RAPPORT FÖR DET EUROPEISKA PROJEKTET URGE

Urban geokemi i Karlstad

Jo Uhlbäck, Madelen Andersson
& Anna Ladenberger

augusti 2014

SGU-rapport 2014:25



SGU
Sveriges geologiska undersökning
Geological Survey of Sweden

Omslagsbild: Provtagning vid en förskolas lekplats i Karlstad. Foto: Kajsa Bovin.

Sveriges geologiska undersökning
Box 670, 751 28 Uppsala
tel: 018–17 90 00
fax: 018–17 92 10
e-post: sgu@sgu.se
www.sgu.se

INNEHÅLL

Abstract **5**

Introduktion **6**
Urban geochemistry – geokemi utan geologi? 6

Metodik **7**
Provtagningslokaler 7
Provtagning i fält 7
Geokemisk analys 9
Analys av data 9
Kartor 10

Resultat och diskussion **10**
KM-värden 10
Tolkning av kartor 10

Silver (Ag) **11**

Aluminium (Al) **12**

Arsenik (As) **13**

Guld (Au) **14**

Barium (Ba) **15**

Vismut (Bi) **16**

Kalcium (Ca) **17**

Kadmium (Cd) **18**

Cerium (Ce) **19**

Kobolt (Co) **20**

Krom (Cr) **21**

Koppar (Cu) **22**

Järn (Fe) **23**

Gallium (Ga) **24**

Kvicksilver (Hg) **25**

Kalium (K) **26**

Lantan (La) **27**

Litium (Li) **28**

Magnesium (Mg) **29**

Mangan (Mn) **30**

Molybden (Mo) **31**

Natrium (Na) **32**

Niob (Nb) **33**

Nickel (Ni) **34**

Fosfor (P) **35**

Bly (Pb) **36**
Rubidium (Rb) **37**
Svavel (S) **38**
Antimon (Sb) **39**
Skandium (Sc) **40**
Selen (Se) **41**
Tenn (Sn) **42**
Torium (Th) **43**
Titan (Ti) **44**
Uran (U) **45**
Vanadin (V) **46**
Yttrium (Y) **47**
Zink (Zn) **48**
Zirkonium (Zr) **49**
Sammanfattning **50**
Referenser **50**
Bilaga 1. Tabeller **52**
Grundläggande statistik 52
Percentiler 53
Korrelationsmatris för undersökta grundämnen i Karlstad och Hammarö 54
Detektionsgränser 60
Bilaga 2. Boxplottar **61**
Distribution av grundämnen i förhållande till markanvändningen 61
Distribution av grundämnen i förhållande till underlagrande jordart 67

ABSTRACT

As part of the European project URGE (Urban Geochemistry), in collaboration with EuroGeoSurveys Geochemistry Expert Group (EGS-GEG), surficial ground matter was surveyed in the urban area of the towns Karlstad and Skoghall in central Sweden. The purpose was to assess geochemical patterns of potentially toxic metals and other elements that can be considered hazardous at elevated concentrations.

306 samples of surficial (0–10 cm depth) matter were dried, sieved and analysed by aqua regia (AR) digestion by ICP-MS. The results were interpreted with respect to six land use categories (residential, recreational, greenfields, harbour, industrial areas and playgrounds), and compared against soil type (soil data 1:50 000, SGU database, 2014-08-01). The results were also compared to national risk levels set by the Swedish EPA (Naturvårdsverket) for antimony (Sb), arsenic (As), barium (Ba), lead (Pb), cadmium (Cd), cobalt (Co), copper (Cu), chromium (Cr), mercury (Hg), molybdenum (Mo), nickel (Ni), vanadium (V) and zinc (Zn).

The results display a mixed and complicated relationship of geological background and anthropogenic overprint. Land use plays an important role in the geochemical pattern of urban environments, for instance, harbour and industrial areas more often show higher concentrations of industrial metals (e.g. Co, Cu, Ni, Pb, Sb, Zn), while residential areas and playgrounds generally display lower levels of the corresponding elements. Recreational areas and greenfields commonly have larger within-group variation, as they represent broadly defined categories with both high and low metal concentrations. Soil texture is another factor influencing element distribution. However, the comparison of collected urban soil for the URGE project with the top soil information based on soil from 50 cm depth and remote sensing is limited by the assumption that the top soil used for the URGE project is of both soil types are similar. Taking this into account, the soil texture analysis shows that some metals (e.g. Ag, As, Cd, Cu, Mo, Sn, Zn) have a natural tendency to accumulate in fine-grained sediments and land fill stands out as chemically different due to its foreign origin. These elevated concentrations of potentially toxic metals in land fill and fine-grained sediments of harbour and industrial areas are likely to be a result of anthropogenic overprint.

Geochemical studies of surficial soils contribute to the understanding of potential human exposure to certain elements in the urban environment. The results from this study can be used by the local authorities for future planning of the infrastructure and monitoring of sensitive and contaminated land. Potential health risks for inhabitants who reside and work in contaminated areas can also be assessed, with the aim to specify and inform the public about possible precautionary measures.

Keywords: URGE, urban soil geochemistry, ICP-MS, soil type, land use

INTRODUKTION

Urban geochemistry – geokemi utan geologi?

Syftet med att utföra denna typ av geokemiska undersökningar i tätorter är att identifiera platser med förhöjda koncentrationer av metaller och spårämnen som kan leda till hälsoproblem. Karlstad ingår som en av 16 städer i Europa där insamling och analyser av prover har gjorts med i princip samma metodik. Det har hittills saknats enhetliga data vilket omöjliggjort jämförelse mellan städernas miljöstatus och olika bakgrundsvärden av metaller och organiska miljögifter. Med en urban geokemisk databas får tjänstemän och politiker ett användbart beslutsunderlag som når utanför den lokala administrationsgränsen.

