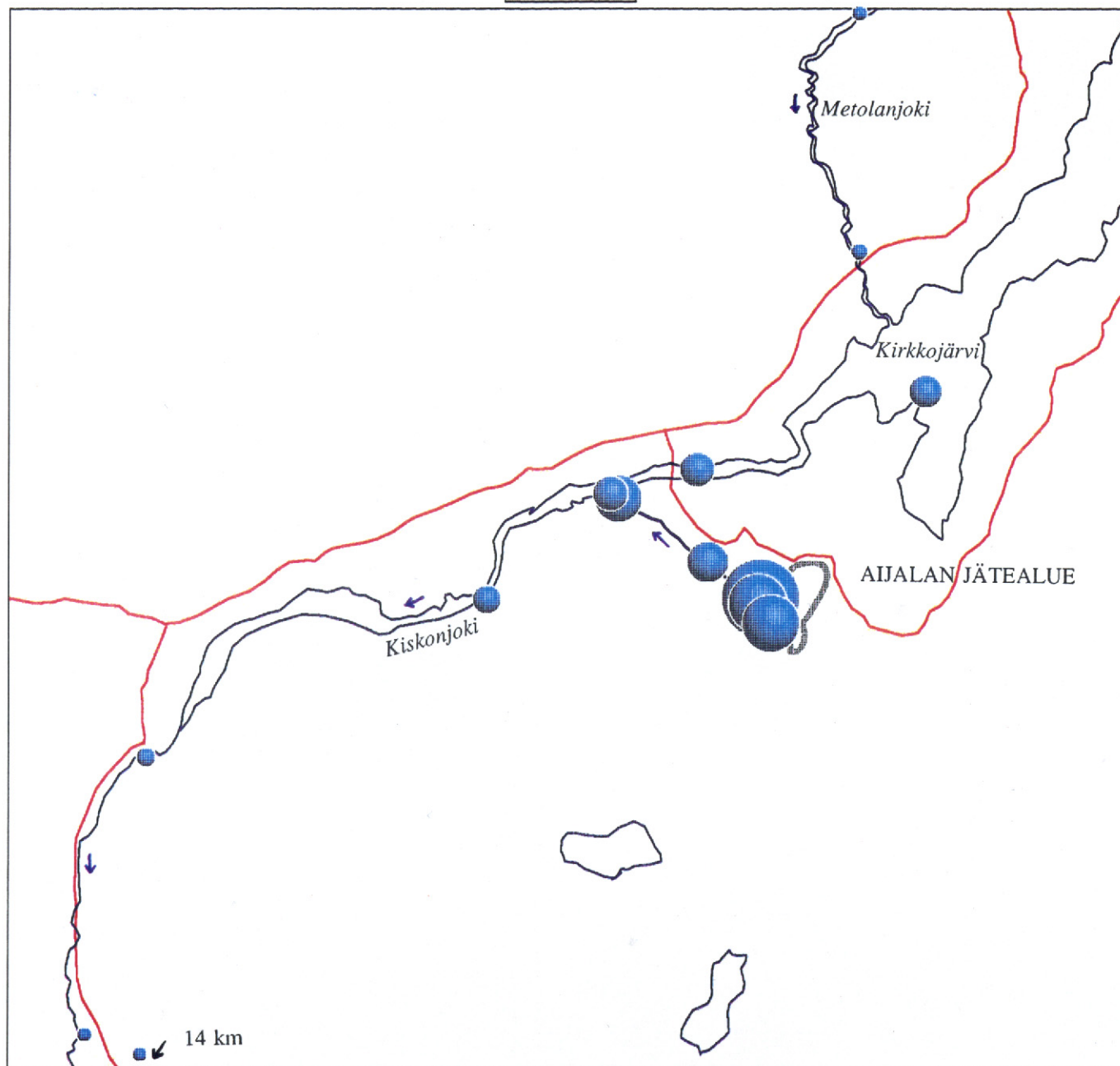
9



k

AIJALA/LIITE 4/ORGAANISET SEDIMENTIT

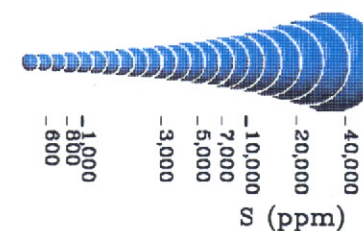
1 km



AIJALA ORGAANISET SEDIMENTIT

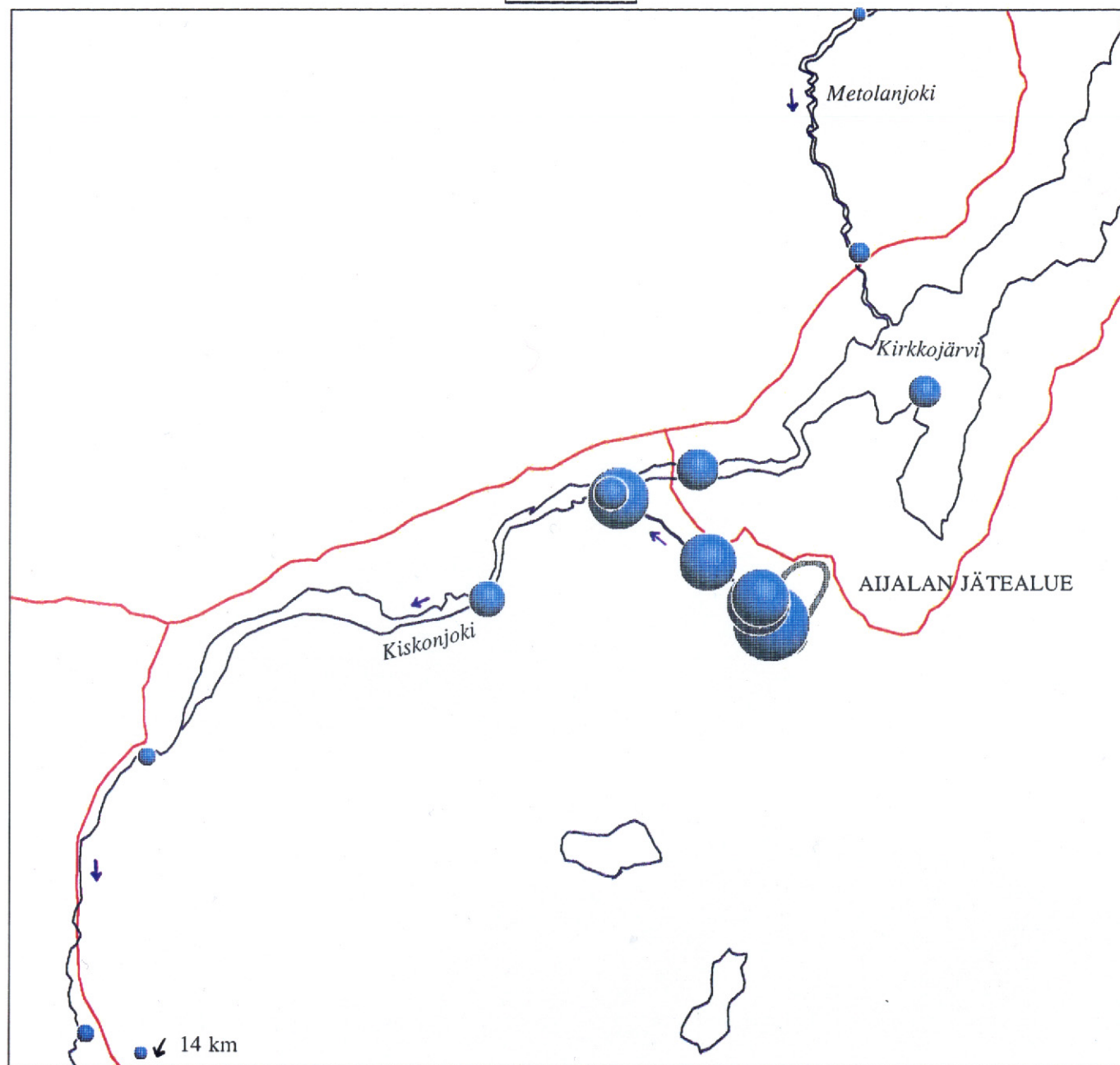
S

vaikealiukoinen pitoisuus (503P)
1 : 40 000
Pistelukumäärä: 14



Piirretty: 28.10.1993 GTK

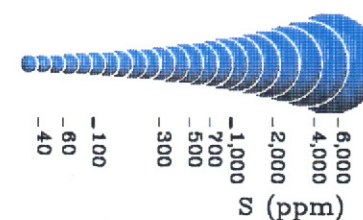
1 km



AIJALA ORGAANISET SEDIMENTIT

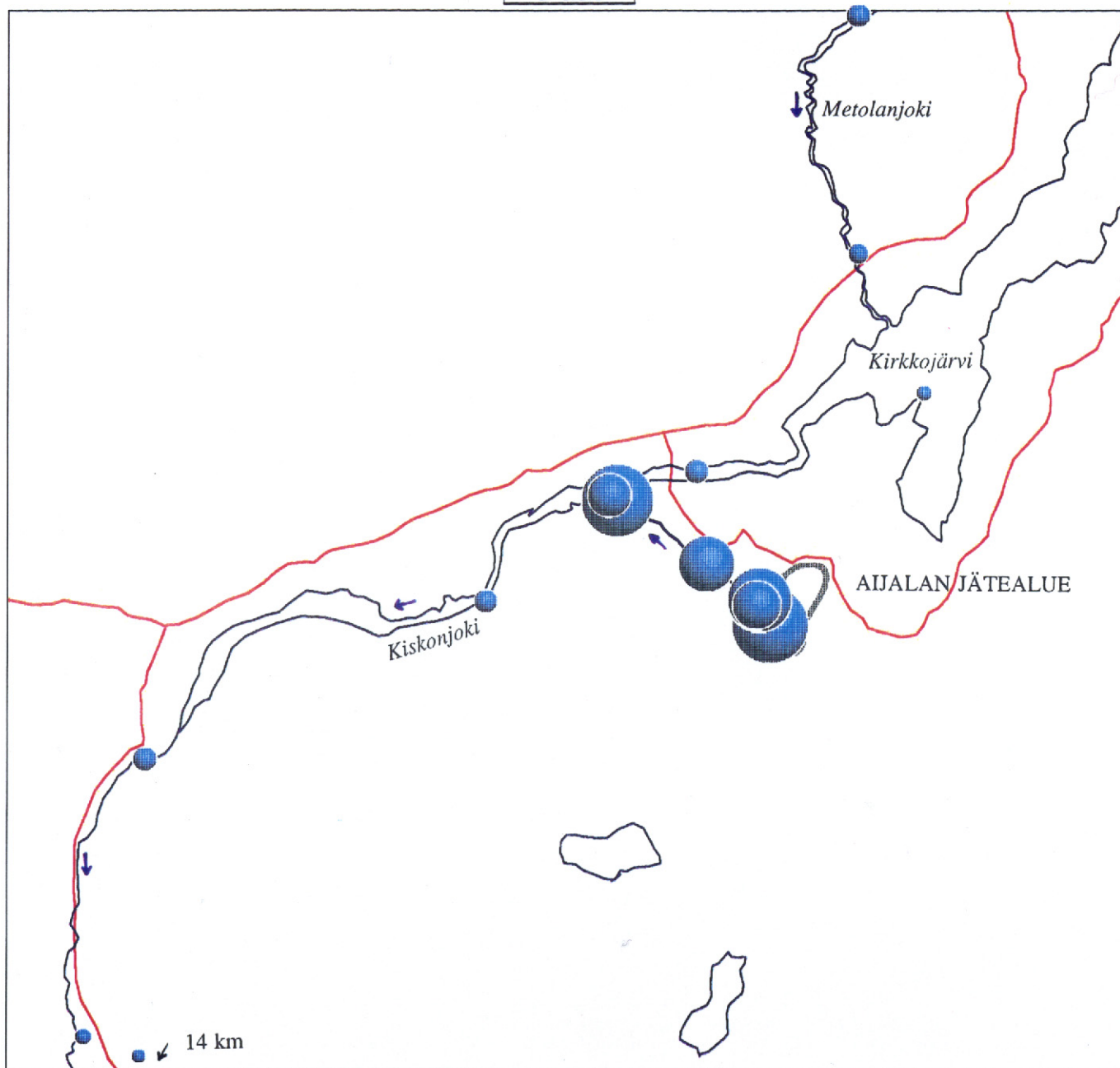
S

helppoliukoinen pitoisuus (201P)
1 : 40 000
Pistelukumäärä: 14



Piirretty: 22.10.1993 GTK

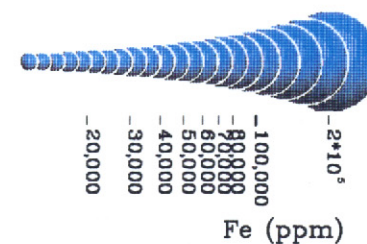
1 km



AIJALA ORGAANISET SEDIMENTIT

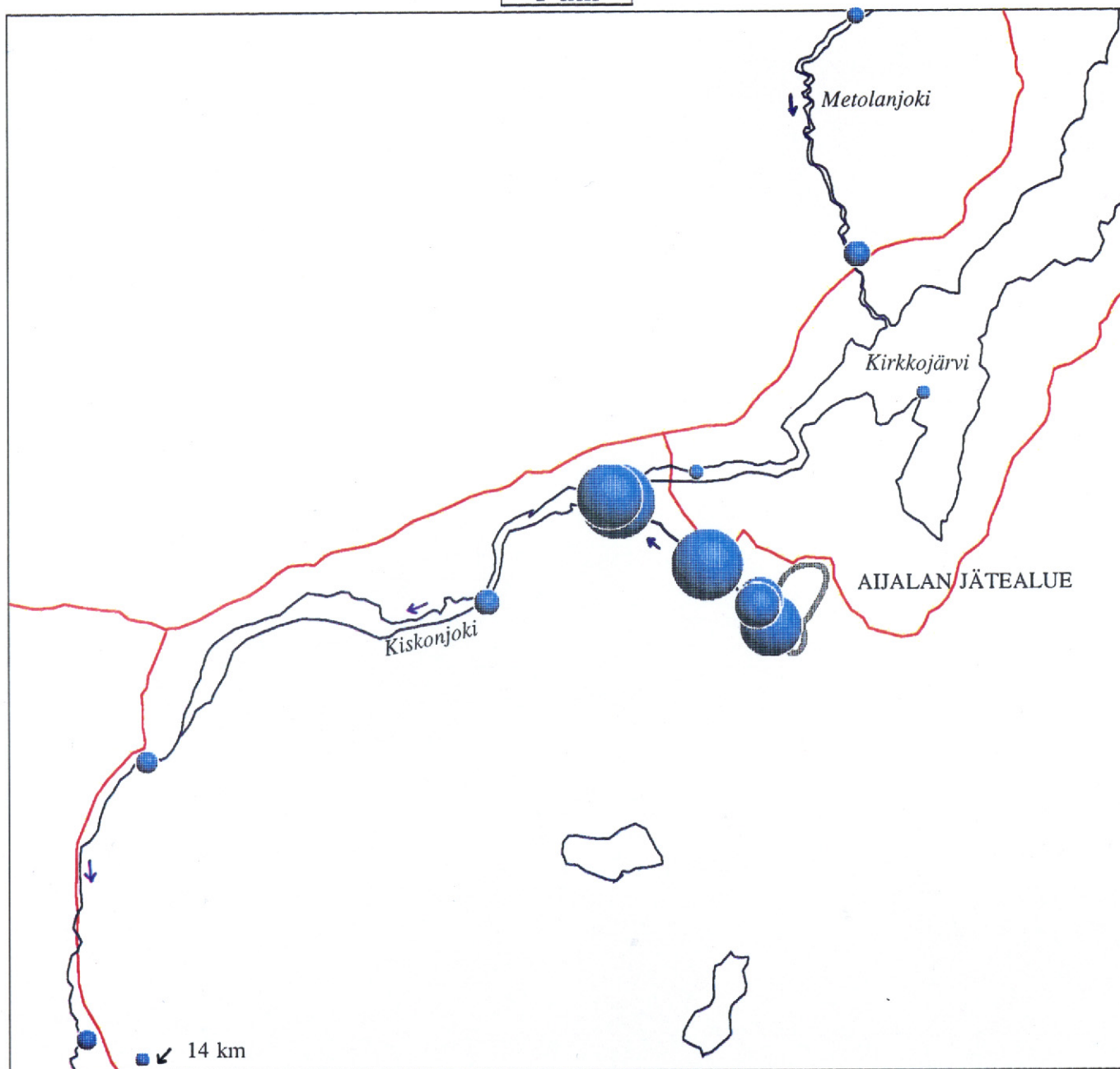
Fe

vaikeliukoinen pitoisuus (503P)
1 : 40 000
Pistelukumäärä: 14



Piirretty: 28.10.1993 GTK

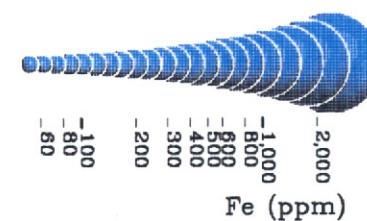
1 km



AIJALA ORGAANISET SEDIMENTIT

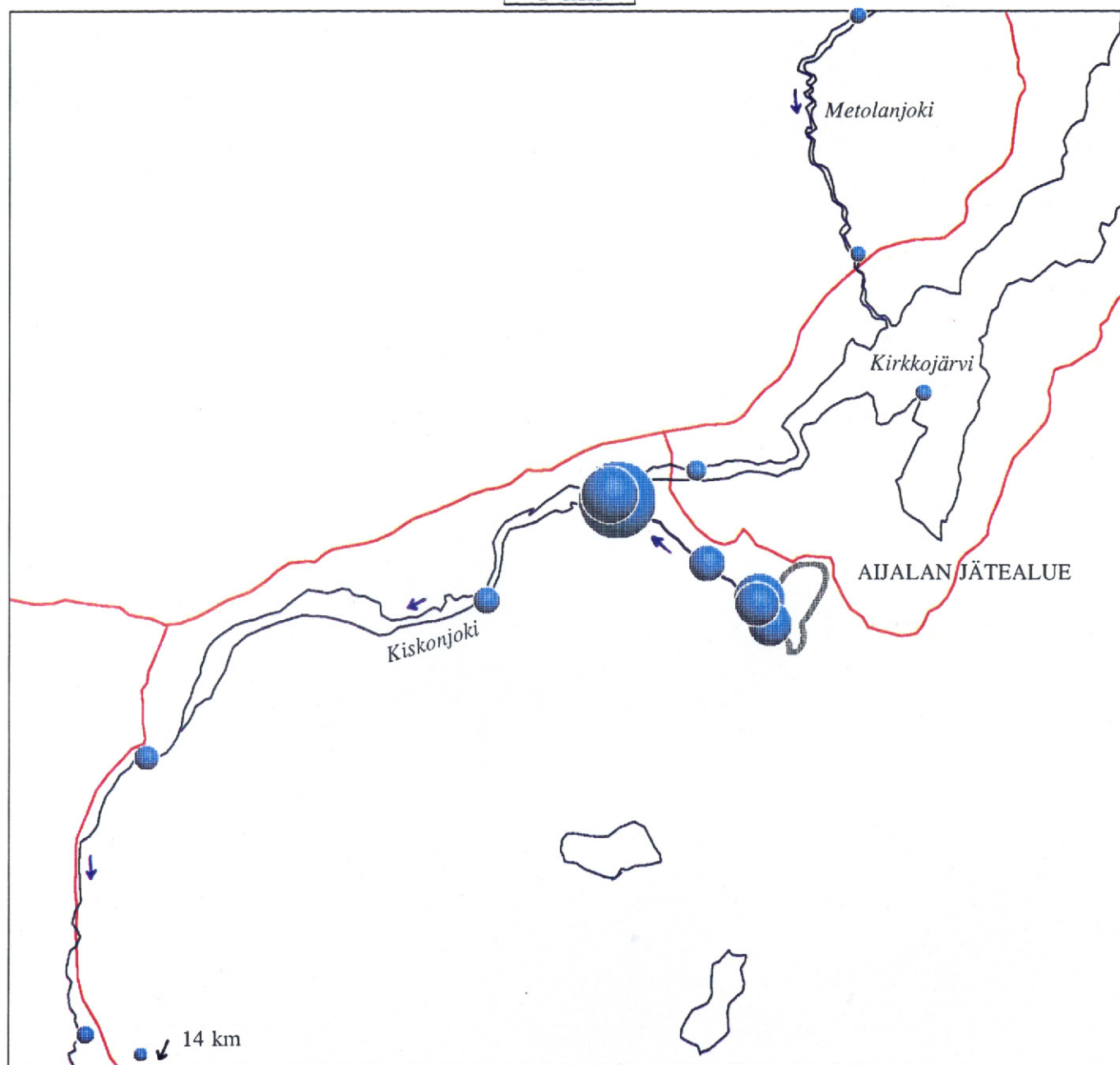
Fe

helppoliukoinen pitoisuus (201P)
1 : 40 000
Pistelukumäärä: 14



Piirretty: 22.10.1993 GTK

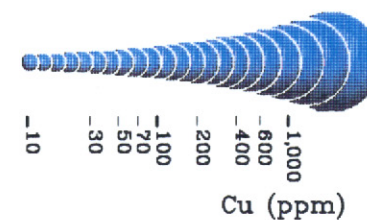
1 km



AIJALA ORGAANISET SEDIMENTIT

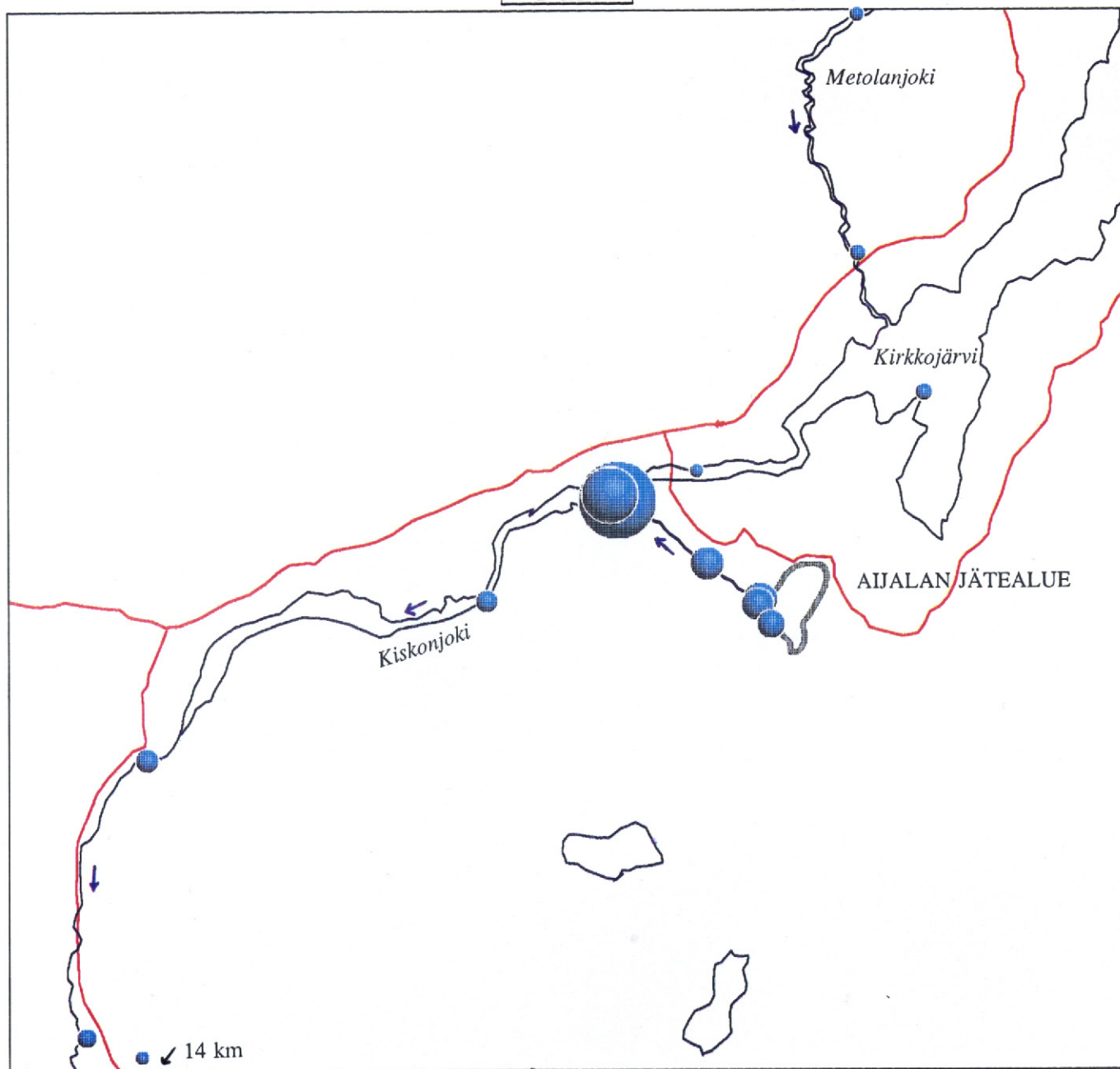
Cu

vaikealiukoinen pitoisuus (503P)
1 : 40 000
Pistelukumäärä: 14



Piirretty: 26.10.1993 GTK

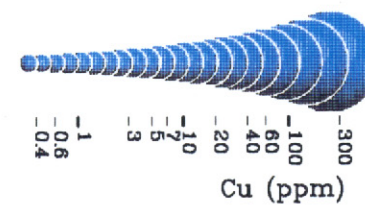
1 km



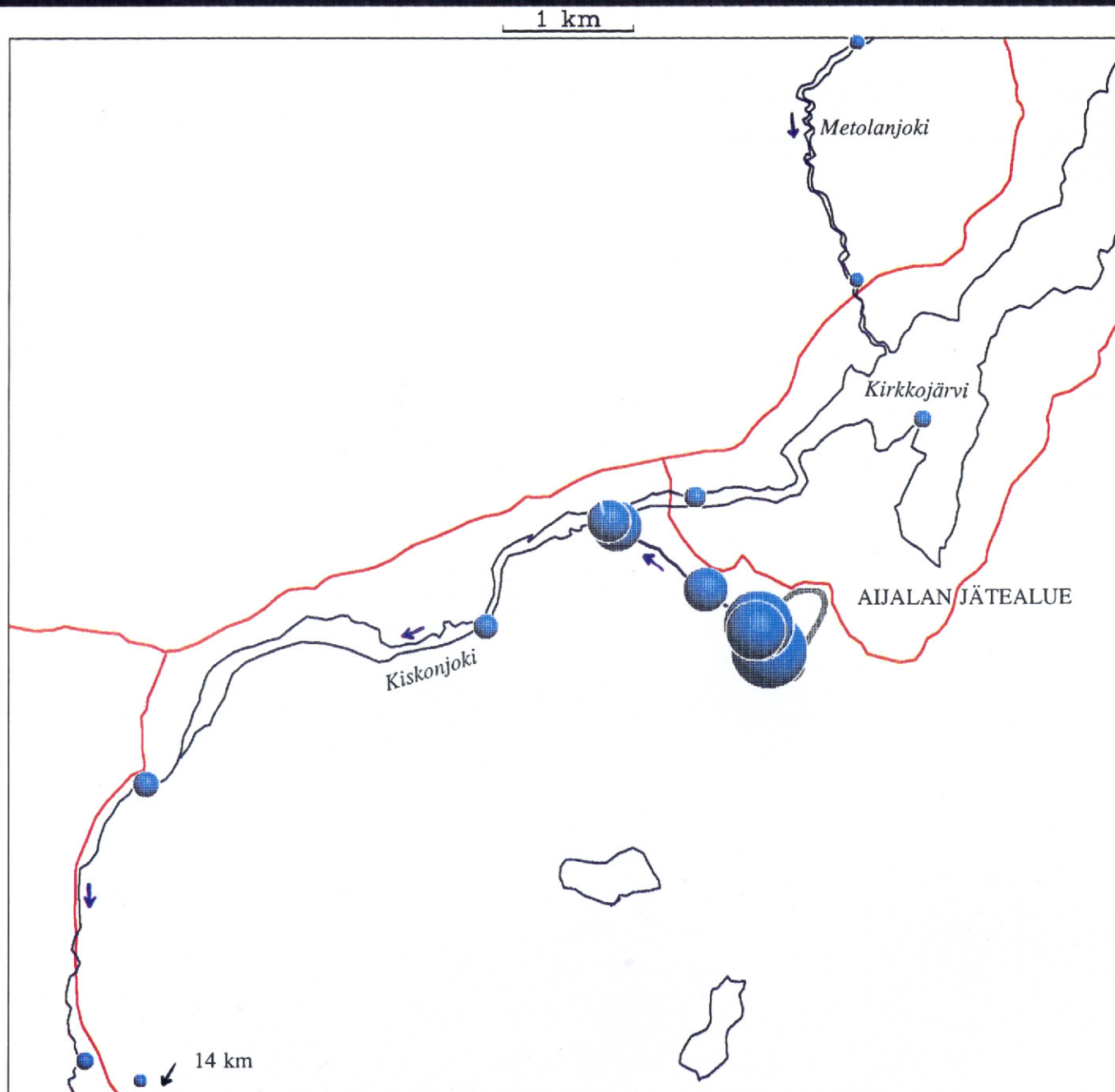