Geokemi är kunskapen om koncentration och spatial fördelning av kemiska element i litosfären, hydrosfären, biosfären, atmosfären, d.v.s. i vår naturliga miljö. I städerna har däremot industrialisering och ökad befolkningstillväxt gjort att metaller cirkulerar i teknosfärens konstgjorda miljö. Urban geokemi fokuserar därför på de urbana systemen i samhället. Geokemisk kartläggning har sitt ursprung i letande efter malm och metoden utvecklades i Sovjetunionen på 1930-talet (Garrett m.fl. 2008). Malmförande områden är också rika på exempelvis arsenik, uran, kadmium, nickel eller zink och utgör riskområden som kan orsaka höga metallhalter i mark och vatten. Likaså kan naturligt höga metallhalter i bergarter utgöra riskområden. En vanlig orsak till exponering för metaller är just att vårt vatten innehåller höga halter av metaller och metalloider som på sikt kan ge hälsoeffekter. En annan vanlig orsak till exponering för metaller är via jorddamm och partiklar i det översta marklagret. En särskild fara utgör där iordningställda lekplatser för barn.

Globalt ställs krav på standardisering inom olika områden och det finns ett uttalat behov hos beslutsfattare att kunna använda jämförbara beslutsunderlag. International Union of Geological Surveys (IUGS) står bakom ett flertal projekt inriktade på att ta fram harmoniserade dataset exempelvis inom den geokemiska vetenskapsgrenen (Global geochemical baselines). Ett fritt tillgängligt och nedladdningsbart exempel från Europa är Geochemical Atlas of Europe (Salminen m.fl. 2005, De Vos m.fl. 2006) baserat på ett flertal provtagningsmedia. Här finns jämförande data och kartor från 29 europeiska länder, dock inte från några urbana miljöer (FOREGS). För att tillmötesgå



Residenset i Karlstad. Stadens grundare, Karl den IX, övervakar provtagningen av ytlig jord från sin granitsockel. Statyn över Karl den IX utfördes av Christian Eriksson och restes 1926. Foto: Madelen Andersson.

direktiven i det europeiska regelverket REACH (Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals) publicerades i mars 2014 en geokemisk atlas över jordbruksmark i Europa ”Chemistry of Europe’s agricultural soils” (Reimann m.fl. 2014a, 2014b). Under norsk projektledning har 33 europeiska länder i EuroGeoSurveys (EGS) provtagit och provberett jord från åkermark och betesmark. Alla analyser, delvis sponsrade av Eurometaux (European Association of Metals), har gjorts på några utvalda laboratorier i syfte att skapa ett homogent dataset, jämförbart mellan olika länder.

EGS expertgrupp för geokemi har också tagit initiativet till geokemisk kartläggning av urbana miljöer. Under ett arbetsgruppsmöte i Serbien i slutet av september 2009 valdes Sverige som nummer sju av de länder med deltagarstäder. Grund för valet av Karlstad var både förekomsten av tung industri och att staden är anlagd på Klarälvens deltaområde. Klimatförändring med höjd vattennivå skulle lägga staden i en riskzon avseende dricksvattenkvalitet. I de europeiska städer som valdes ut har respektive lands geologiska undersökning bekostat provtagning efter noggranna instruktioner. I stora städer som Dublin, samlades 1 000 prover in år 2009. I Karlstad togs prov från drygt 300 platser under 2011. Proverna är tagna helt ytligt och influensen från lokal geologi och geokemi är försumbar. Från Karlstad, som ingår i SGU-projektet Västra Svealand, är även prover tagna enligt SGUs metodik för tätortsgeokemiska undersökningar (morän, ytlig jord, näckmossa, vatten).

METODIK

Provtagningslokaler

306 prov (på högst 10 cm provdjup) togs i tätortsområdena i Karlstad (Karlstad kommun) och Skoghall (Hammarö kommun). För att göra en jämförelse mellan halterna av olika grundämnen och markanvändningsområde kategoriserades provtagningslokalerna efter sex olika markanvändningstyper (figur 1, tabell 1).

Lägger man till en jordartskarta (1:50 000, tabell 2, figur 2), kan man också notera hur vissa grundämneshalter påverkas av jordartsunderlaget (se avsnittet Resultat och diskussion). Jordarternas betydelse varierar eftersom jordartskarteringen skett på 50 cm djup samt baserats på flygbildstolkning, medan URGE-proven tagits på 0–10 cm djup, men kan ändå spela roll eftersom vissa grundämnen dels tenderar att ackumulera beroende på kornstorleken hos materialet (t.ex. vissa metaller ackumulerar gärna i finkorniga sediment), dels för att berggrundens vittringsprocess också bidrar till olika koncentrationer av bergartsspecifika grundämnen.

Provtagning i fält

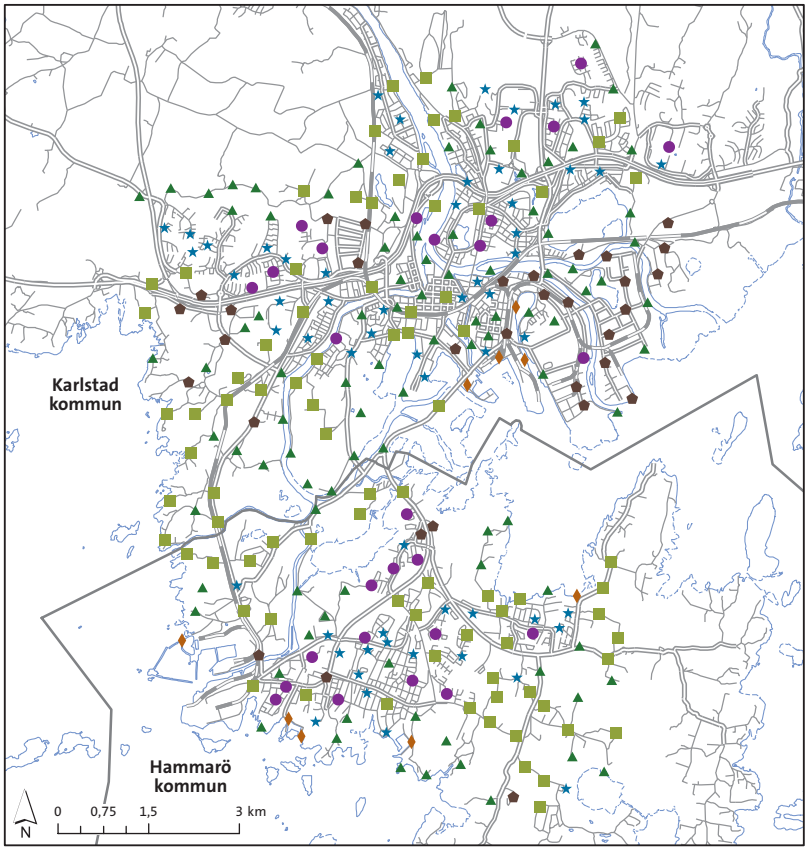
Instruktioner för hur provtagningsrutinerna ska utföras har skickats till alla deltagande länder från EGS. I det följande återges dessa instruktioner.

För att kunna göra en jämförande studie mellan olika europeiska städers urbana geokemi används ett systematiskt provtagningssätt. Ytproven togs på 0–10 cm djup med en provtagningsdensitet på minst 4 prov/km^2. För att kunna reproducera en realistisk bild av spridningen av metaller och organiska toxiner behöver 300–1000 prov samlas in per stad. Provtagningslokaler med mycket vegetation kan först rensas med en kniv, för att få ett så rent jordprov som möjligt.

Ett (1) ytprov på ca 0,5 kg togs och förvarades i en ofärgad RILSAN-påse med måtten 250 × 500 × 0,04 mm (fig. 3). Koordinater togs för varje provtagningslokal och WGS84 användes i grader (°), minuter (') och sekunder ("). Digitala foton togs för varje provtagningslokal. I provtagningsområdet samlades 306 prov samt 40 duplikatprov in.

Geokemisk analys

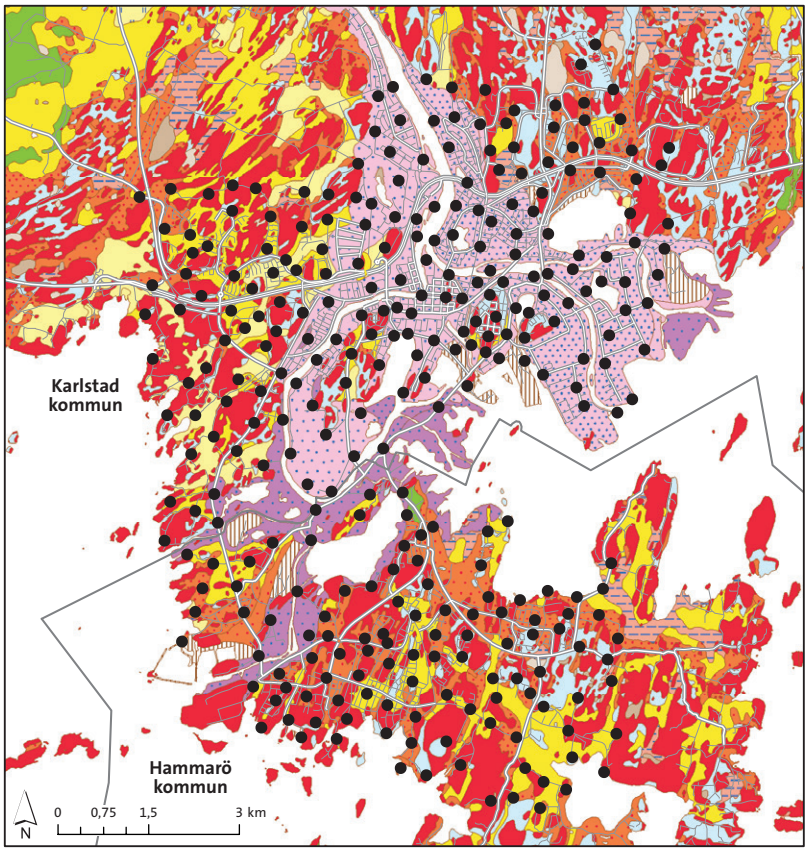
Samtliga 306 prov torkades i 40 °C och siktades till fraktionen <2 mm (med nylonsikt). Därefter skickades de i provmängder om 10 g på ICP-MS-analys (Ultratrace Aqua Regia Digestion, ACME Labs i Vancouver, Canada).



Markanvändning

- Bostadsområde
- Gräsyta
- Grönområde
- Hamn
- Industri
- Lekplats

Figur 1. Provtagningsplatser indelade i olika markanvändningsområden. Här ses även kommungränsen mellan Karlstad och Hammarö.