AIJALA ORGAANISET SEDIMENTIT

Cu

helppoliukoinen pitoisuus (201P)
1 : 40 000
Pistelukumäärä: 14



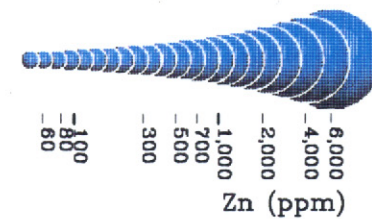
Piirretty: 22.10.1993 GTK



AIJALA ORGAANISET SEDIMENTIT

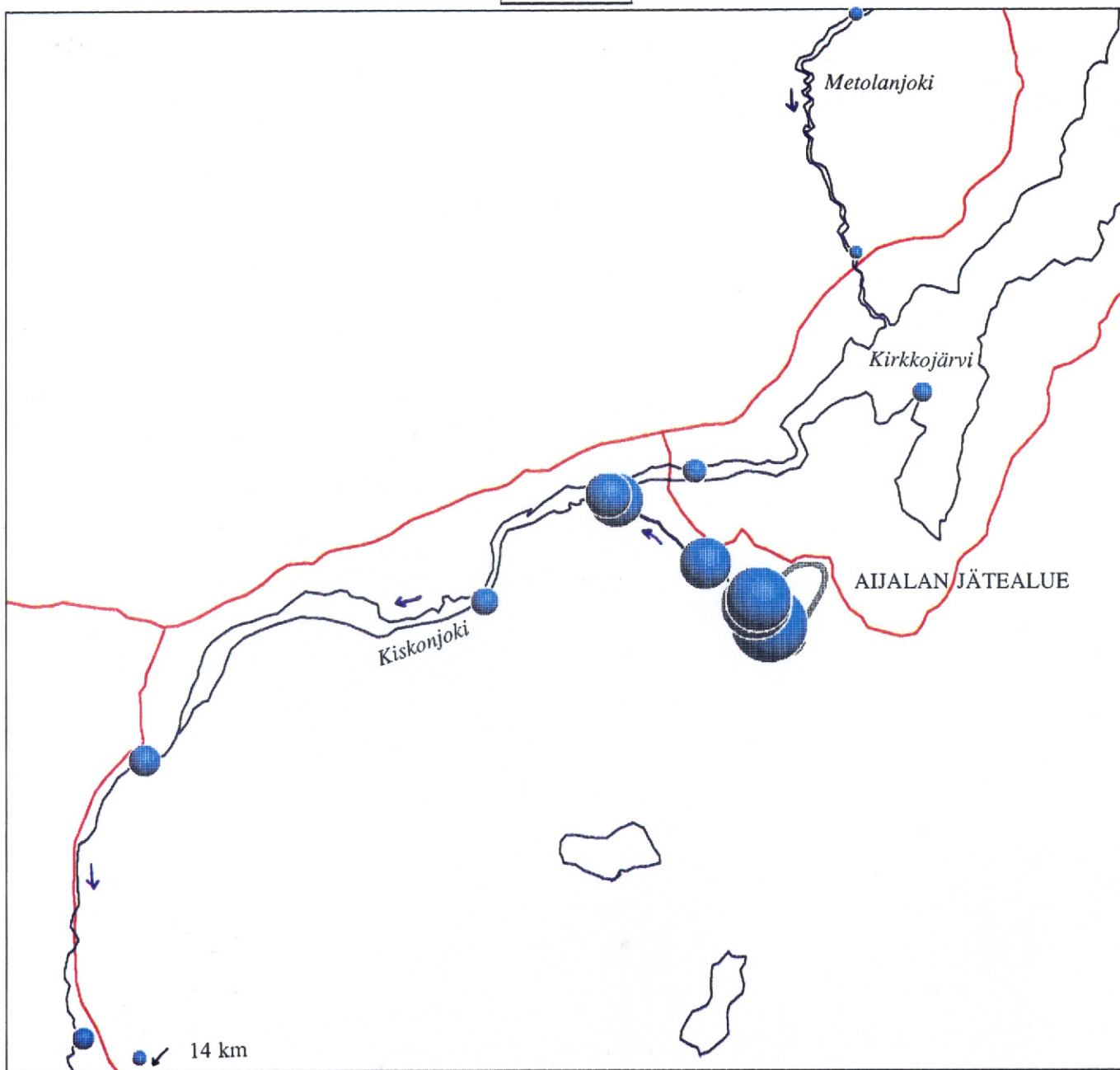
Zn

vaikealiukoinen pitoisuus (503P)
1 : 40 000
Pistelukumäärä: 14



Piirretty: 26.10.1993 GTK

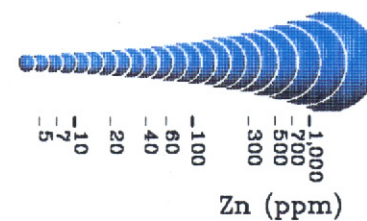
1 km



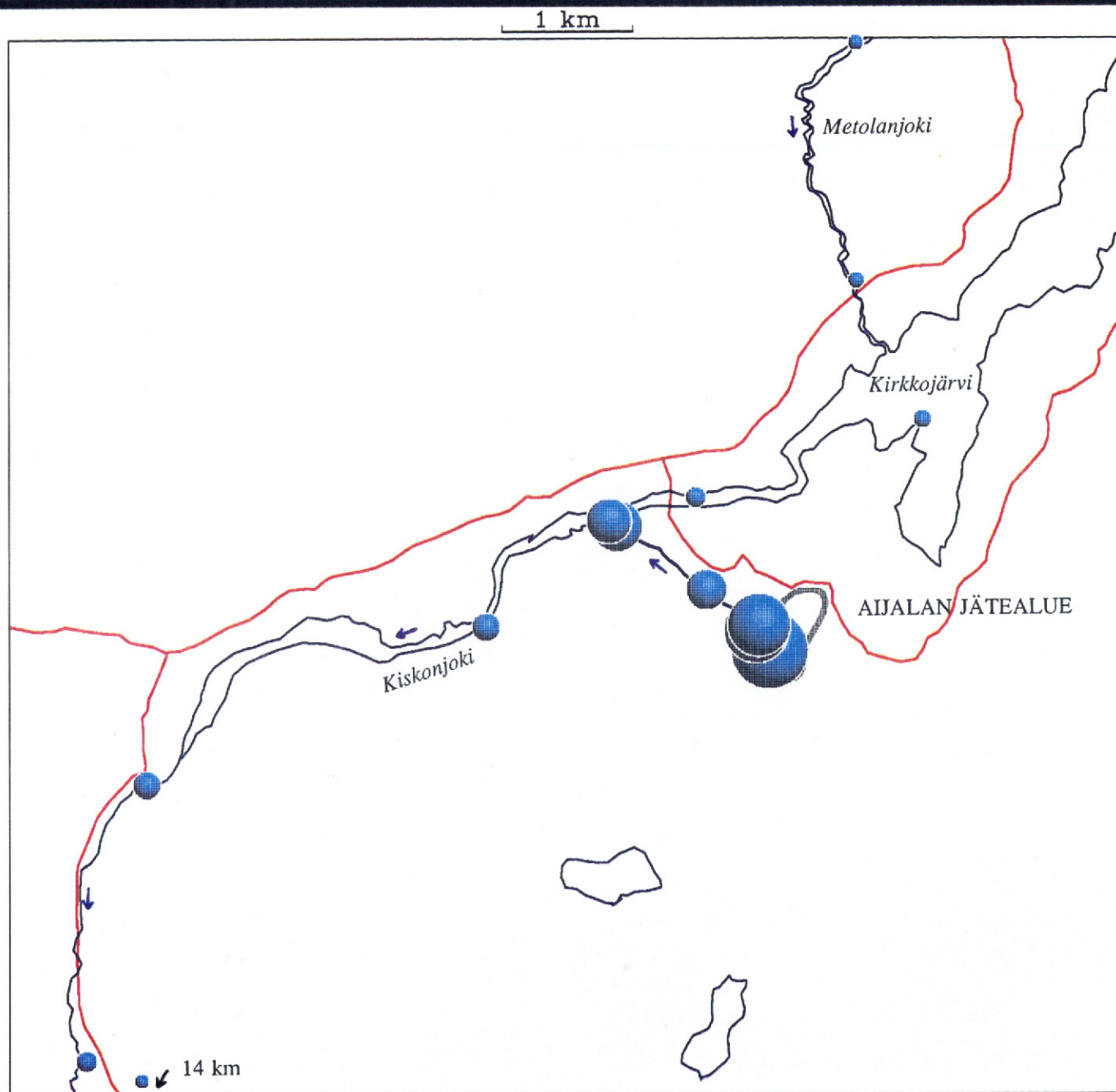
AIJALA ORGAANISET SEDIMENTIT

Zn

helppoliukoinen pitoisuus (201P)
1 : 40 000
Pistelukumäärä: 14



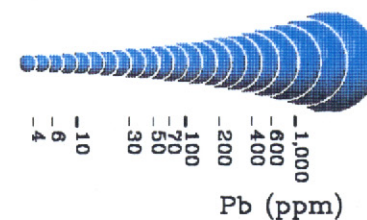
Piirretty: 22.10.1993 GTK



AIJALA ORGAANISET SEDIMENTIT

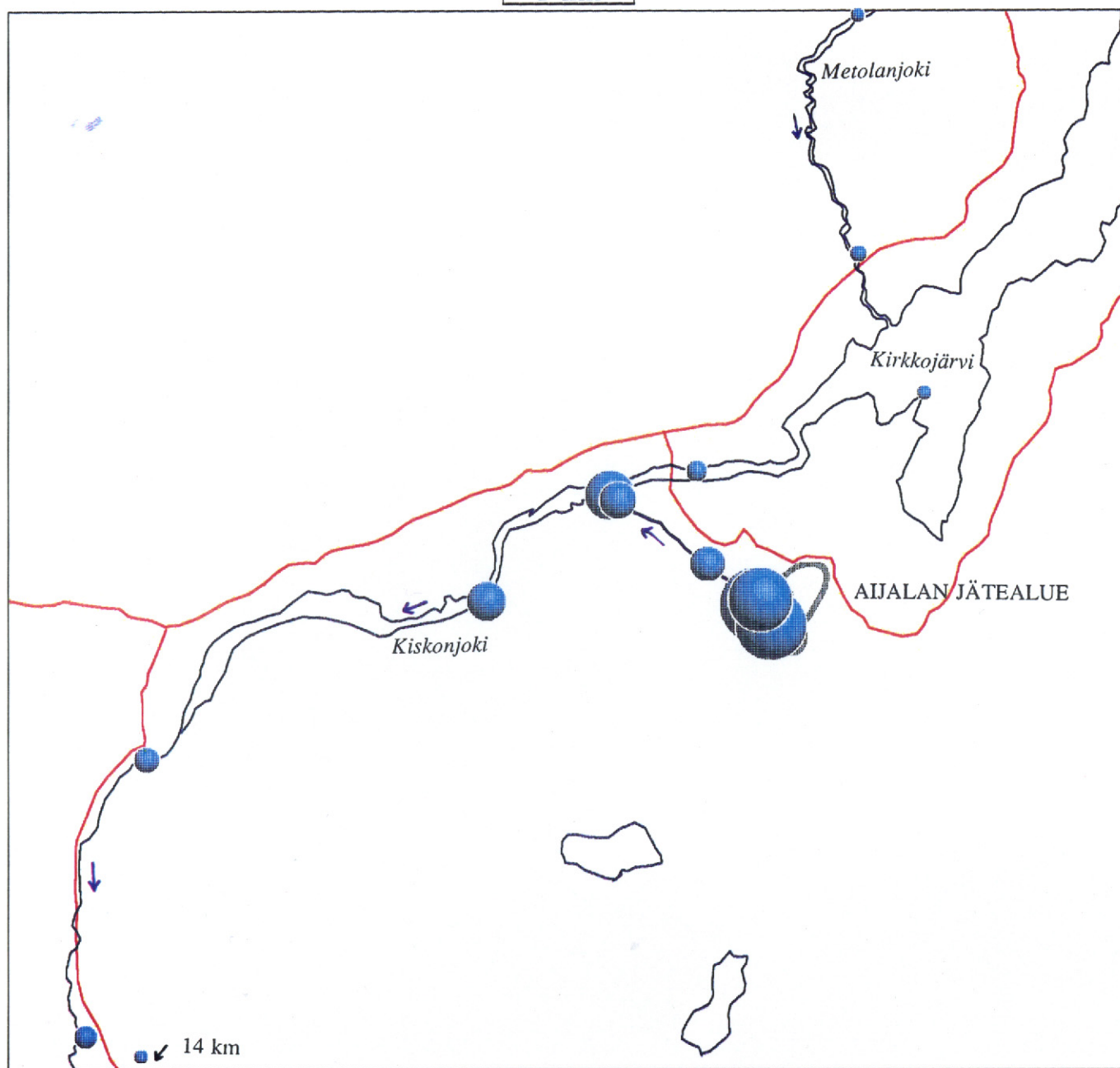
Pb

valkealiukoinen pitoisuus (503P)
1 : 40 000
Pistelukumäärä: 14



Piirretty: 28.10.1993 GTK

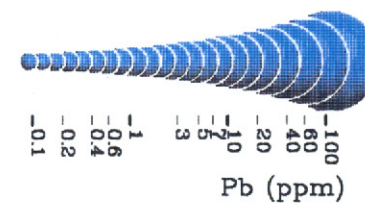
1 km



AIJALA ORGAANISET SEDIMENTIT

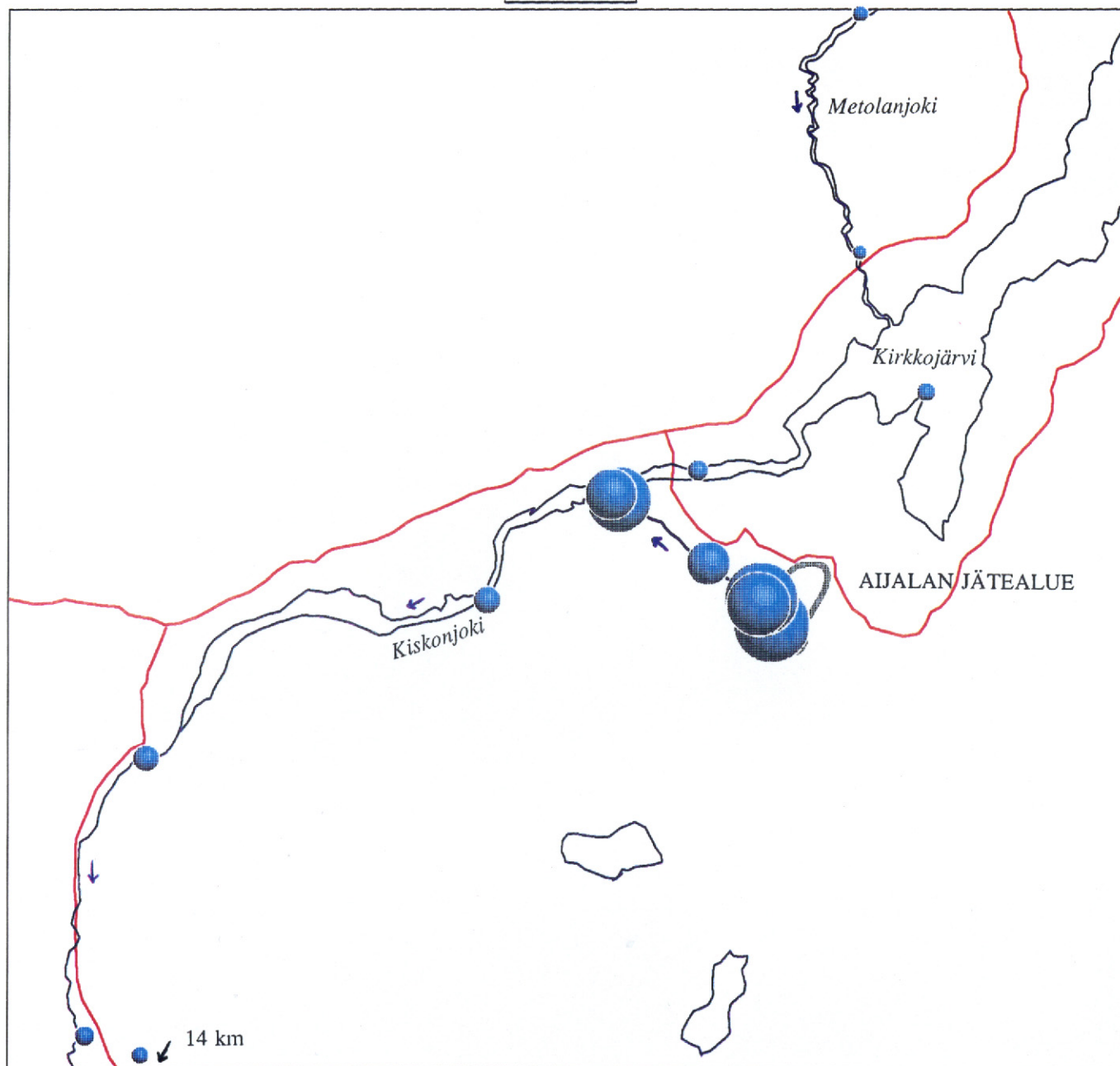
Pb

helppoliukoinen pitoisuus (201P)
1 : 40 000
Pistelukumäärä: 14



Piirretty: 22.10.1993 GTK

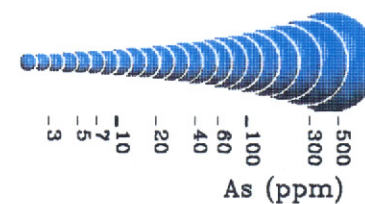
1 km



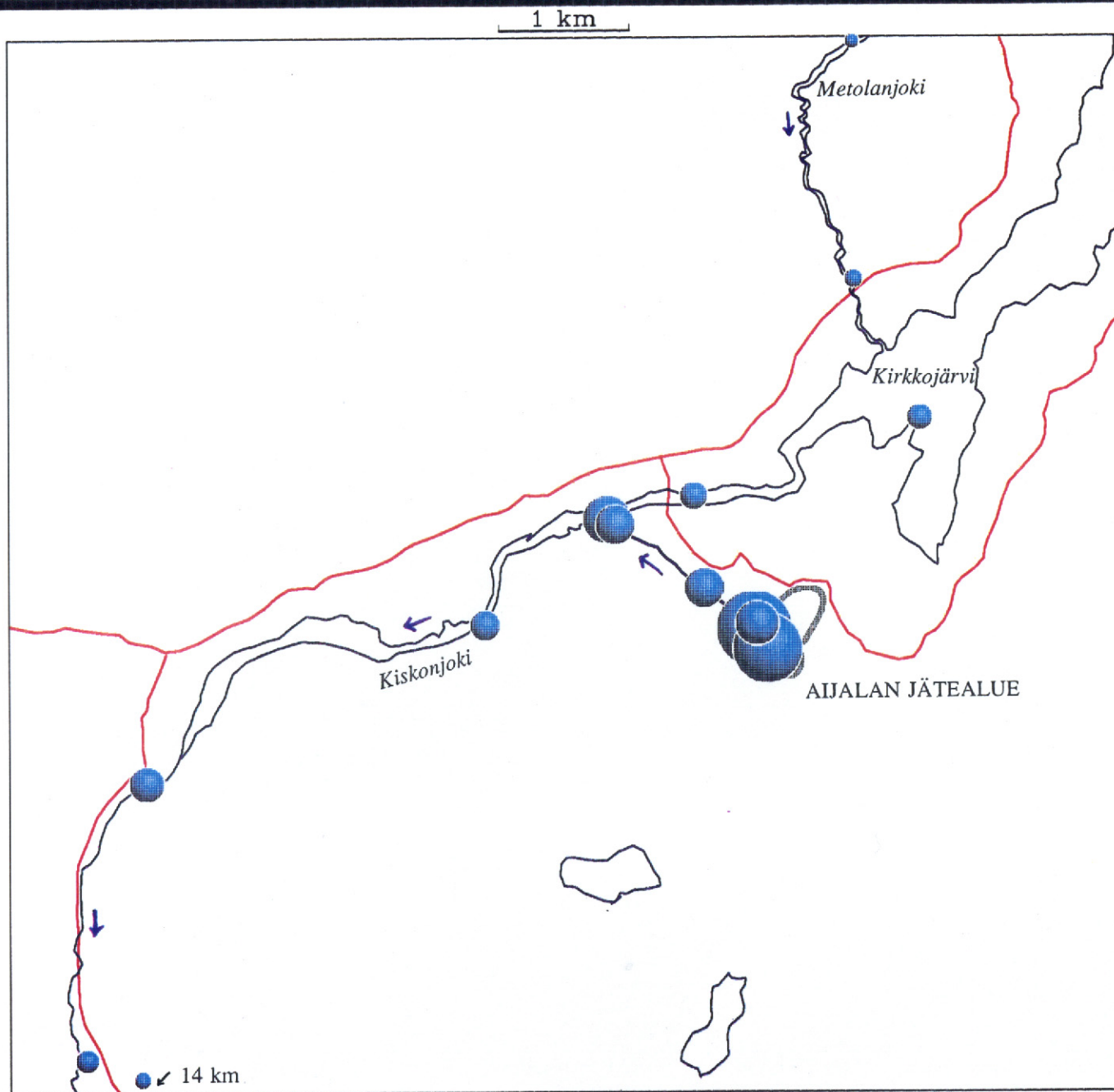
AIJALA ORGAANISET SEDIMENTIT

As

valkealiukoinen pitoisuus (503P)
1 : 40 000
Pistelukumäärä: 14



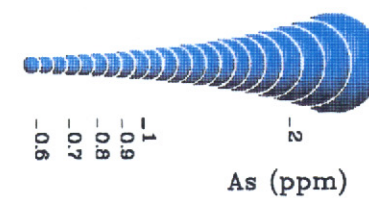
Piirretty: 21.10.1993 GTK