Jordarter

- Provpunkter (URGE)
- Berg
- Finsand (postglacial)
- Fyllning
- Grus
- Isälvssediment
- Lera (glacial)
- Lera (postglacial)
- Morän
- Sand
- Silt (postglacial)
- Svämsediment, finsand
- Älvsediment, finsand
- Älvsediment, sand

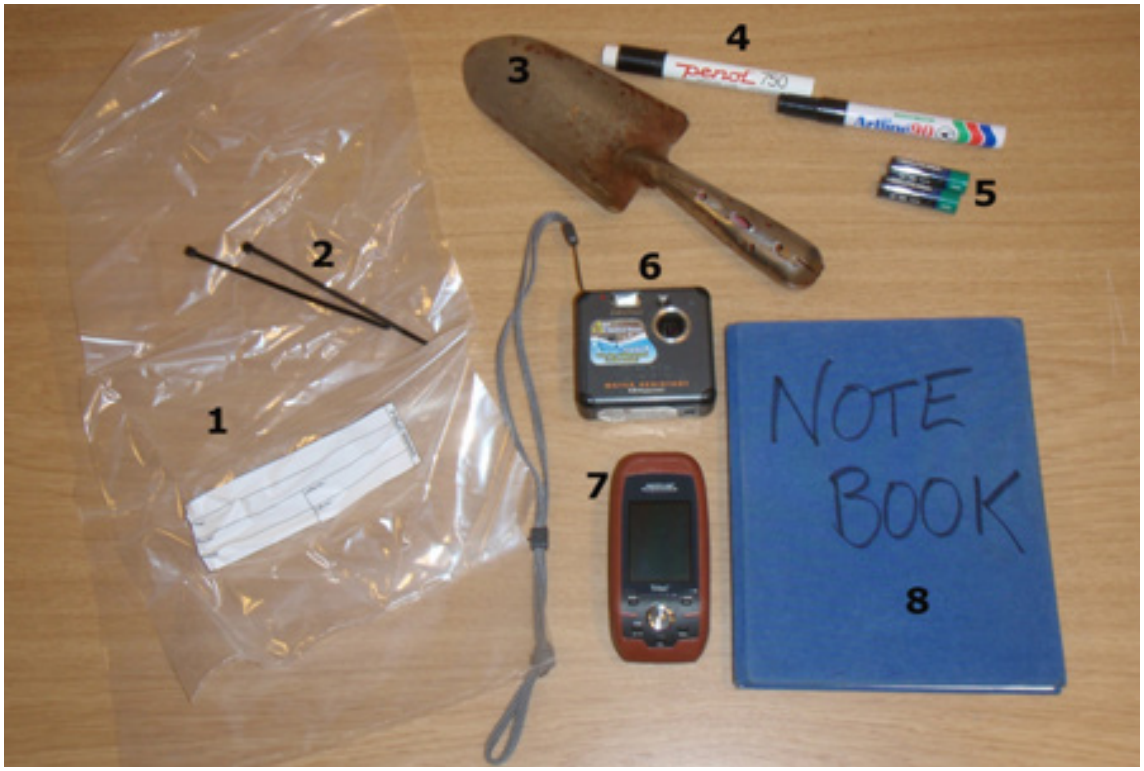
Figur 2. Jordarter 1:50 000, från SGUs databaser. Punktdata utgör provtagningslokaler för URGE-prov.

Tabell 1. Antalet provtagningslokaler indelade i kategorier efter markanvändningsområde.

Markanvändning	Antal prov
Bostadsområde	27
Gräsyta	83
Grönområde	96
Hamn	9
Industri	32
Lekplats	59

Tabell 2. Antalet provtagningslokaler indelade efter jordartskartan.

Jordart	Antal observationer
berg	71
finsand (postglacial)	19
fyllning	4
grus	2
lera (glacial)	37
lera (postglacial)	11
morän	21
sand	26
silt (postglacial)	6
svämsediment, finsand	13
älvsediment, finsand	47
älvsediment, sand	44
ingen observation	5



Figur 3. Utrustning för urban geokemisk provtagning (från provtagningsinstruktionen). 1) Rilsan provpåse, 2) buntband för förslutning av provpåsen, 3) trädgårdsspade i metall, 4) svart vattenfast märkpenna, 5) batterier för GPS och kamera, 6) digitalkamera, 7) GPS, 8) anteckningsbok för kommentarer och provtagningslista.

Analys av data

Resultaten presenteras med grundläggande statistik och korrelationsmatriser i bilaga 1 samt med kartor och fördelningsdiagram i avsnittet Resultat & diskussion och i bilaga 2. Den mjukvara som använts för statistisk tolkning är STATISTICA. Prov under detektionsgränsen (detection limit, DL) används som ½DL i alla beräkningar och i kartframställningen.

För följande grundämnen finns kartor i denna studie: silver (Ag), aluminium (Al), arsenik (As), guld (Au), barium (Ba), vismut (Bi), kalcium (Ca), kadmium (Cd), cerium (Ce), kobolt (Co), krom (Cr), koppar (Cu), järn (Fe), gallium (Ga), kvicksilver (Hg), kalium (K), lantan (La), litium (Li), magnesium (Mg), mangan (Mn), molybden (Mo), natrium (Na), niob (Nb), nickel (Ni), fosfor (P), bly (Pb), rubidium (Rb), svavel (S), antimon (Sb), skandium (Sc), selen (Se), tenn (Sn), torium (Th), titan (Ti), uran (U), vanadin (V), yttrium (Y), zink (Zn) och zirkonium (Zr).

Övriga grundämnen som ingår i den generella tolkningen är bor (B), beryllium (Be), cesium (Cs), germanium (Ge), hafnium (Hf), indium (In), palladium (Pd), platina (Pt), rhenium (Re), strontium (Sr), tellur (Te), tulium (Tl) och wolfram (W).

Kartor

Kartorna har framställts i ArcMap 10.1 (ArcGIS). De visar fördelningen av grundämnenas koncentrationer i tätortsområdena Karlstad och Skoghall (Hammarö kommun), och baseras på SGUs jordartsdata (databasen Jordarter 1:50 000, hämtad 2014-08-01) samt terrängdata från Lantmäteriet (hämtad 2014-08-01) som underlag. Punktdata visar grundämnens koncentrationer för varje provtagningslokal, med enheterna ppb, ppm eller procent beroende på grundämne.

RESULTAT OCH DISKUSSION

KM-värden

Ett antal av de grundämnen som finns med i denna studie finns också på Naturvårdsverkets lista över Känslig Markanvändning (KM) enligt rapporten Riktvärden för förorenad mark (Naturvårdsverket 2009). Den lakningsmetod som använts i vår studie är kungsvattenlakning (aqua regia digestion), medan salpetersyralakning (7M HNO_3^-) främst har använts för Naturvårdsverkets avgränsande riktvärden (med undantag av Mo och Sb som lakats med kungsvatten). Det är därför viktigt att beakta att koncentrationerna i denna studie kan visa vissa skillnader i grundämneshalter från vad salpetersyralakning skulle visa.

Tolkning av kartor

Kategoriseringen av markanvändningsområden är en grov men användbar riktlinje när det kommer till att undersöka distributionen av grundämnen. Data från lekplatser, industri- och hamnområden samt bostadsområden representerar väldefinierade målkategorier, medan provtagna gräsytor och grönområden uppvisar större variation (t.ex. idrottsplatser, golfbanor, parker). Resultaten från denna studie kan ses som en vägledning till framtida arbeten rörande urban geokemi. Som i alla studier finns det begränsningar för vilka tolkningar man kan göra med insamlad information. I tolkningen av resultaten utgörs begränsningarna av

- ett ojämnt antal prov i olika kategorier av markanvändningsområden,
- en inte helt harmoniserad jämförelse mellan urbana prov (0–10 cm) och jordartsobservationer (50 cm).

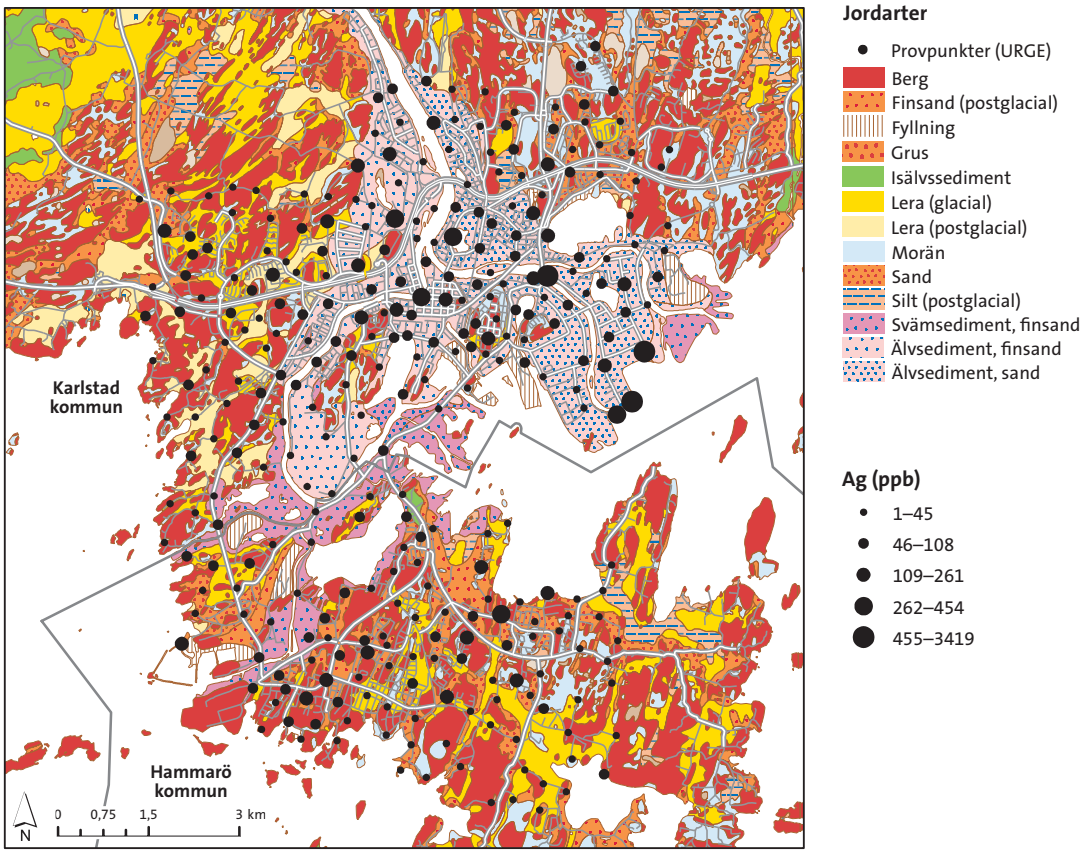
Att antalet prover skiljer sig per markanvändningsområde är naturligt eftersom det finns fler observationer från grönområden och gräsytor än från lekplatser, hamnar och industriområden. Informationen är fortfarande användbar, speciellt vid tolkningen mot underlagrande jordarter som fyllnadsmaterial och finkorniga sediment i vilka många industrimetaller ackumulerar.

Grundläggande statistik och korrelationer mellan grundämnen redovisas i bilaga 1. Diagram för koncentrationer av grundämnen i prov från olika markanvändningsområden, samt på olika jordartsunderlag redovisas i bilaga 2.