AIJALA ORGAANISET SEDIMENTIT

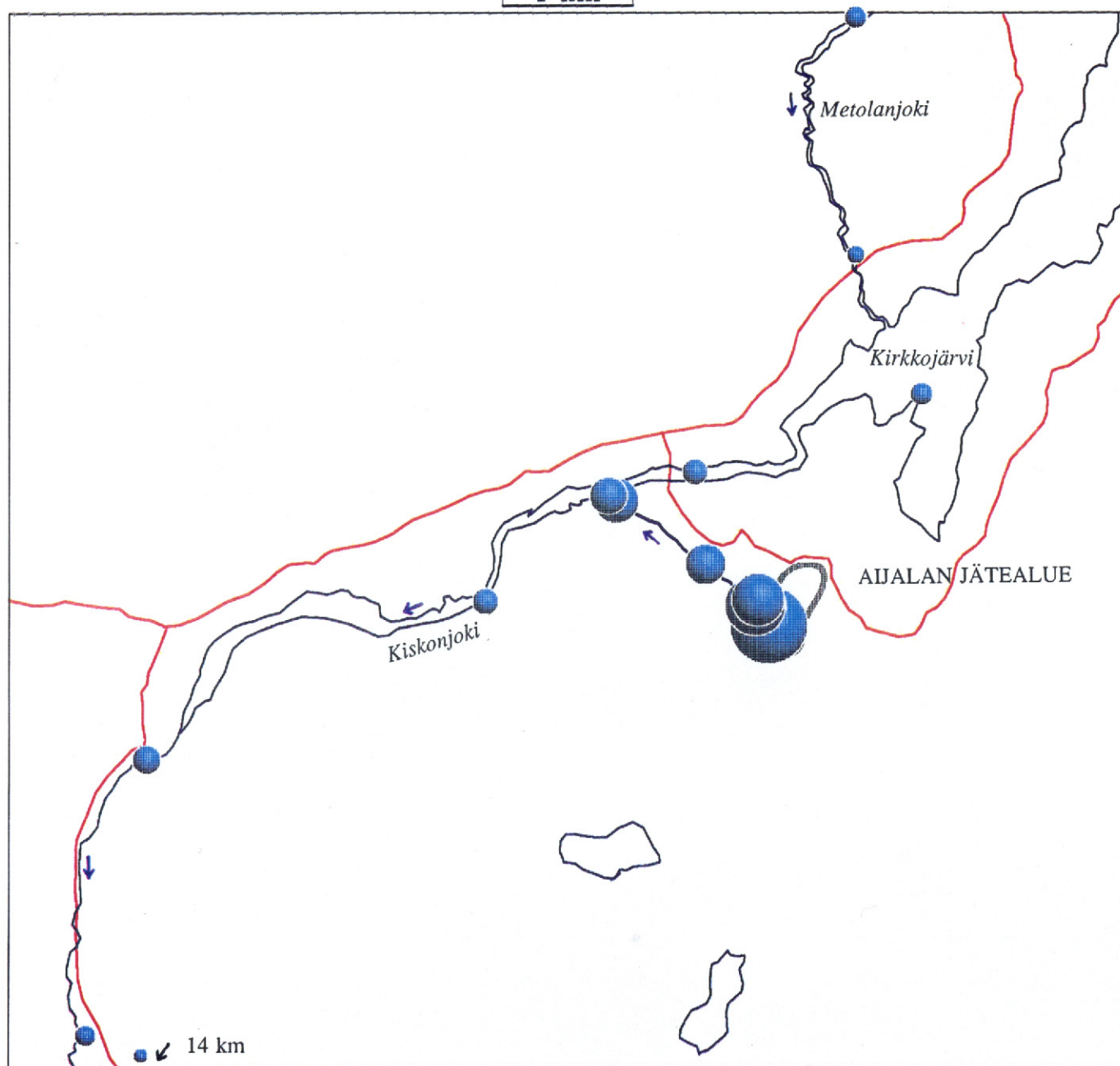
As

helppoliukoinen pitoisuus (201P)
1 : 40 000
Pistelukumäärä: 14



Piirretty: 22.10.1993 GTK

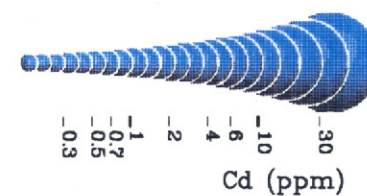
1 km



AIJALA ORGAANISET SEDIMENTIT

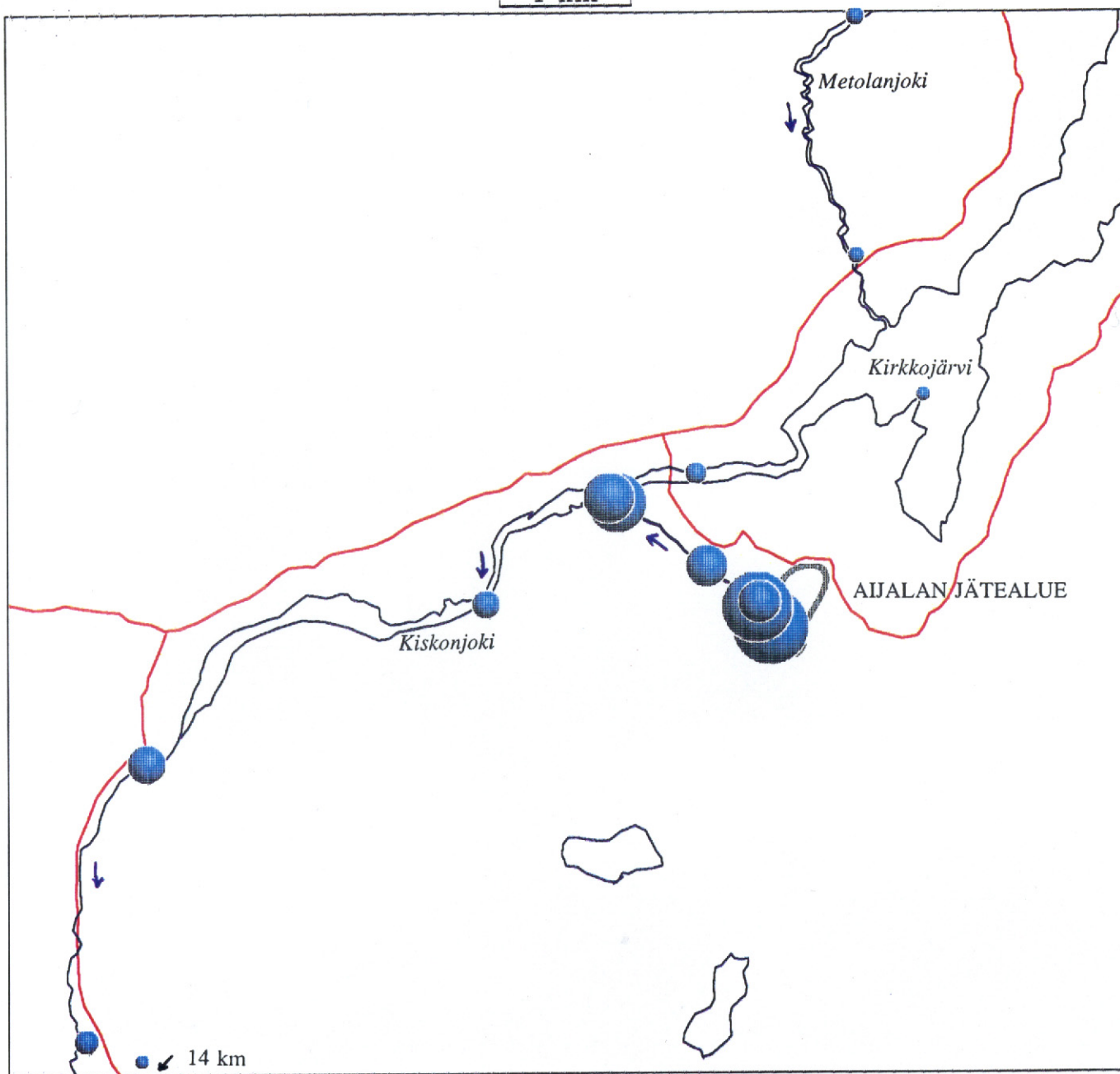
Cd

vaikeliukoinen pitoisuus (503P)
1 : 40 000
Pistelukumäärä: 14



Piirretty: 28.10.1993 GTK

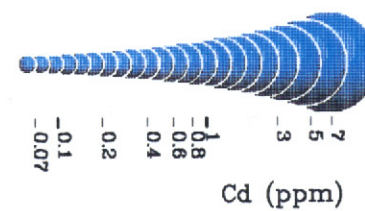
1 km



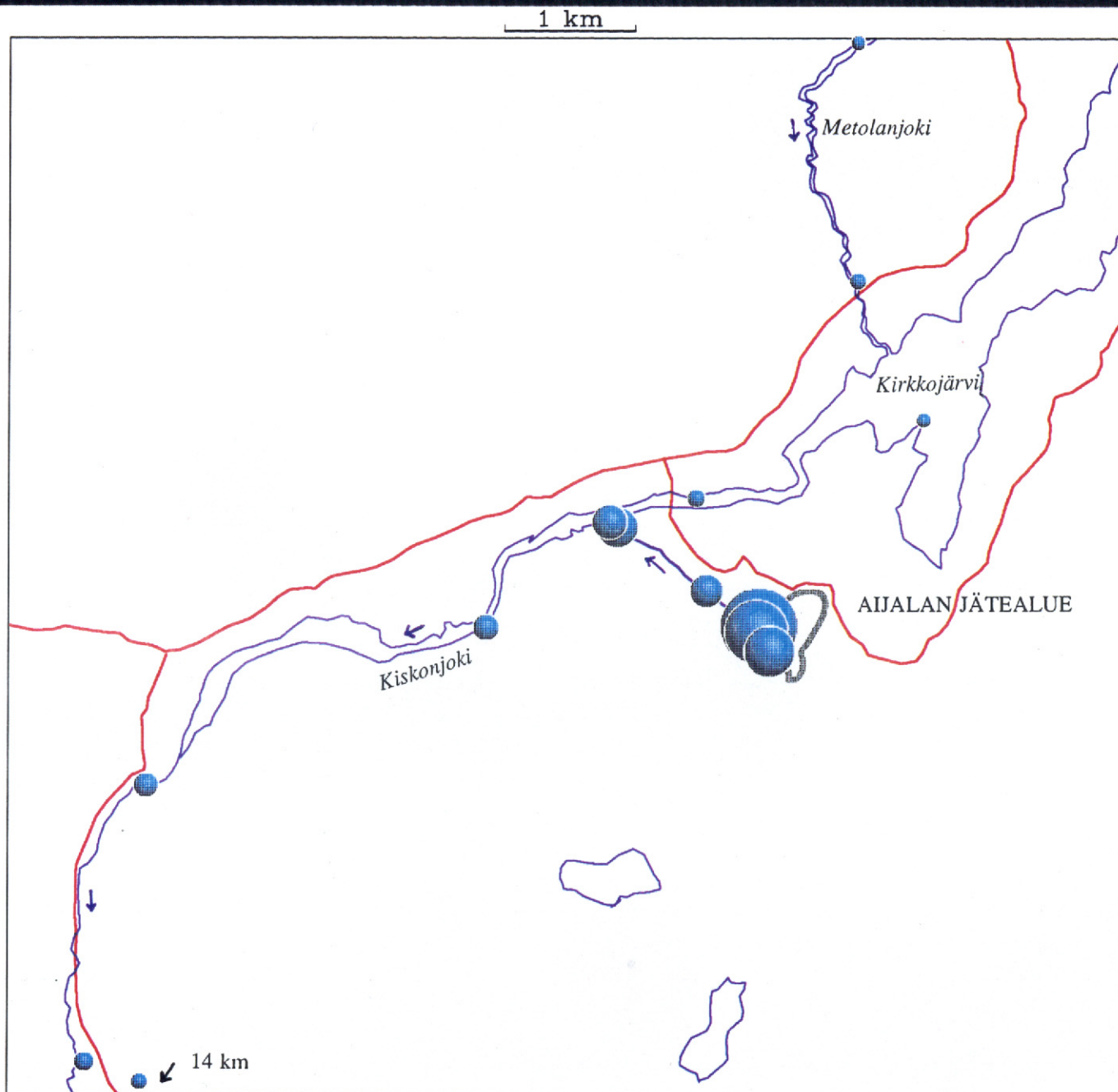
AIJALA ORGAANISET SEDIMENTIT

Cd

helppoliukoinen pitoisuus (201P)
1 : 40 000
Pistelukumäärä: 14



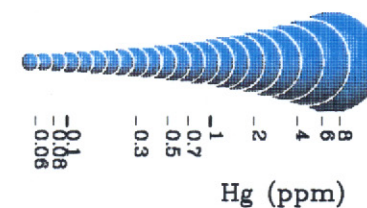
Piirretty: 21.10.1993 GTK



AIJALA ORGAANISET SEDIMENTIT

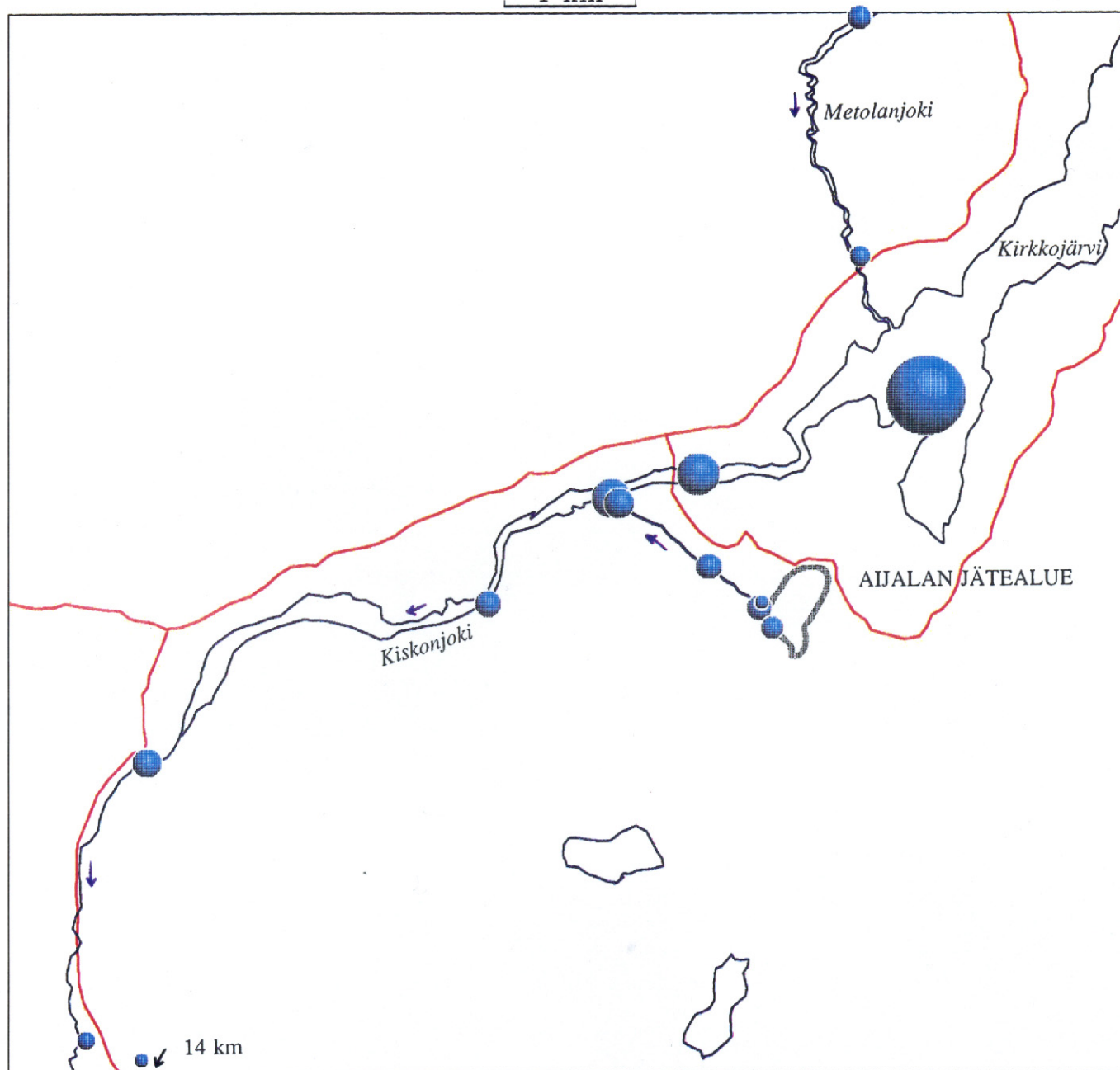
Hg

vaikealiukoinen pitoisuus (500H)
1 : 40 000
Pistelukumäärä: 14



Piirretty: 12.11.1993 GTK

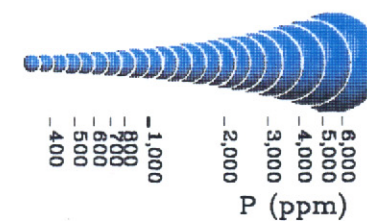
1 km



AIJALA ORGAANISET SEDIMENTIT

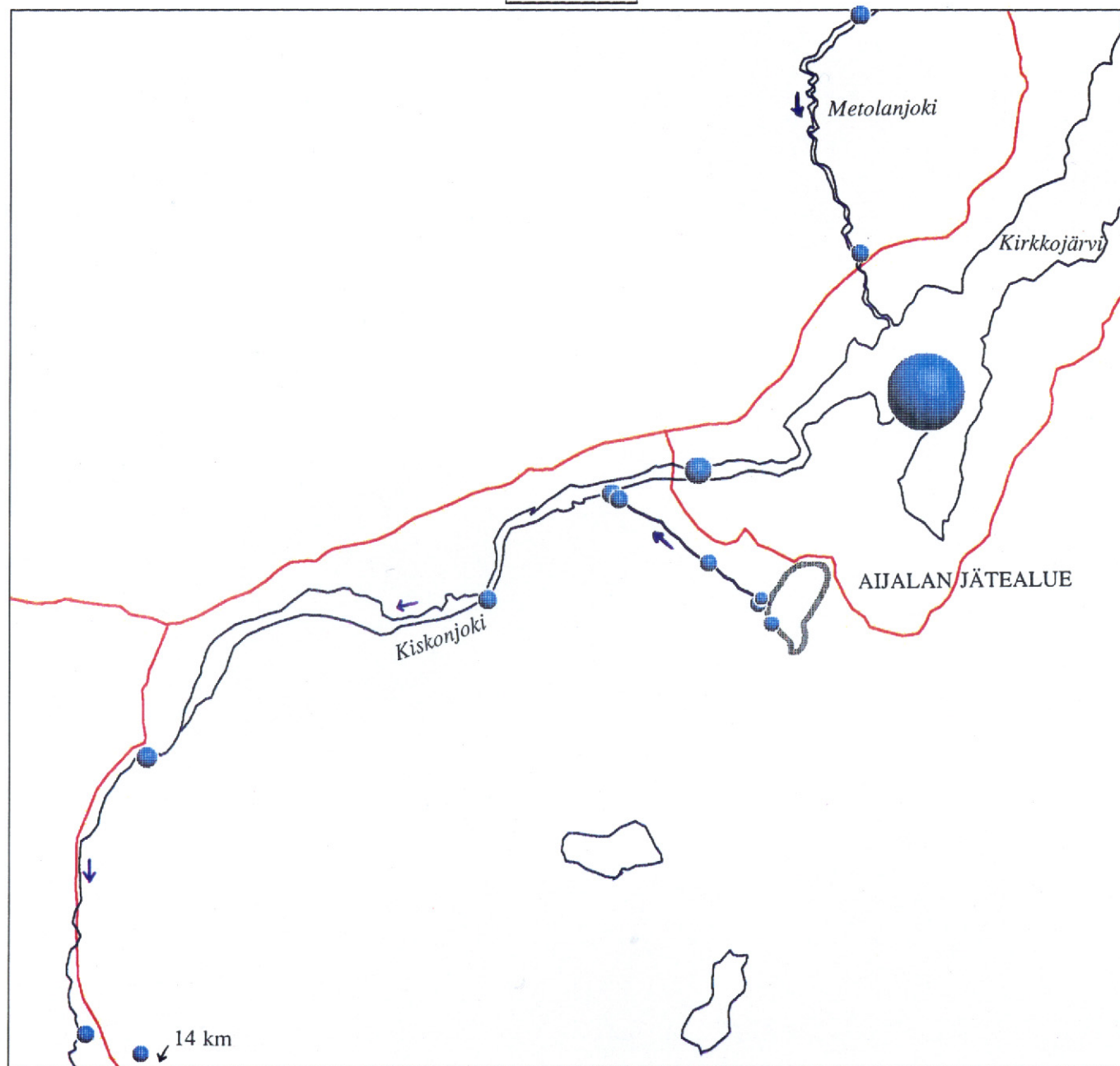
P

vaikealiukoinen pitoisuus (503P)
1 : 40 000
Pistelukumäärä: 14



Piirretty: 28.10.1993 GTK

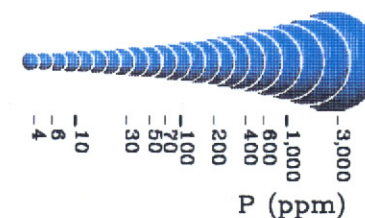
1 km



AIJALA ORGAANISET SEDIMENTIT

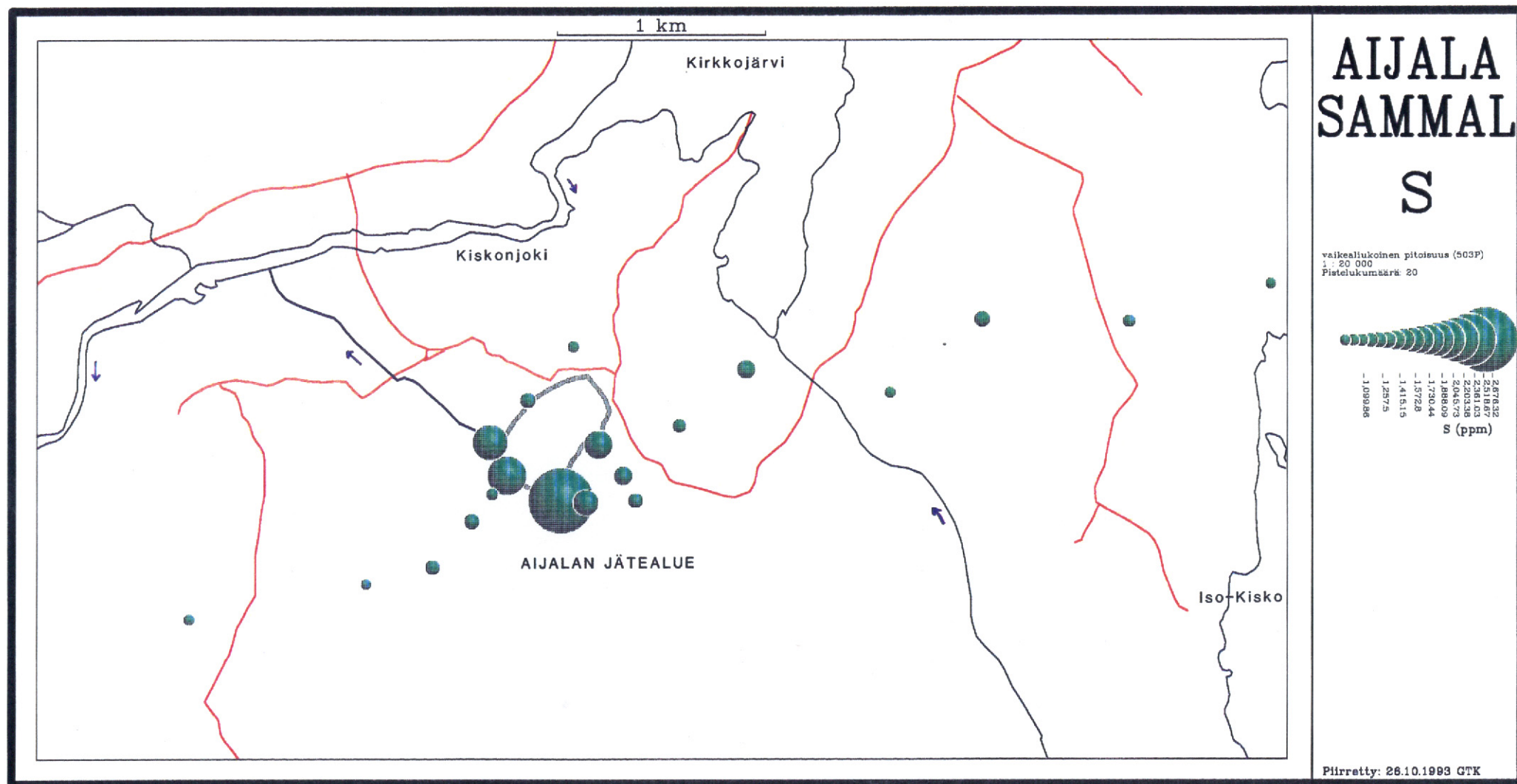
P

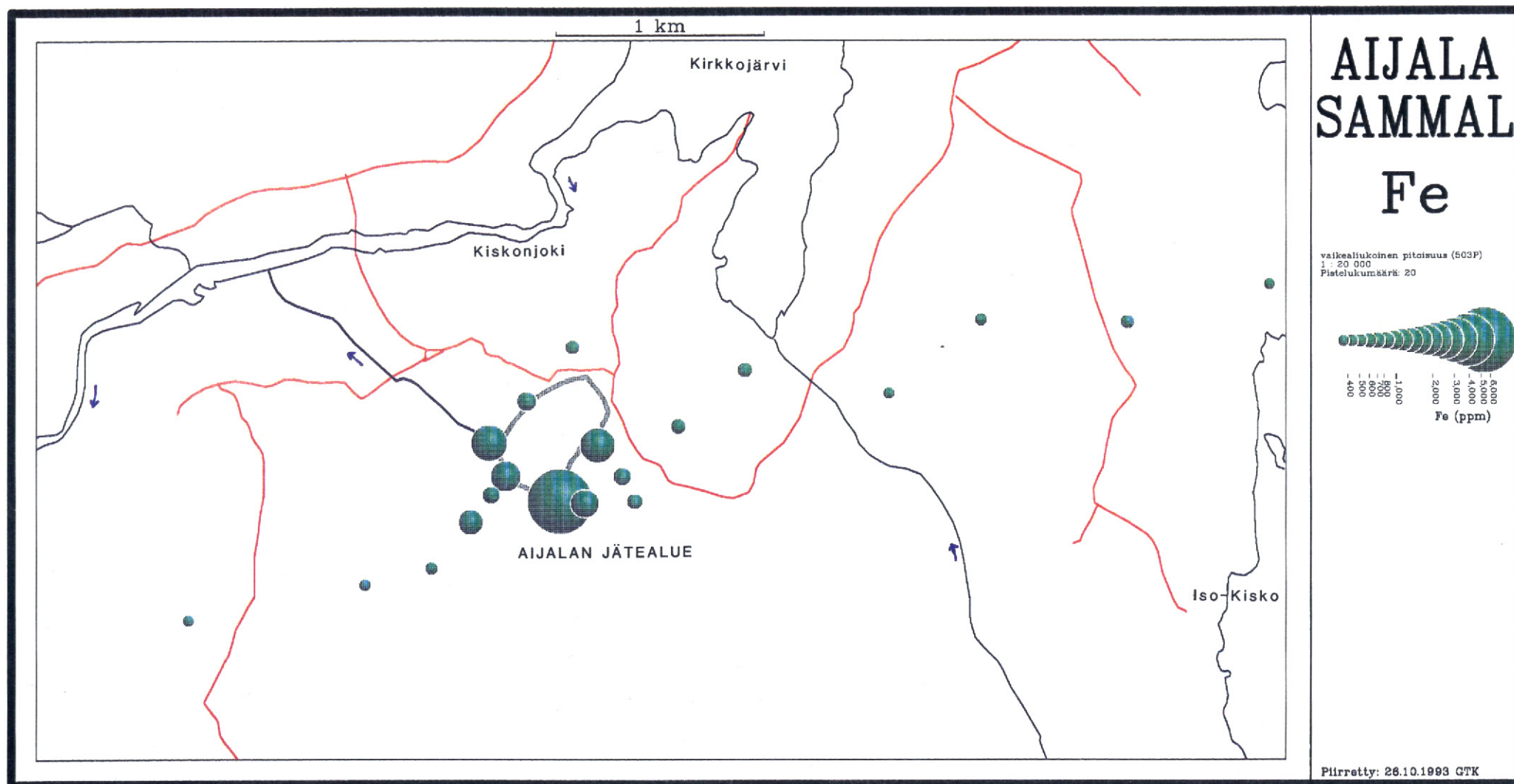
helppoliukoinen pitoisuus (201P)
1 : 40 000
Pistelukumäärä: 14