SILVER (Ag)

Silver används ofta i batterier och elektroniska hushållsapparater, men tillsätts också i desinfektionsmedel på grund av dess antibakteriella egenskaper. Inom industrin används silver både i ren form (t.ex. i katalysatorer) och i legeringar med andra metaller som koppar, wolfram, molybden eftersom silver i sig självt är en relativt mjuk och lättböjlig metall. Spridningen till miljön går främst via hushållsavfall och skrot, förbränning och vid rötslamsanvändning. I naturen förekommer silver främst i sedimentära och basiska bergarter, och är vid vittring mobilt i sura och oxiderande miljöer. Silver adsorberar till lerpartiklar och organiskt material, bildar utfällningar med järn- och silverhydroxider, samt ackumulerar lätt i finkorniga sediment. Silverhalter i ytproverna visar stor variation. De högsta halterna förekommer i de centrala delarna av Karlstad, nära Klarälven samt vid dess östliga utlopp till Vänern. Högre koncentrationer i mer tätbebyggda områden samt lägre koncentrationer i grönområden indikerar en antropogen spridning.

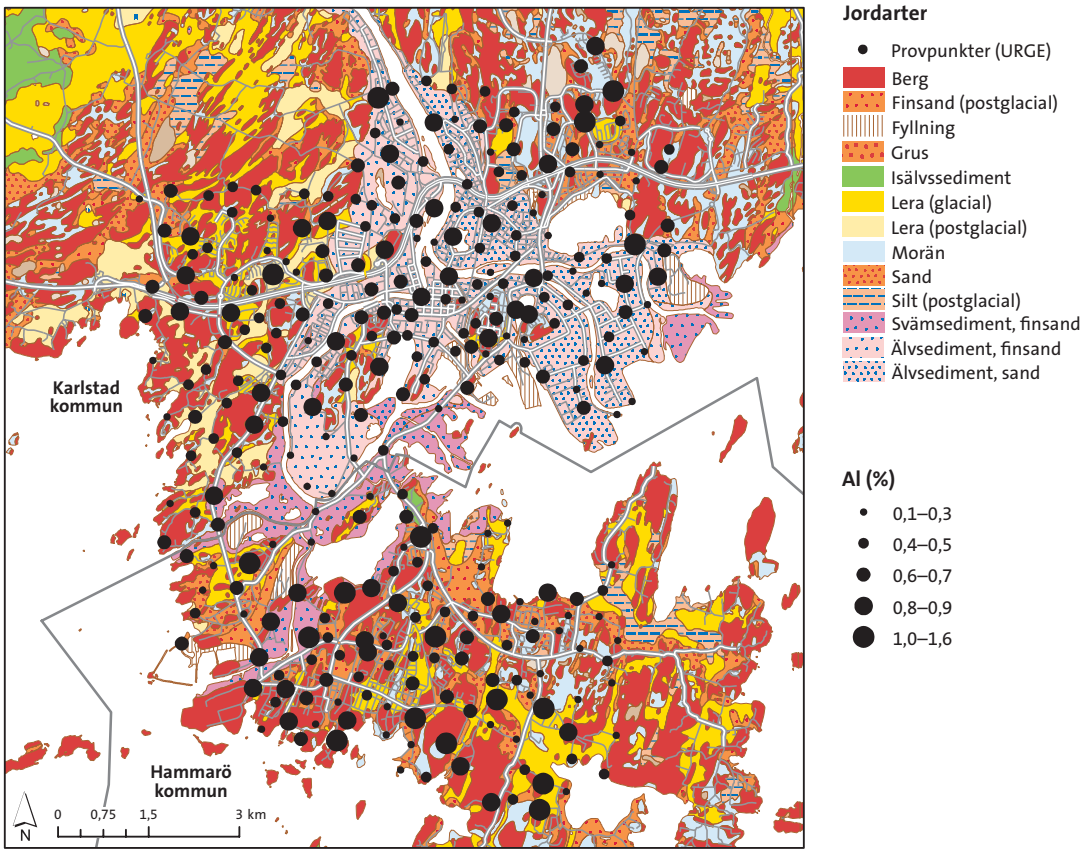
	Medel	Median	Minimum	Maximum	Prov <DL
ppb	81	39	1	3419	4



ALUMINIUM (Al)

Aluminium är en stark korrosionsbeständig lättviktsmetall som på grund av sina praktiska egenskaper används flitigt, t.ex. som komponent i legeringar, i högspänningsledningar, elektriska kondensatorer, i hushållsutrustning (t.ex. burkar, folie, kokkärl), och som delar i flygplan och andra transportfordon. Ett annat användningsområde där aluminium nyttjas som reduktionsmedel är vid stålframställning. Det är relativt lätt att separera aluminium från skrot och återanvända metallen. I naturen utgör aluminium ett huvudelement i många bergartsbildande mineral (t.ex. i fältspat, glimmer och amfibol) och är vanligt i flertalet kristallina och sedimentära bergarter. Då aluminium utgör en komponent i många lermineral finns en korrelation mellan metallen och lerrik jord. Mobiliteten hos aluminium ökar vid sura samt vid mycket alkalina förhållanden, då blir metallen löslig och kan t.ex. i vattendrag utgöra en toxisk komponent för akvatiska ekosystem. I de urbana ytproven är aluminiumhalterna generellt låga. De högsta medianhalterna förekommer i bostadsområden och hamnar. Aluminium visar positiv korrelation med gallium (r=0,87) och litium (r=0,87).

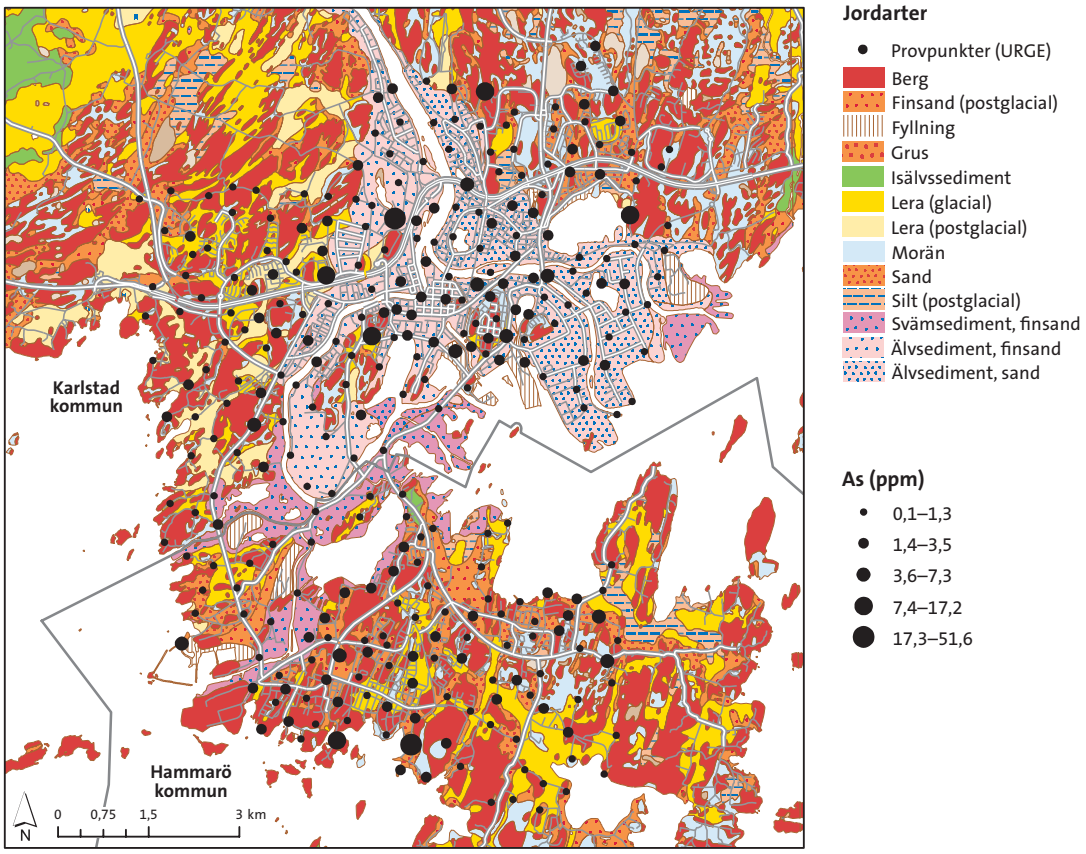
	Medel	Median	Minimum	Maximum	Prov <DL
%	0,5	0,5	0,1	1,6	0



ARSENIK (As)

Arsenik är en metalloid som används i bekämpningsmedel. Andra användningsområden för metalloiden har varit som komponent i halvledare, impregneringsmedel till trävaror, färgpigment i tapet, blyhagel, legeringar och bildskärmar. Spridning av arsenik i miljön sker bl.a. från metallindustrin, träimpregneringsverk, smältverk, och vid förbränning av kol. I berggrunden förekommer arsenik i sulfidmalmer och i svartskiffrar, vanligen i sulfidform (t.ex. arsenikkis). Mobiliteten i jord och sediment är låg på grund av metalloidens tendens att adsorbera till lerpartiklar och organiskt material. Arsenikhalterna uppgår till 51,6 ppm i provtagningsområdet. Sju prov visar halter högre än det fastställda KM-värdet, förutom i hamnområden även i grönområden samt på några lekplatser. Spridningsmönstret indikerar högre halter i mer tätbebyggda delar av provtagningsområdet. Arsenik korrelerar positivt med molybden (r=0,8), tallium (r=0,71) och uran (r=0,69).

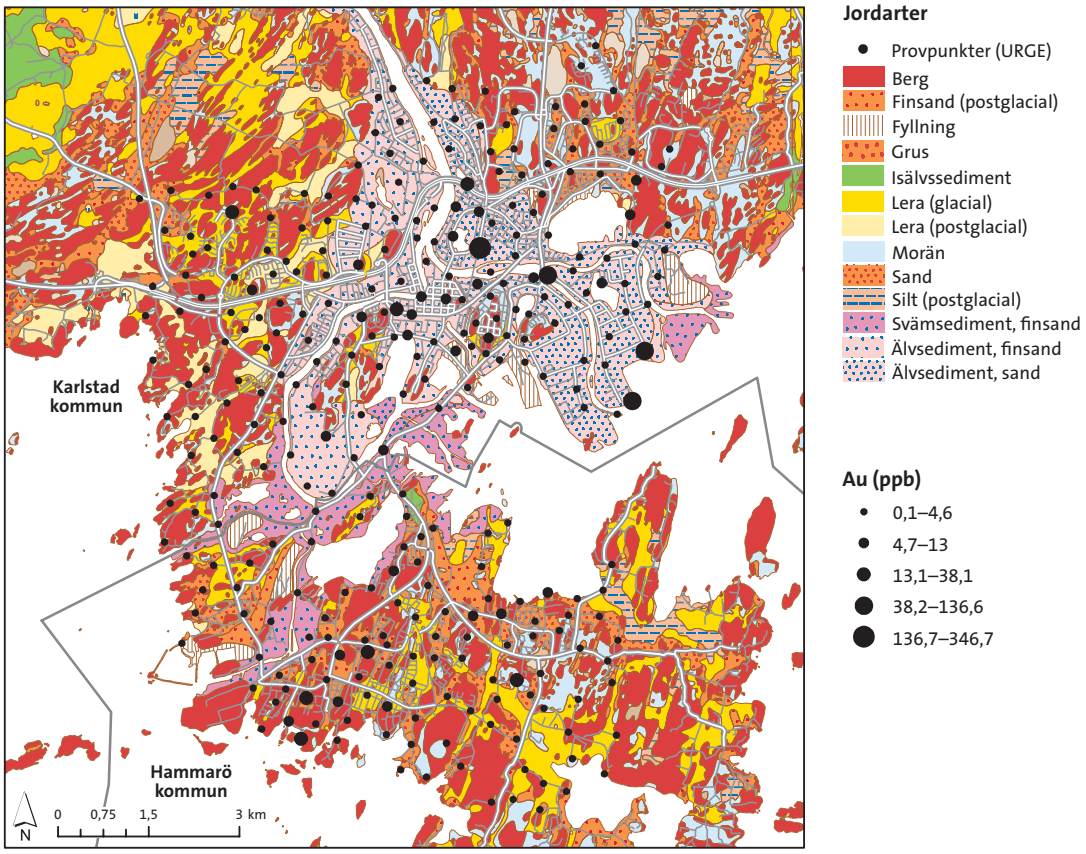
	Medel	Median	Minimum	Maximum	Prov <DL	Prov >KM	KM-värde (ppm)
ppm	1,8	1,1	0,1	51,6	4	7	10