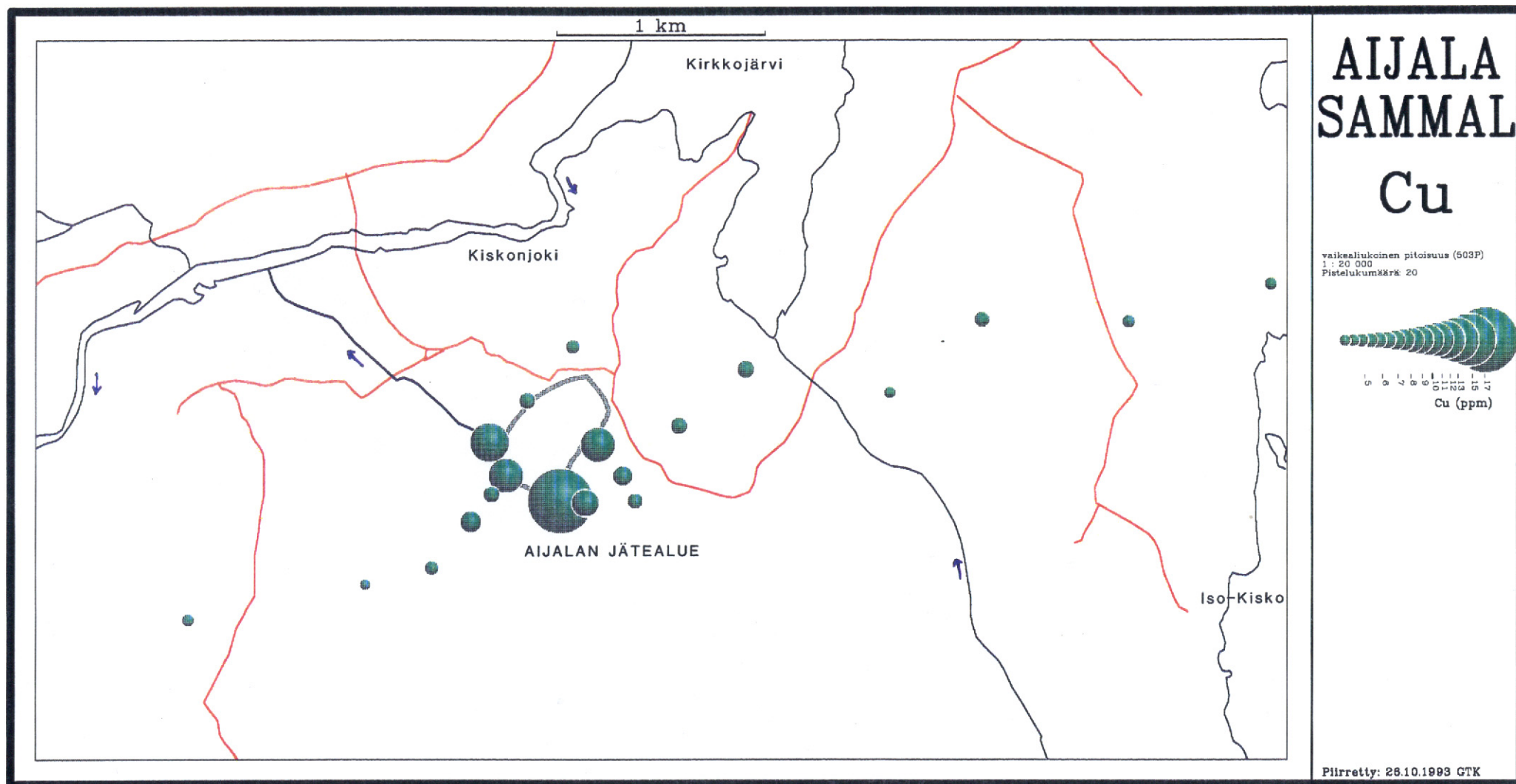


Piirretty: 22.10.1993 GTK

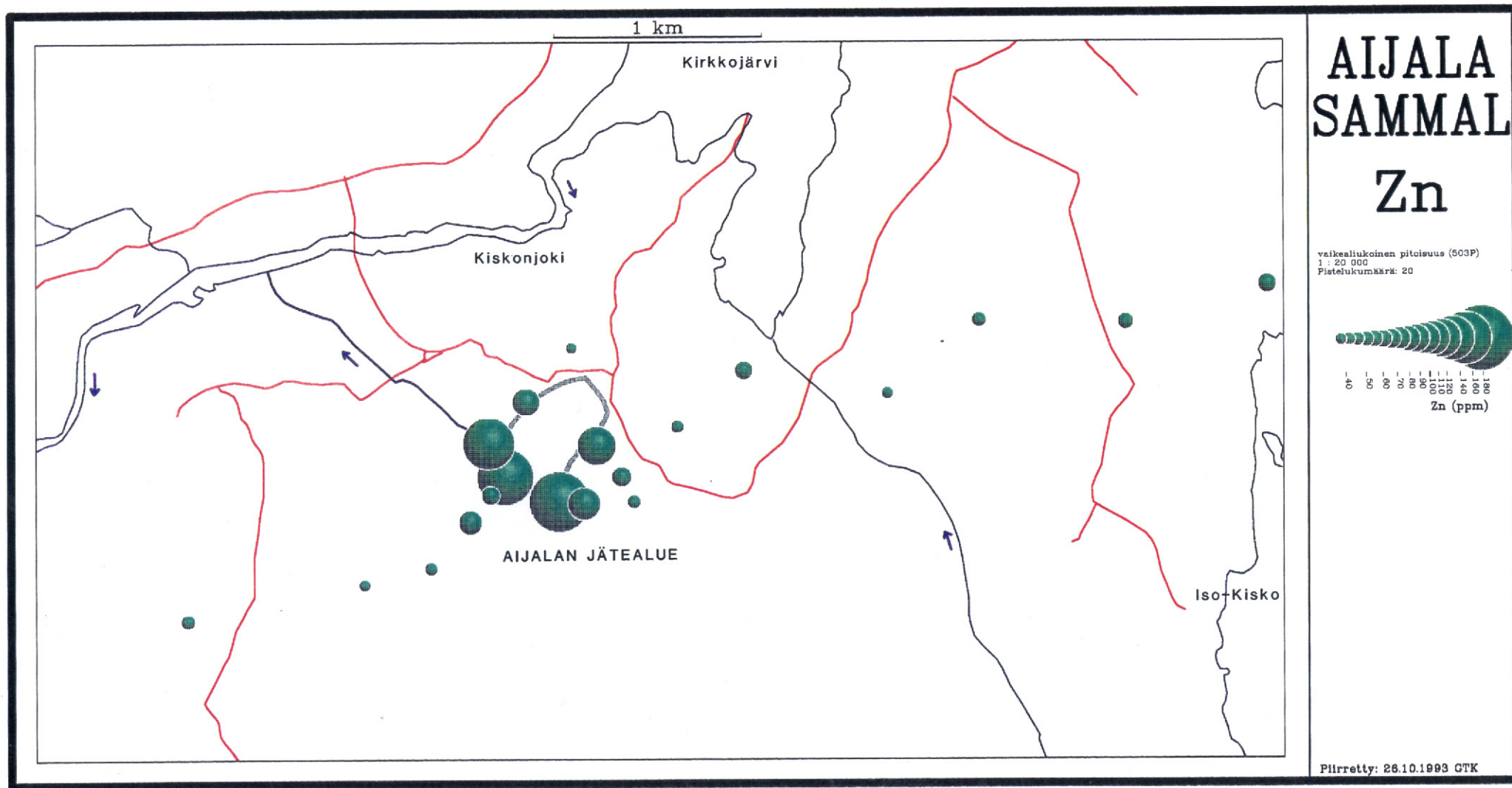
AIJALA/LIITE 5/SAMMALET

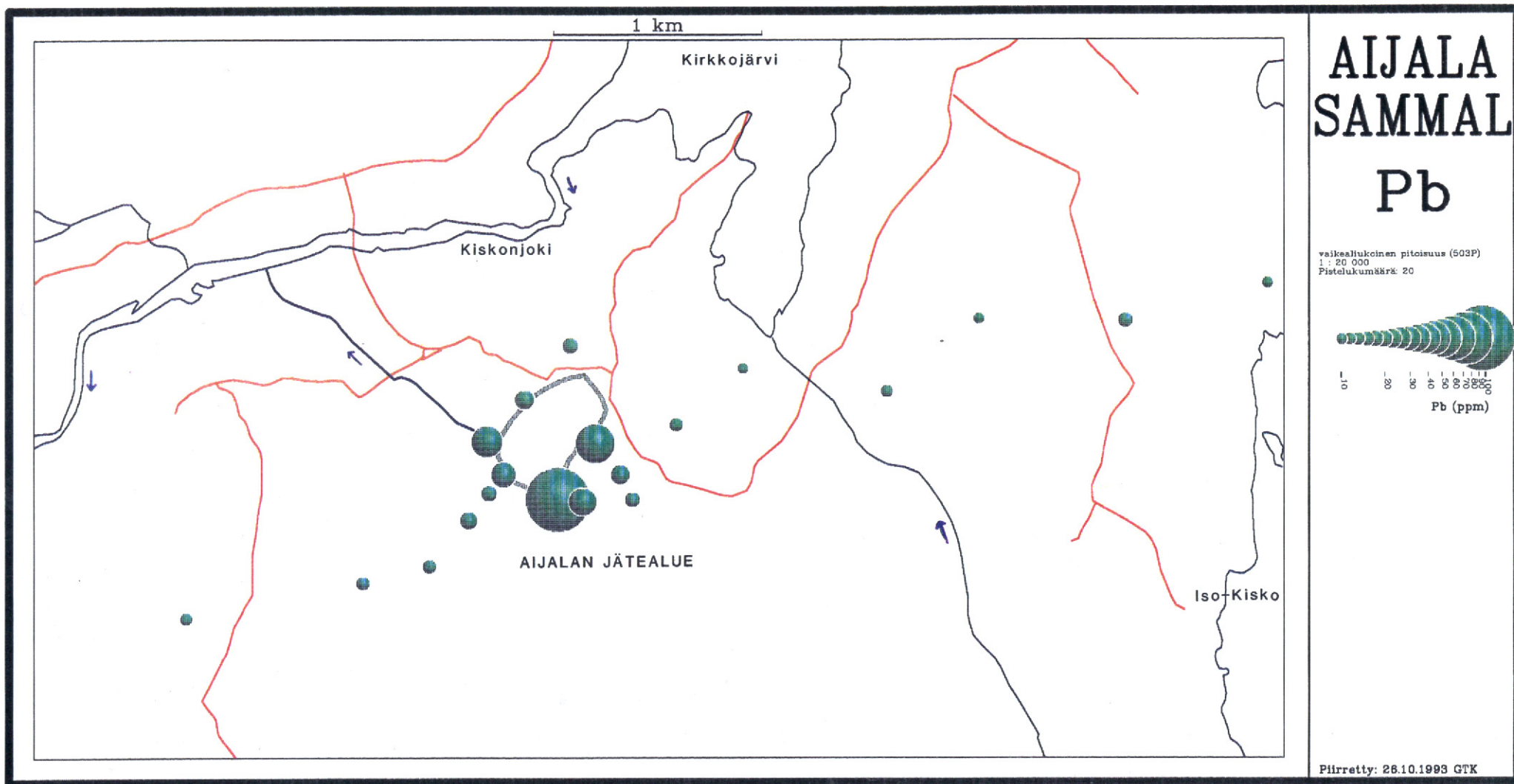


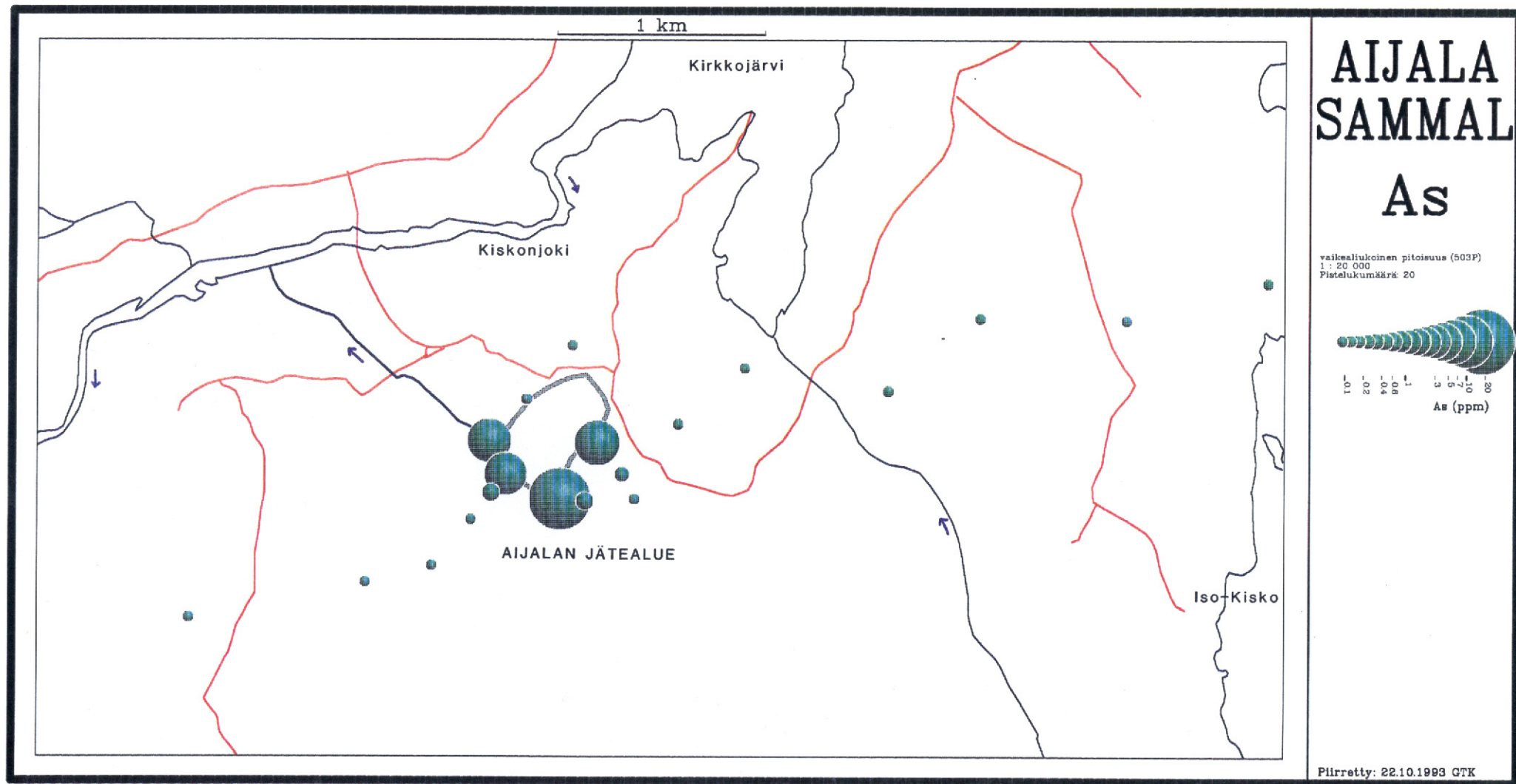


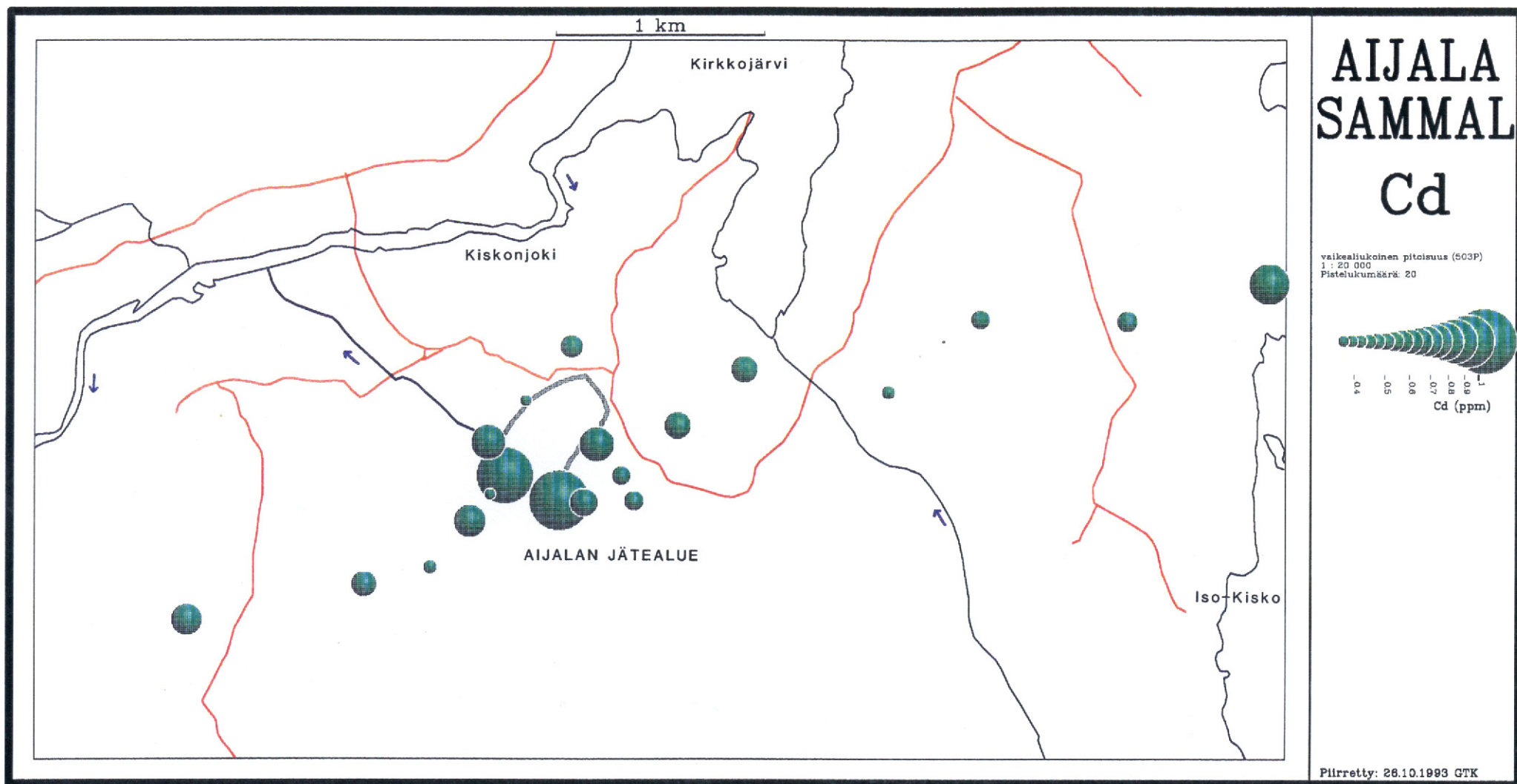


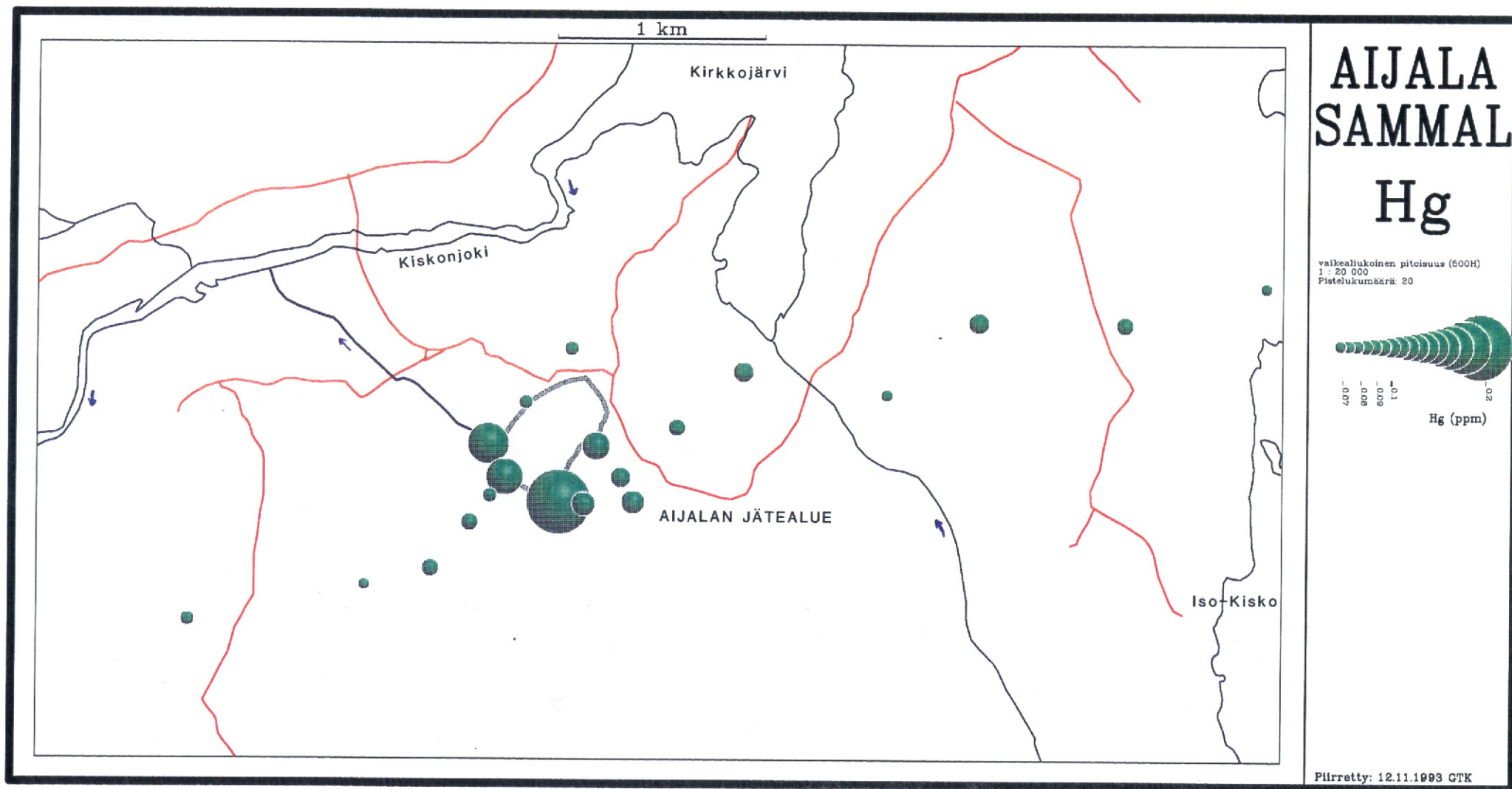
Piirretty: 28.10.1993 GTK

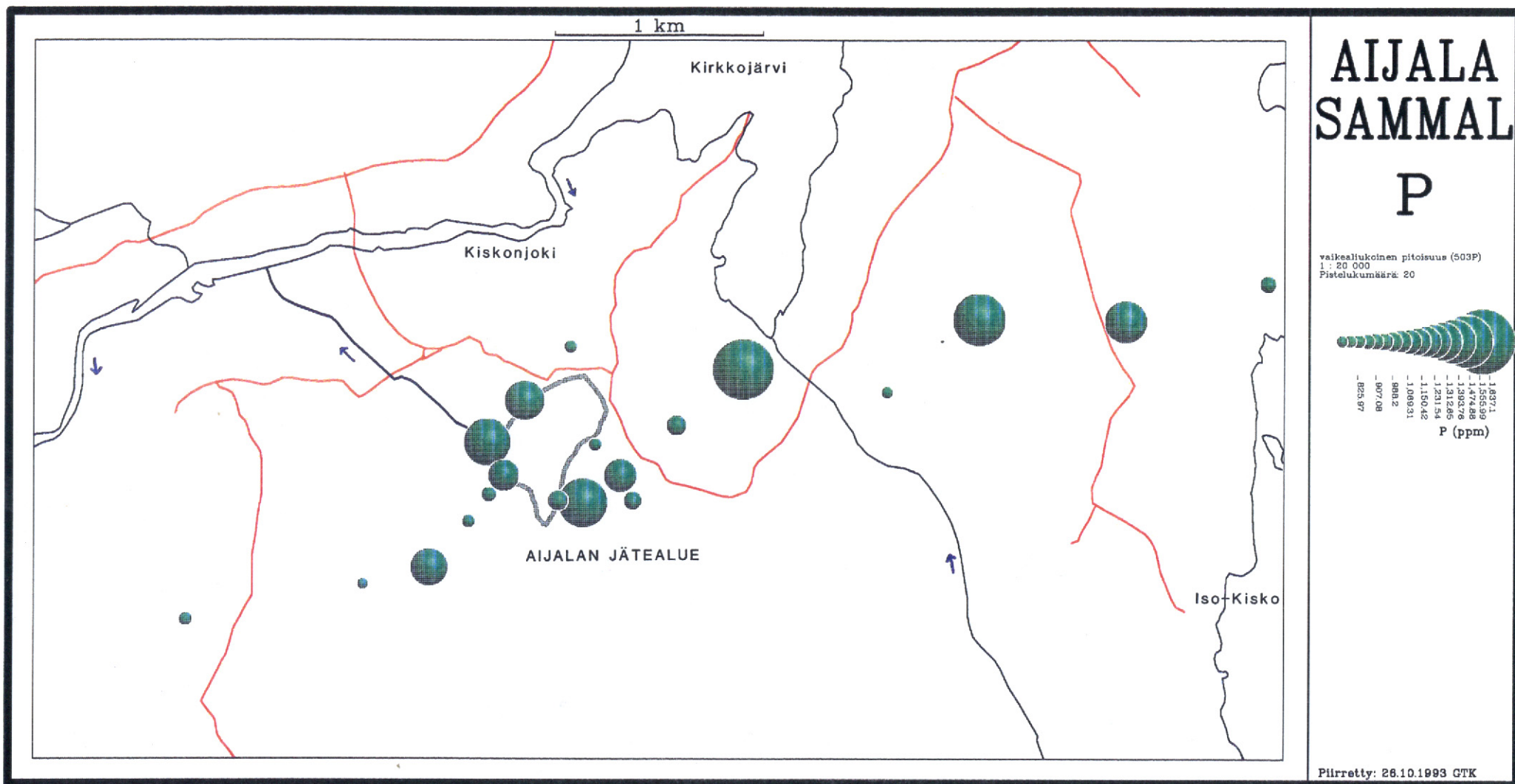




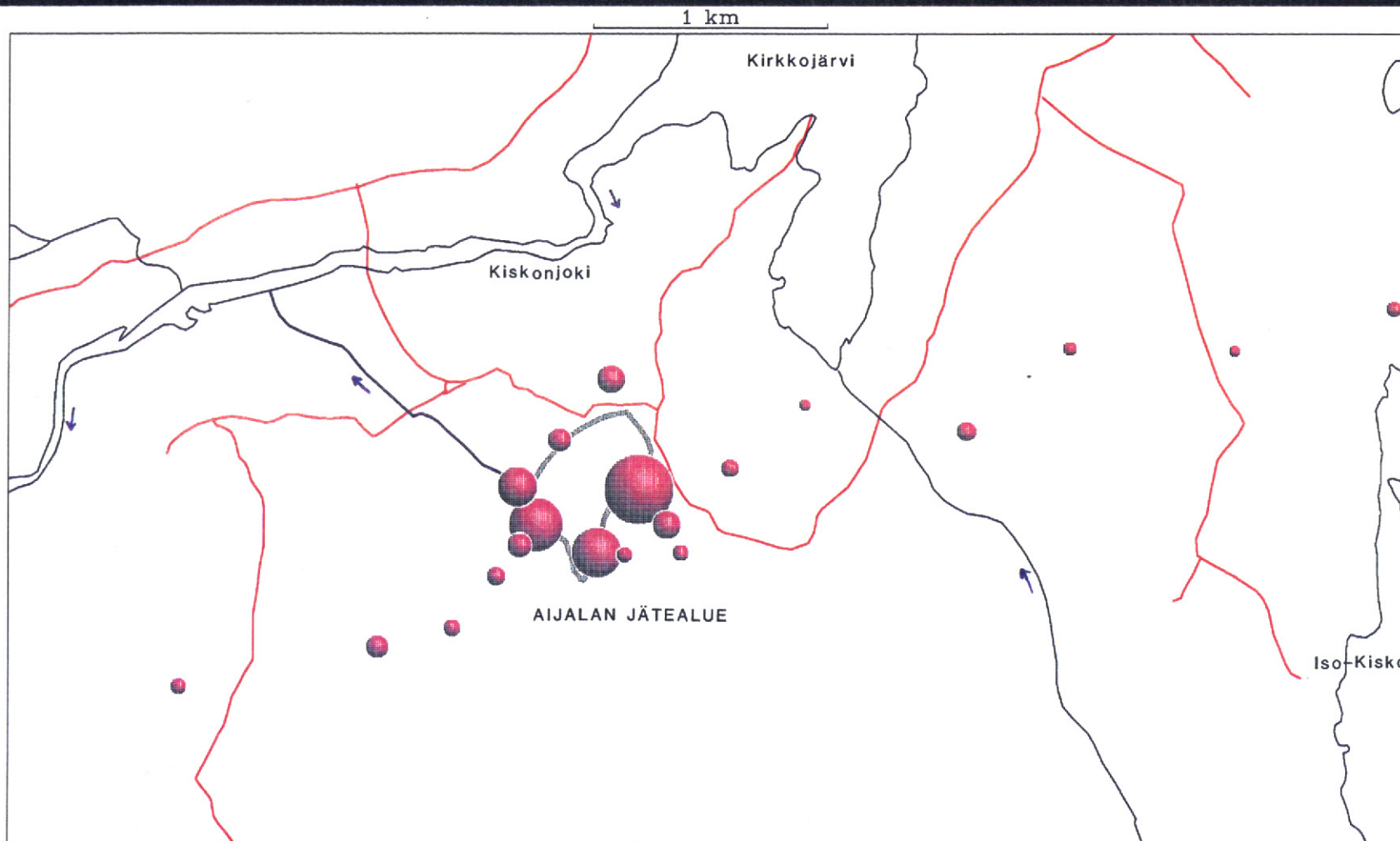






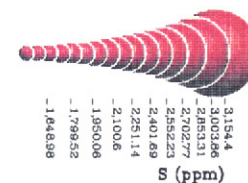


AIJALA/LIITE 6/HUMUKSET

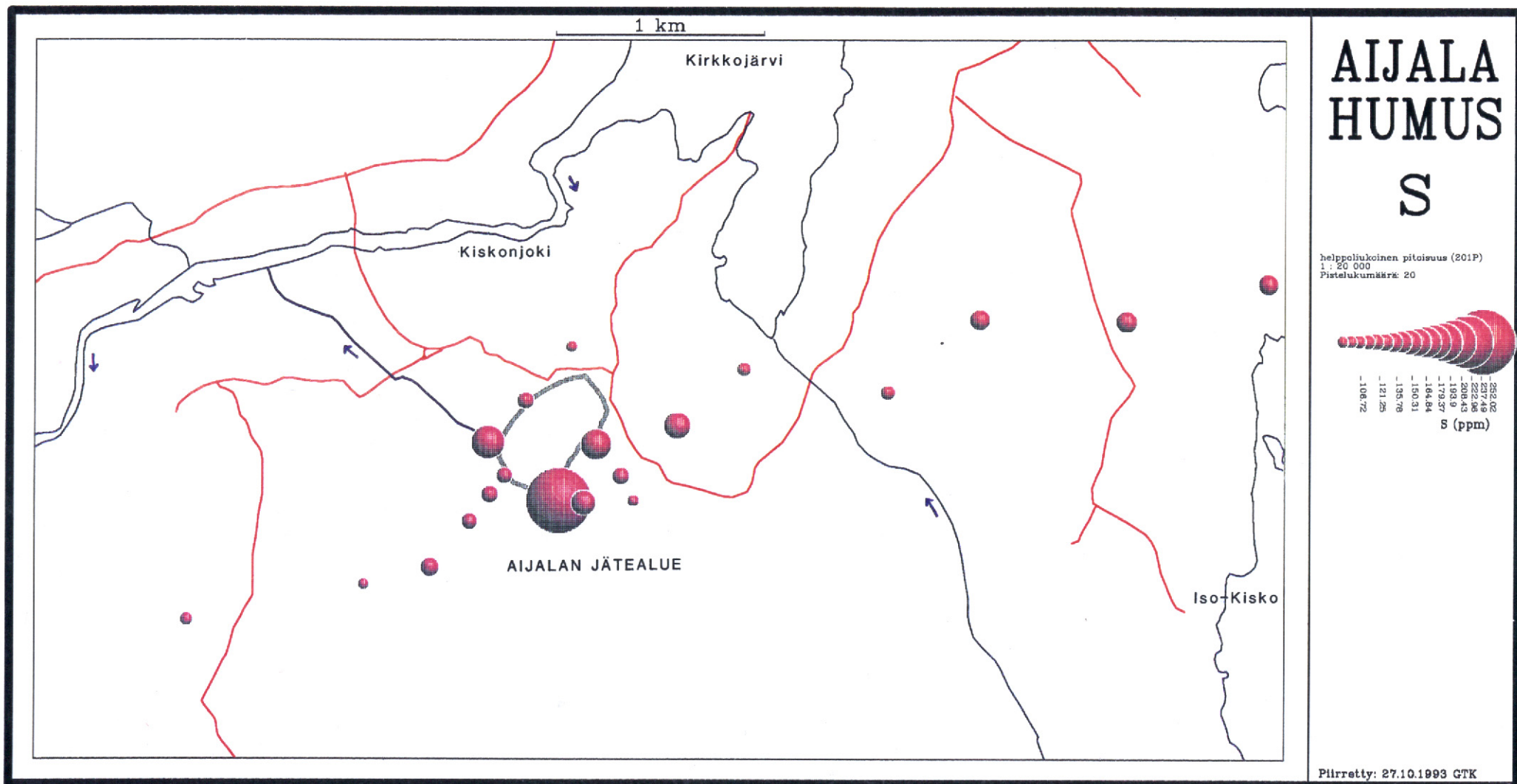


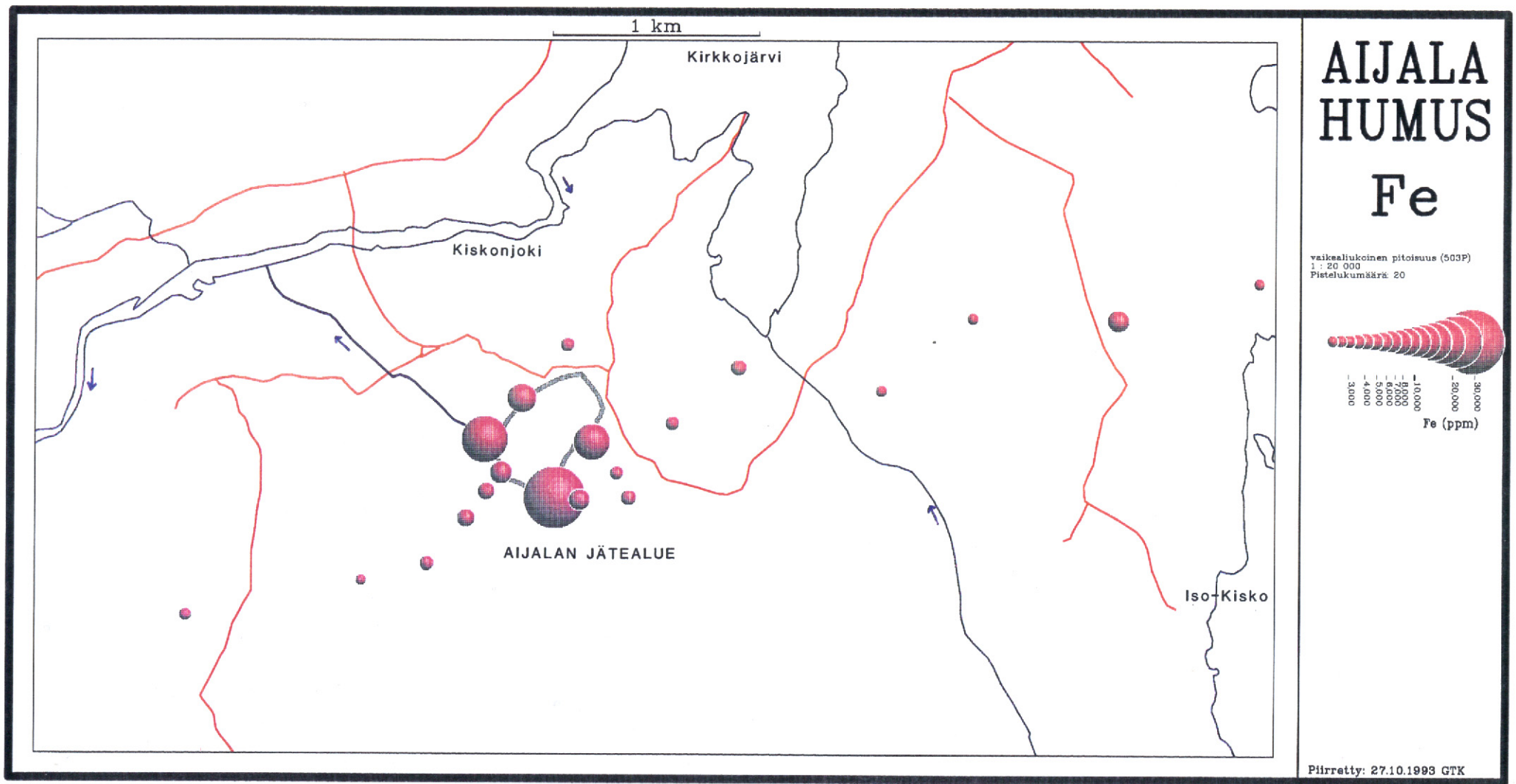
AIJALA HUMUS S

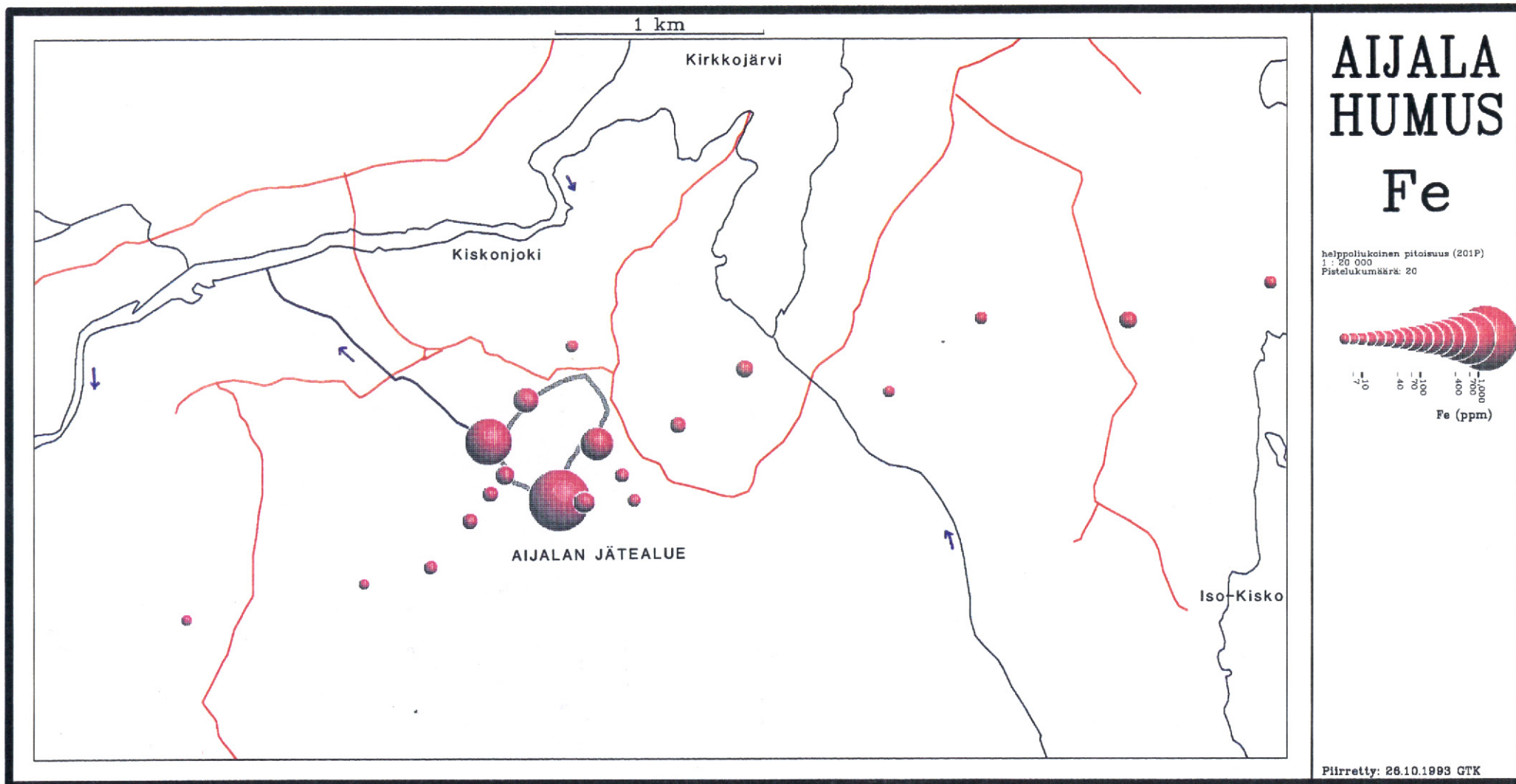
vaikeseiluukoinen pitoisuus (503P)
1 : 20 000
Pistelukumäärä: 20

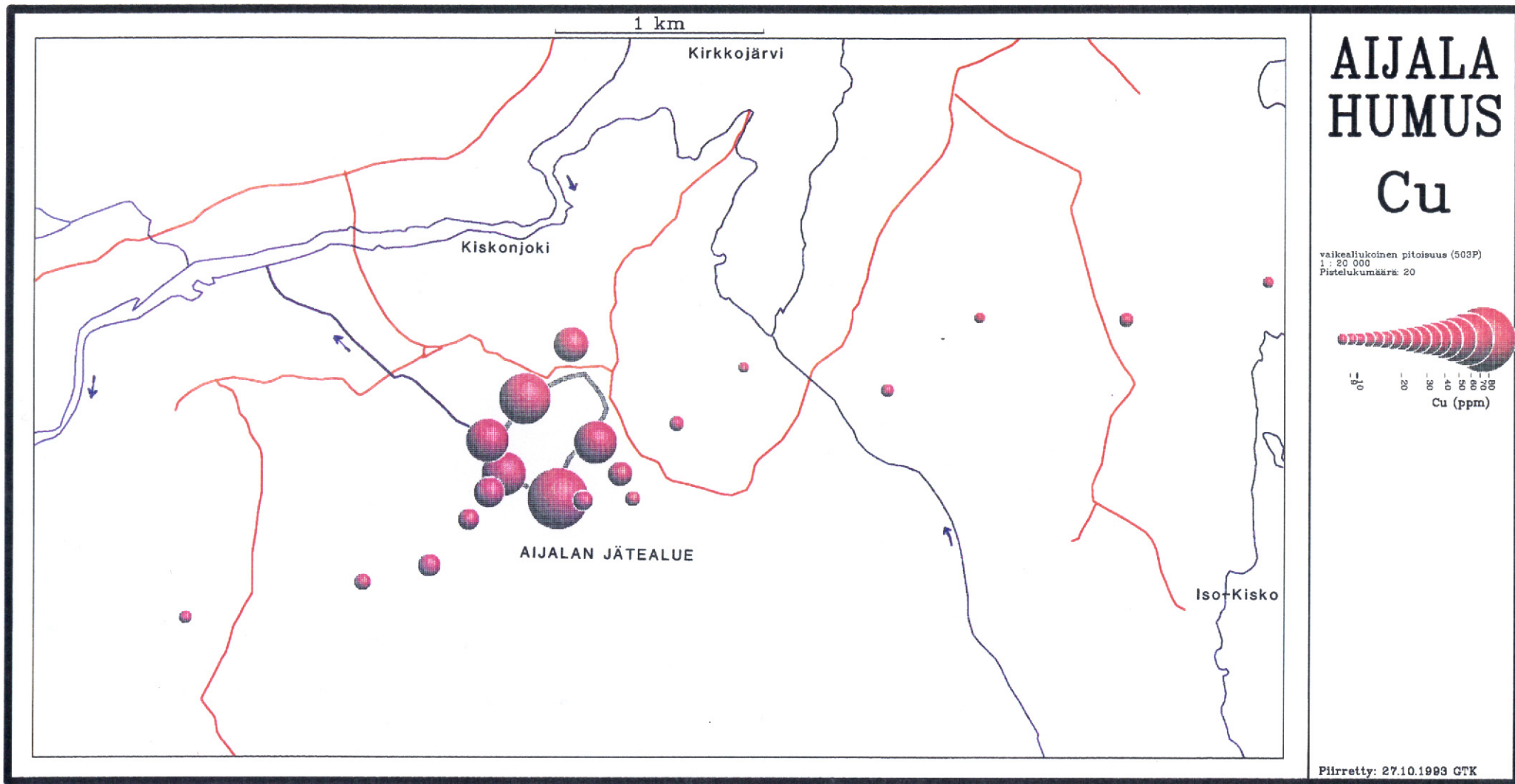


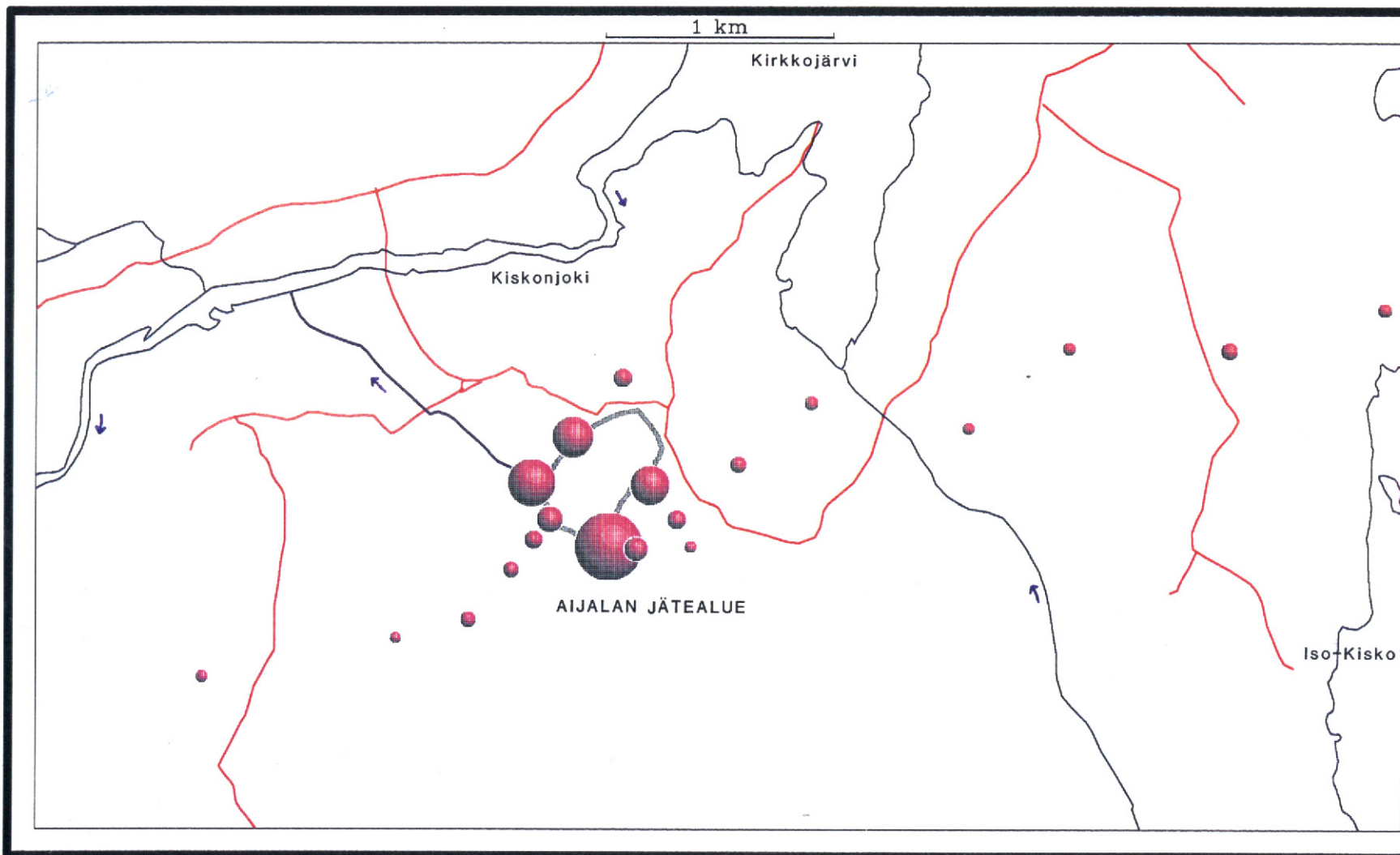
Piirretty: 27.10.1993 GTK







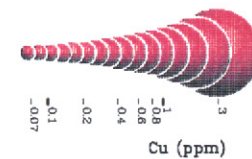




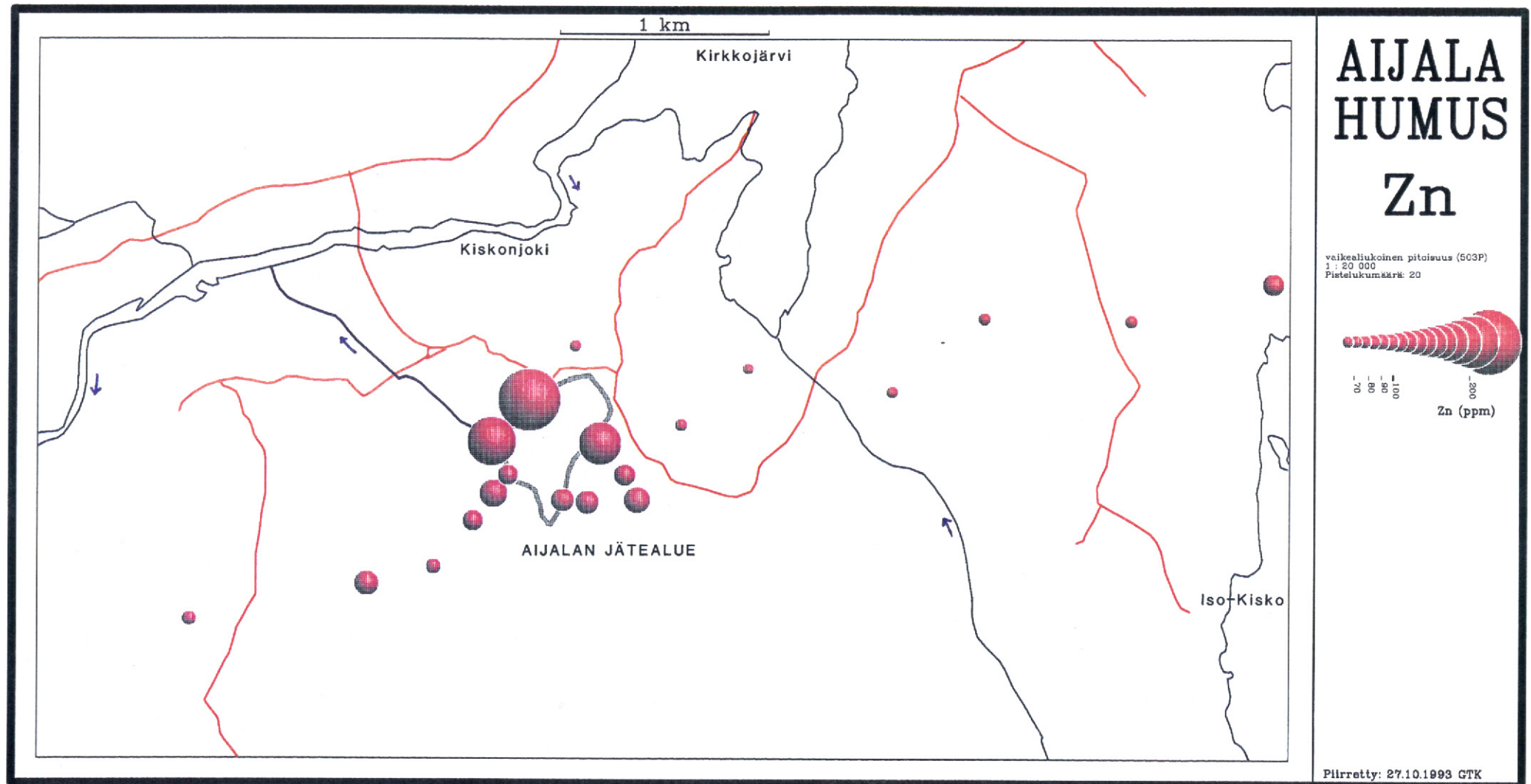
AIJALA HUMUS

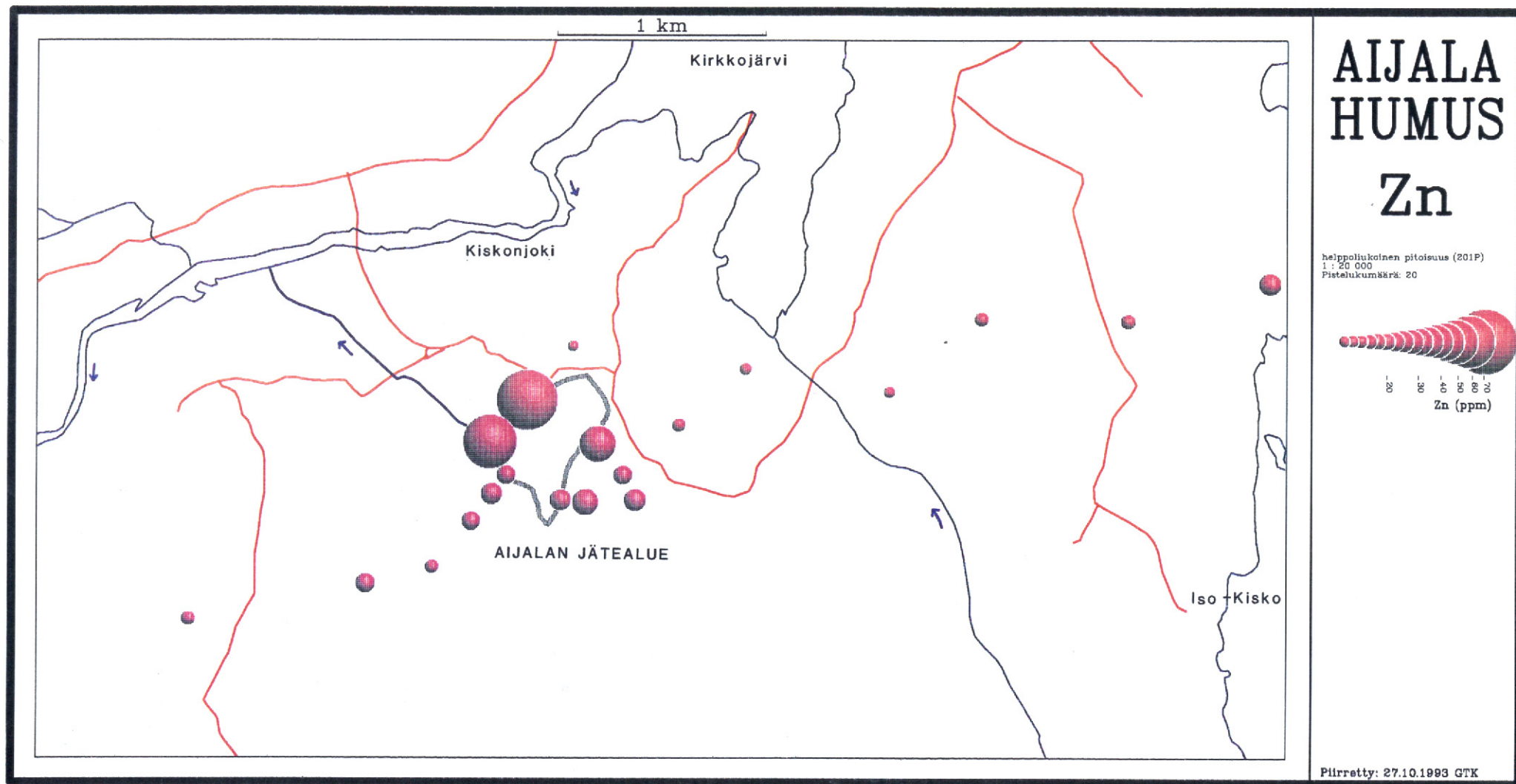
Cu

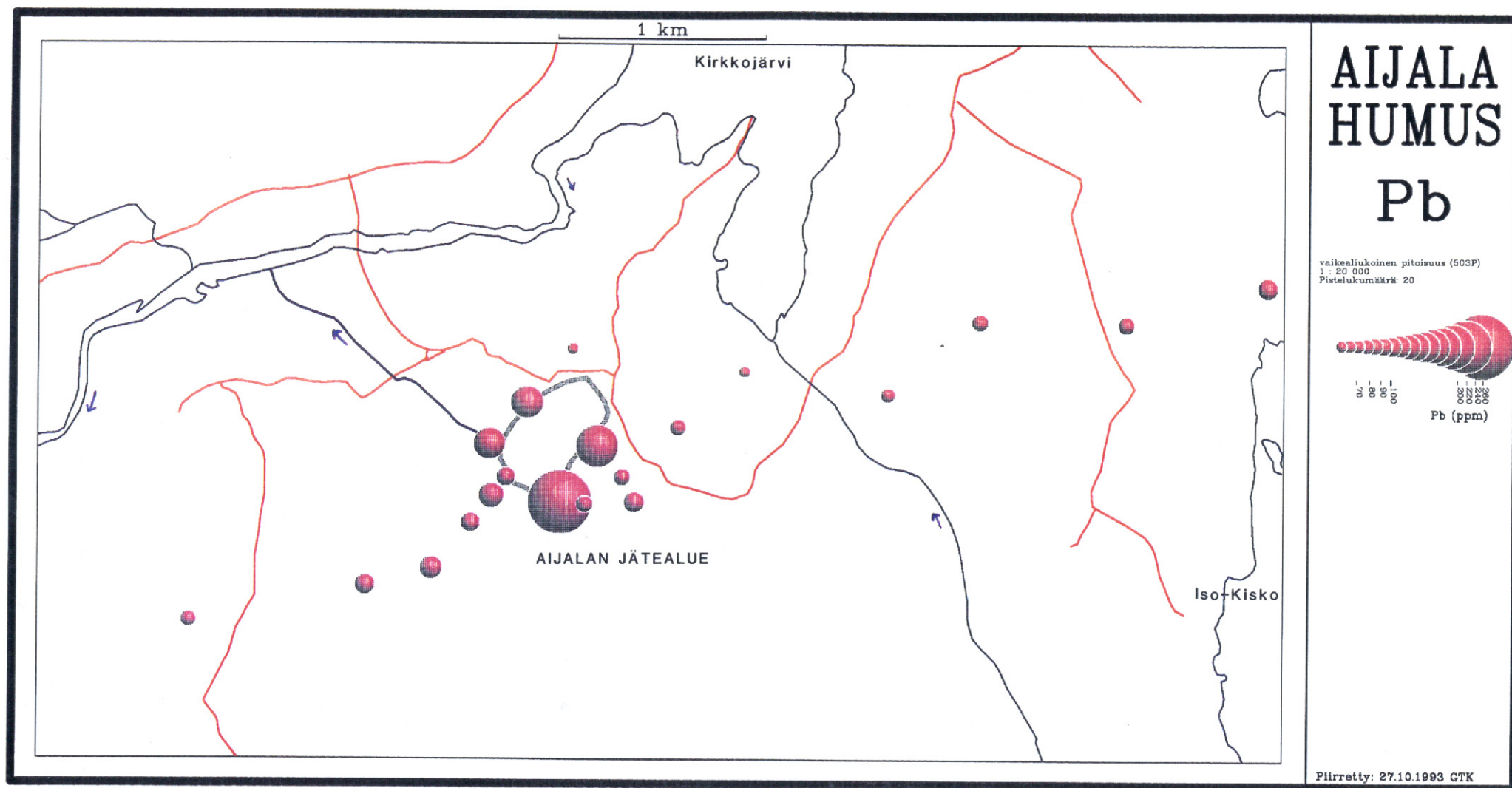
helppoliukoinen pitoisuus (201P)
1 : 20 000
Pistelukumäärä: 20

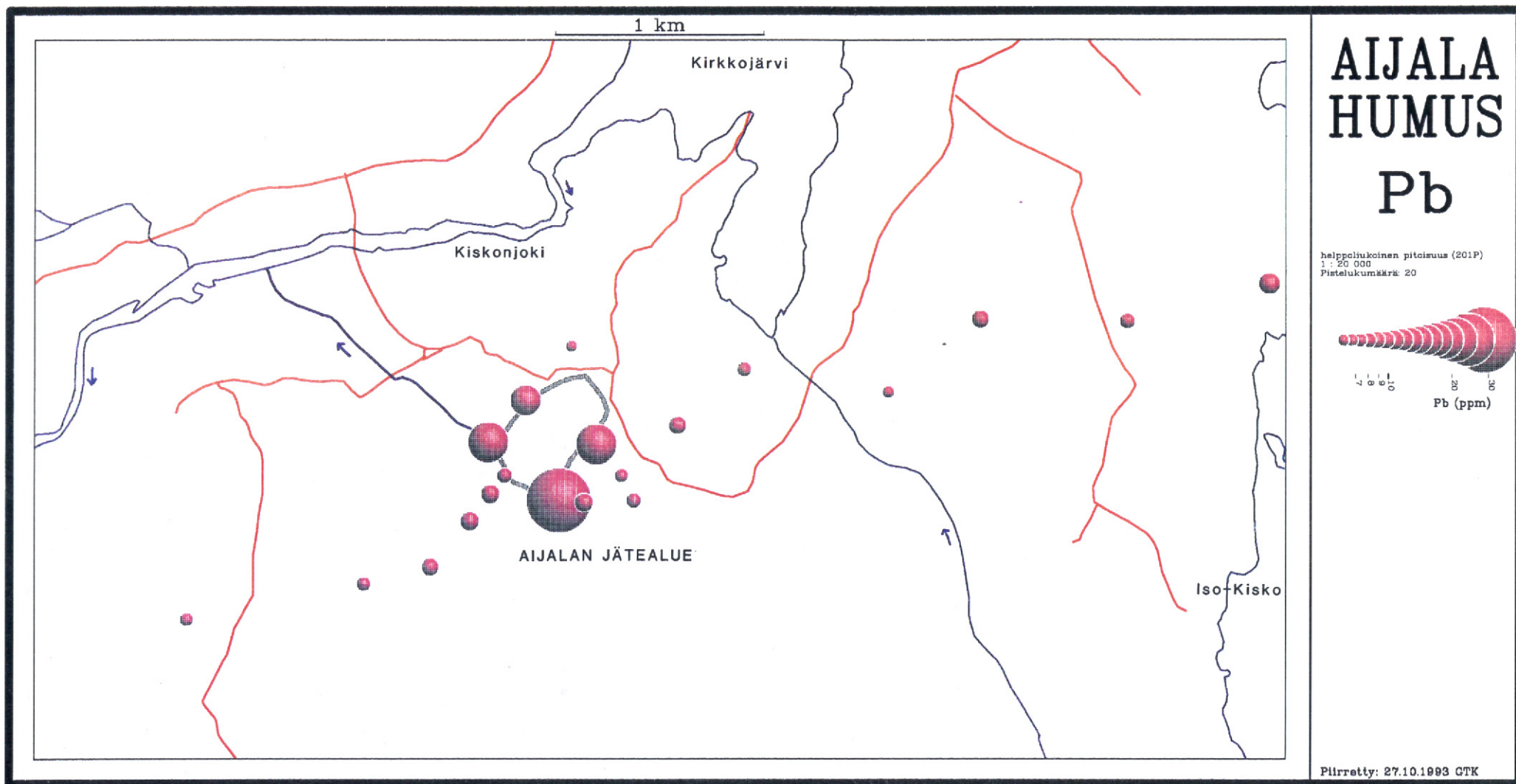


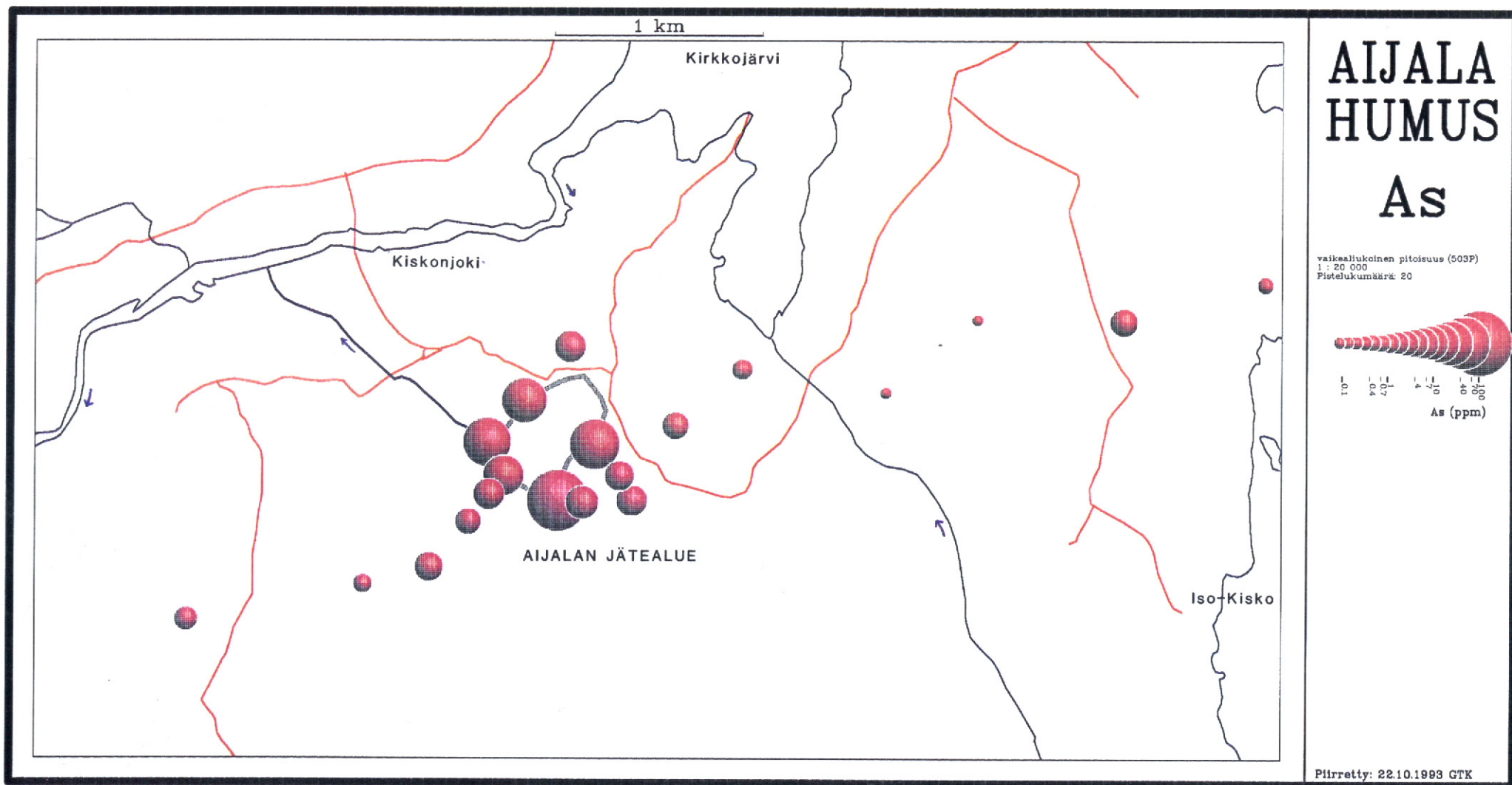
Kiskonjoki

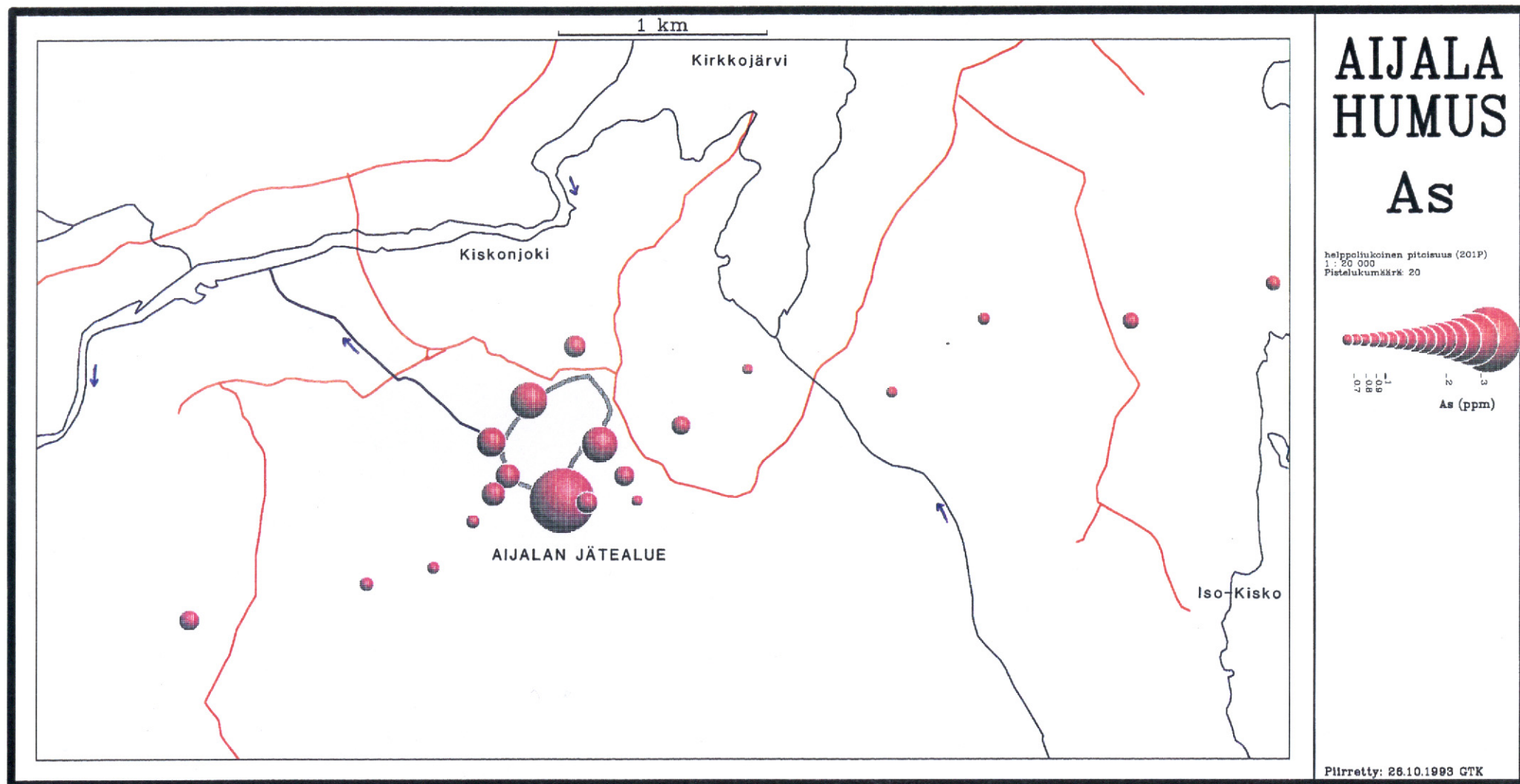


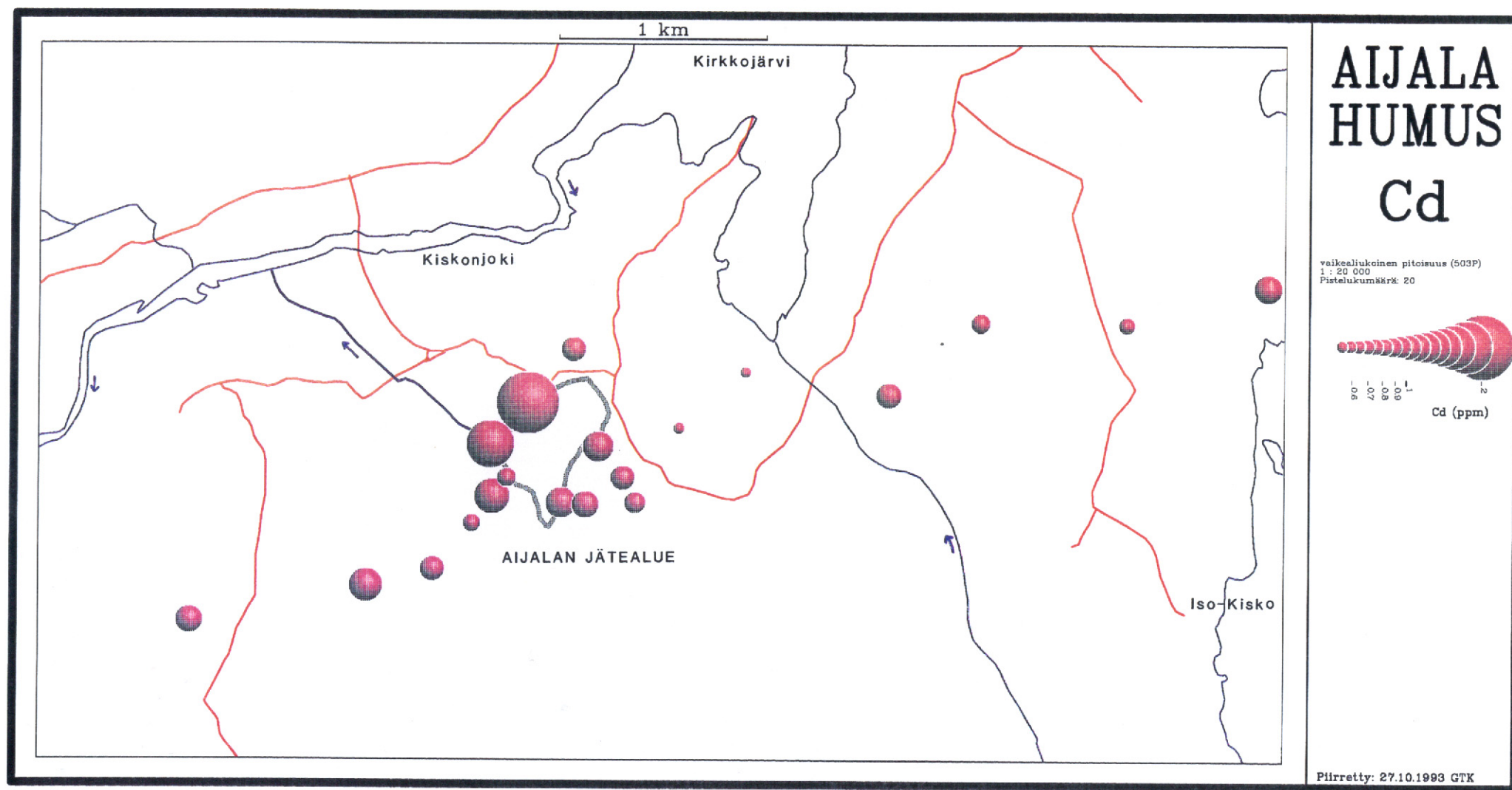


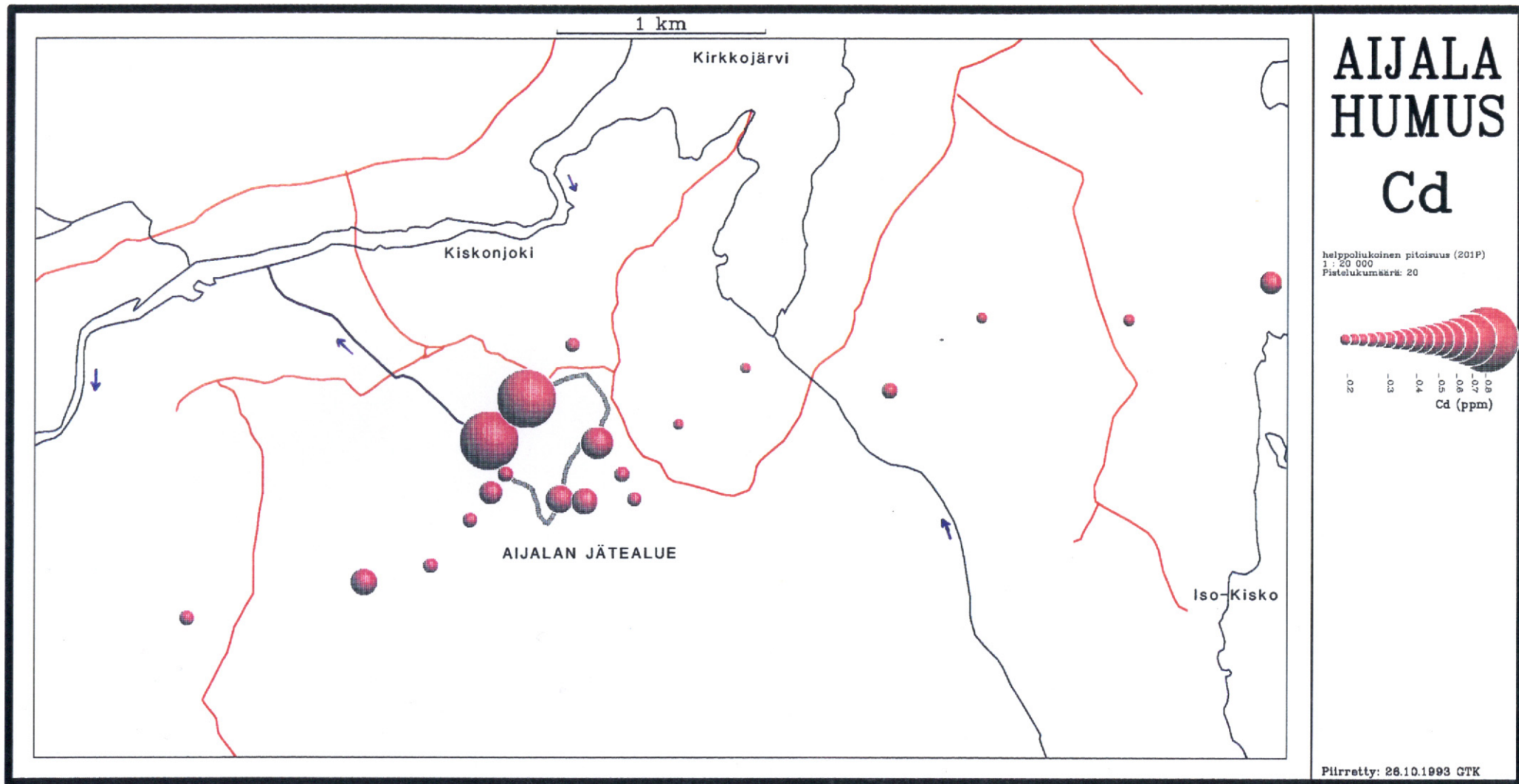


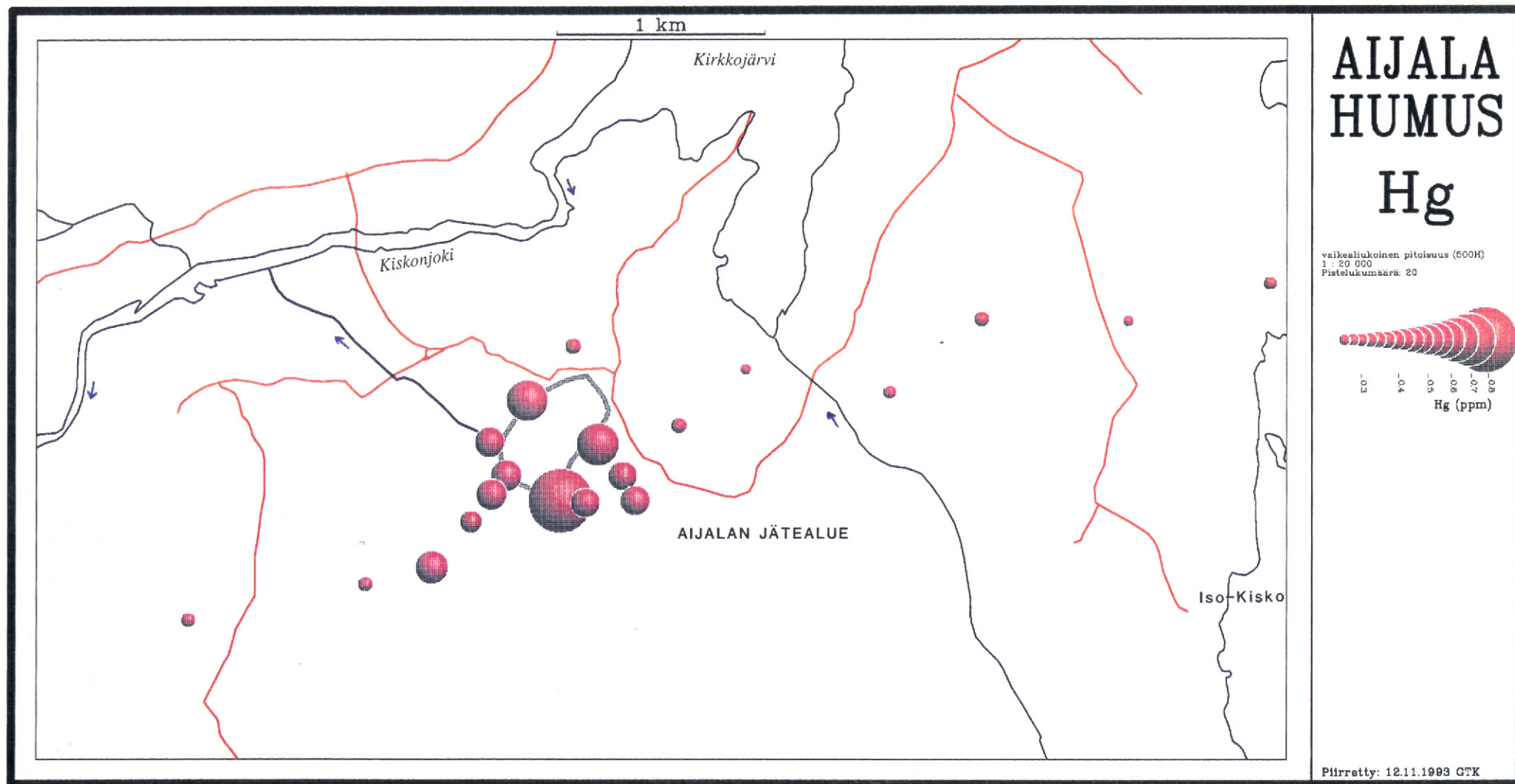


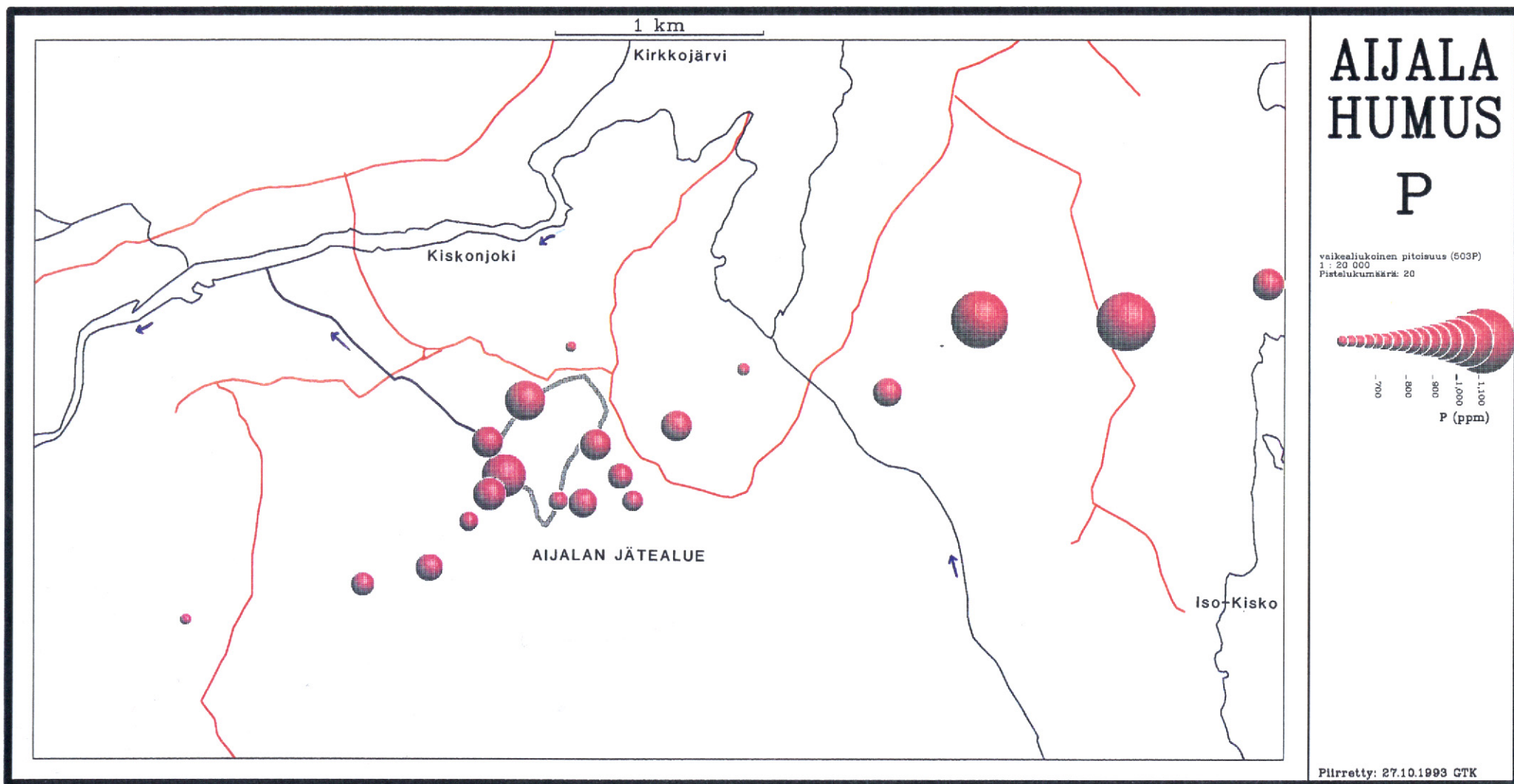


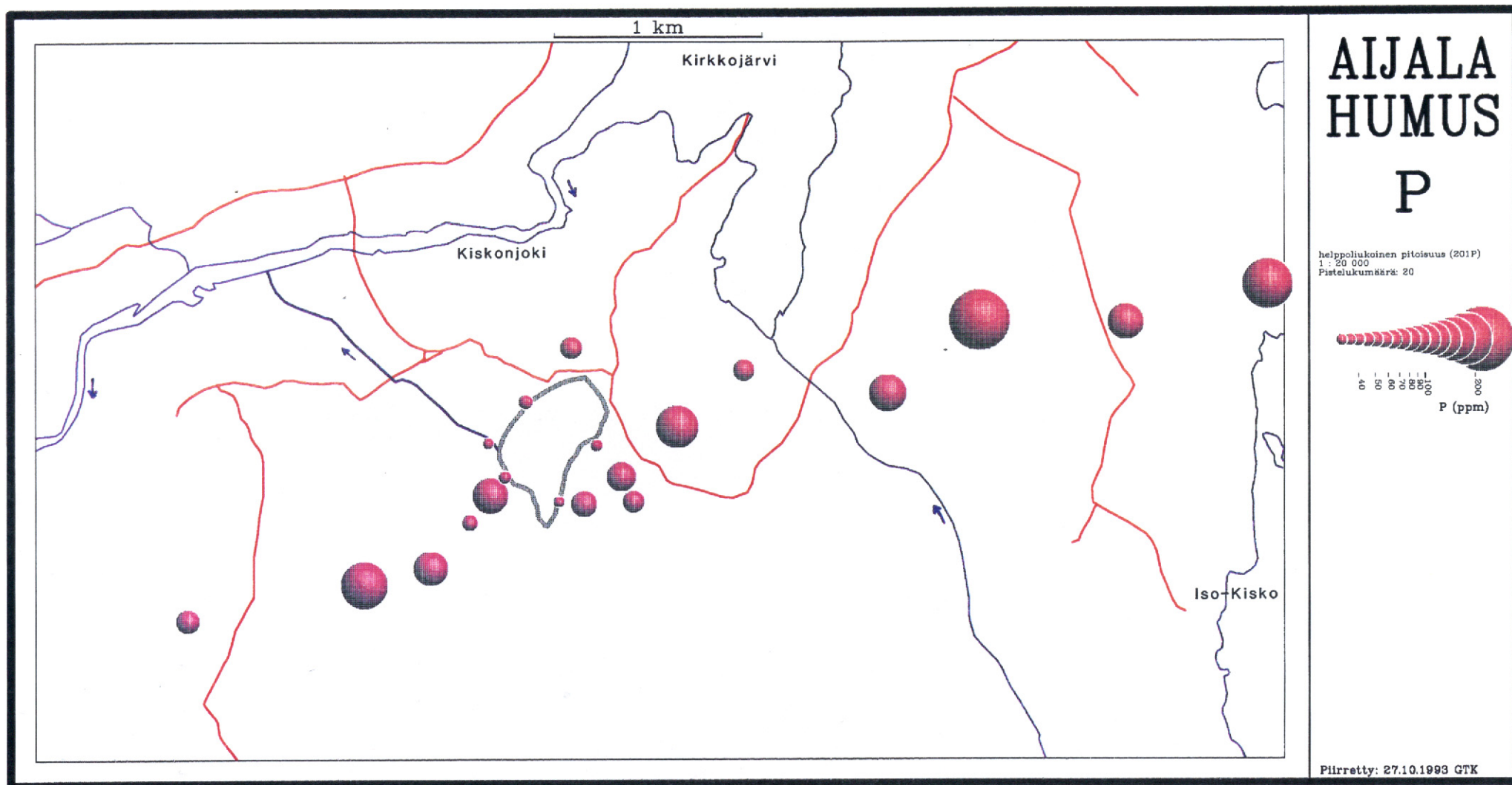












AIJALA/LIITE 7/NÄYTEPISTEET

ALUE:
KARTTALEHTI:
NÄYTTEENOTTAJA:

AIJALA
2014 03
Pekka Sipilä

RIKASTEJÄTENÄYTTEET

Näytenumero	x	y	Paikka
PJS-92-00221 (A)	6675 460	2465 270	Liki lampea, pohjaveden alta
PJS-92-00222 (B)	6675 480	2465 370	Liki lampea, pohjaveden päältä
PJS-92-00223 (D)	6675 680	2465 660	Jätealueen NE-osa, pohjaveden päältä
PJS-93-00001 (C/1)	6675 600	2465 430	Hapettumiskerroksen ylin osa
PJS-93-00002 (C/2)	6675 600	2465 430	Paremmiin säilynyt välikerros hapettuneessa osassa
PJS-93-00003 (C/3)	6675 600	2465 430	Voimakkaasti hapettunut kerros
PJS-93-00004 (C/4)	6675 600	2465 430	Rikastumiskerros
PJS-93-00005 (C/5)	6675 600	2465 430	Muuttumaton kerros

ALUE:
KARTTALEHTI:
NÄYTTEENOTTAJA:
NÄYTTEENOTTOPÄIVÄ:

AIJALA
2014 03
JUHA KAIJA
17.9.1992

VESINÄYTTEET

Näytenumero	x	y	Paikka
PJS-92-00301	6675 400	2465 260	Jätealueen lampi
PJS-92-00302	6675 480	2465 220	Jäteoja, lammesta n. 50 m
PJS-92-00303	6676 320	2464 120	Jäteojan alajuoksu, Kiskonjokeen n. 40 m.
PJS-92-00304	6676 520	2464 560	Kiskonjoki, yläjuoksu, sillan pohj. puoli
PJS-92-00305	6675 950	2463 240	Kiskonjoki, jäteojasta n. 1 km alajuoksulle

ALUE: ALJALA
KARTTALEHTI: 2014 03 (Näyte PJS-92-00213: KL 2012 09)
Näytteenottaja: Pekka Sipilä
Näytteenottoaika: 8-9.9.92

ORGAANISET RANTASEDIMENTIT

Näytenumero	x	y	Paikka
PJS-92-00201	6675 360	2465 280	Jätealueen lampi
PJS-92-00202	6675 550	2465 200	Jäteoja, padosta n. 50 m
PJS-92-00202B	6675 510	2465 180	Suotovesirapakko, padosta n. 50 m
PJS-92-00203	6675 820	2464 800	Jäteoja, padosta n. 0.5 km
PJS-92-00204	6676 300	2464 120	Jäteoja, 50-100 m suistosta, n 1.4 km padosta
PJS-92-00205	6678 160	2465 940	0-näyte, Metolanjoki, Perniö-Toija tien läheltä
PJS-92-00206	6696 960	2465 940	0-näyte, Metolanjoki, Myllypakka
PJS-92-00207	6677 110	2466 440	Kirkkojärvi, Pitkäniemi
PJS-92-00208	6676 520	2464 720	Kiskojoki, jäteojan suusta 600 m ylävirtaan
PJS-92-00209	6676 340	2464 060	Kiskojoki, jäteojan suusta 30 m alavirtaan
PJS-92-00210	6675 540	2463 120	Kiskojoki, jäteojan suusta n. 1.5 km alavirtaan
PJS-92-00211	6674 350	2460 540	Kiskojoki, jäteojan suusta n. 4.5 km alavirtaan
PJS-92-00212	6672 260	2460 080	Kiskojoki, jäteojan suusta n. 6.5 km alavirtaan
PJS-92-00213	6671 050	2449 100	Kiskojoki, jäteojan suusta n. 20 km alavirtaan

6677

ALUE: AIJALA
KARTTALEHTI: 2014 03
Näytteenottaja: Pekka Sipilä
Näytteeottoaika: 29.6.92

HUMUSNÄYTTEET

Näyttenumero	x	y	Maastotyyppi
PJS-92-00101	6675 720	2465 360	Puustoinen, korkea mäennyppylä, osittain ruohottunut
PJS-92-00102	6675 520	2465 180	Tiheä lehtometsä, laskuojan varsi
PJS-92-00103	6675 360	2465 260	Jyrkkä rinne jätteeseen päin (50m), synkän kuusimetsän ja aukean raja, aukko jätteelle päin
PJS-92-00104	6675 270	2465 190	Rinteen yläosa, aukon ja metsän raja, kivi Kva-silmäkkeinen leptiitti (=lpt)
PJS-92-00105	6675 140	2465 090	Kallioinen laki (lpt), aukon reuna
PJS-92-00106	6674 920	2464 900	Kalliomäki (lpt), sekametsää, nuoren aukon reuna
PJS-92-00107	6675 980	2465 580	Kallioinen (lpt) kuusimetsä
PJS-92-00108	6674 840	2464 580	Nuorta mäntymetsää, kallioinen (lpt) laki
PJS-92-00109	6674 670	2463 730	Kallioinen mäki (lpt), nuorta mäntyä
PJS-92-00110	6675 510	2465 700	Rinne 30 m jätteeseen päin, avara ruohopohjainen kuusimetsä
PJS-92-00111	6675 240	2465 520	Rinne 3-5 m jätteeseen päin, sekametsä
PJS-92-00112	6675 230	2465 640	Aukon reuna jätteeseen päin, korkeaa kuusimetsää
PJS-92-00113	6675 360	2465 820	50 m aukolle, joka etelässä, sankka kuusimetsä, likeinen kallio lpt
PJS-92-00114	6675 240	2465 880	Kallioinen (lpt) alue, rinne jätteeseen päin, harvenneetu nuori männikkö
PJS-92-00115	6675 600	2466 090	Kalliomäki (lpt), aukon reuna, mänty+kuusi
PJS-92-00116	6675 870	2466 410	Kalliomäki (lpt), lähellä (50 m) gabro, uuden aukon S-reuna
PJS-92-00117	6675 760	2467 100	Nuori mäntymetsä, hiekka-alue
PJS-92-00118	6676 110	2467 540	Kuusimetsä, GRDR vieressä, hiekka-alue
PJS-92-00119	6676 100	2468 240	Sekametsä, GABRO
PJS-92-00120	6676 280	2468 920	Sekametsä, GABRO kallion S-puoli (20m)

ALUE: AIJALA
KARTTALEHTI: 2014 03
Näytteenottaja: Pekka Sipilä
Näytteenottoaika: 29.6.92

SAMMALNÄYTTEET

Näytenumero	x	y	Sammallaji	Maastotyyppi
PJS-92-00101	6675 720	2465 360	Seinäsammal	Puustoinen, korkea mäennypylä, osittain ruohottunut
PJS-92-00102	6675 520	2465 180	Seinäsammal	Tiheä lehtometsä, laskuojan varsi
PJS-92-00103	6675 360	2465 260	Seinäsammal	Jyrkkä rinne jätteeseen päin (50m), synkän kuusimetsän ja aukean raja, aukko jätteelle päin
PJS-92-00104	6675 270	2465 190	Seinäsammal	Rinteen yläosa, aukon ja metsän raja, kivi Kva-silmäkkeinen lehtiitti (=lpt)
PJS-92-00105	6675 140	2465 090	Seinäsammal	Kallioinen laki (lpt), aukon reuna
PJS-92-00106	6674 920	2464 900	Seinäsammal	Kalliomäki (lpt), sekametsää, nuoren aukon reuna
PJS-92-00107	6675 980	2465 580	Seinäsammal	Kallioinen (lpt) kuusimetsä
PJS-92-00108	6674 840	2464 580	Seinäsammal	Nuorta mäntymetsää, kallioinen (lpt) laki
PJS-92-00109	6674 670	2463 730	Seinäsammal	Kallioinen mäki (lpt), nuorta mäntyä
PJS-92-00110	6675 510	2465 700	Seinäsammal	Rinne 30 m jätteeseen päin, avara ruohopohjainen kuusimetsä
PJS-92-00111	6675 240	2465 520	Seinäsammal	Rinne 3-5 m jätteeseen päin, sekametsä
PJS-92-00112	6675 230	2465 640	Seinäsammal	Aukon reuna jätteeseen päin, korkeaa kuusimetsää
PJS-92-00113	6675 360	2465 820	Seinäsammal	50 m aukolle, joka etelässä, sankka kuusimetsä, likeinen kallio lpt
PJS-92-00114	6675 240	2465 880	Seinäsammal	Kallioinen (lpt) alue, rinne jätteeseen päin, harvenneetu nuori männikkö
PJS-92-00115	6675 600	2466 090	Kerrossammal	Kalliomäki (lpt), aukon reuna, mänty+ kuusi
PJS-92-00116	6675 870	2466 410	Seinäsammal	Kalliomäki (lpt), lähellä (50 m) gablo, uuden aukon S-reuna
PJS-92-00117	6675 760	2467 100	Seinäsammal	Nuori mäntymetsä, hiekka-alue
PJS-92-00118	6676 110	2467 540	Seinäsammal	Kuusimetsä, GRDR vieressä, Hiekka
PJS-92-00119	6676 100	2468 240	Seinäsammal	Sekametsä, GABRO
PJS-92-00120	6676 280	2468 920	Seinäsammal	Sekametsä, GABRO kallion S-puoli (20m)