GULD (Au)

Guld är en ädelmetall som oftast används i legeringar med andra metaller (för att öka bland annat korrosionsbeständighet och hårdhet), t.ex. i lödmedel, vid smycketillverkning och inom elektronikindustrin. Elektronikskrot (kretskort, processorer, reläer) utgör en källa till återvinningsbart guld. Metallen förekommer i naturen antingen i sin rena form eller som legeringar med andra metaller, t.ex. med silver, platina och arsenik. Mobiliteten för guld är relativt låg och ackumulation sker ofta i tungmineralföreningar, i växter samt i humusskiktet hos jordar. För de urbana ytproven uppgår guldhalterna till 346,7 ppb. Prov med de högre koncentrationerna återfinns främst i älvsediment, men även i fyllnadsmaterial i industriområden visar högre halter.

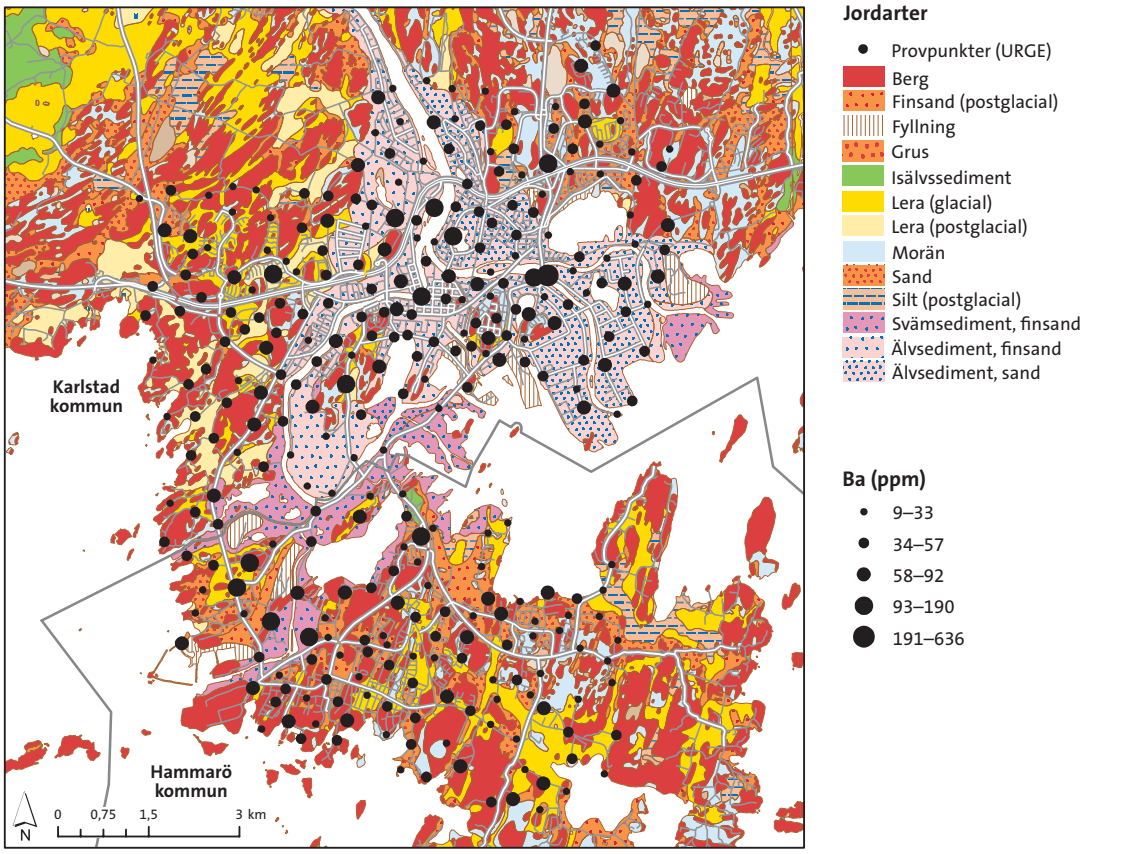
	Medel	Median	Minimum	Maximum	Prov <DL
ppb	4,8	1,6	0,1	346,7	11



BARIUM (Ba)

Barium är en reaktiv metall och används bl.a. inom smältindustrin, kemiindustrin, metallurgi, och i elektronik. Som sulfat används barium i röntgenplåtar. Spridning kan ske från konstgödsel och från rötslam. I naturen förekommer barium i bergartsbildande silikater, och generellt är halterna högre i felsiska och alkalina bergarter. Mobiliteten är låg och barium adsorberas till järn- och mangan-hydroxider, samt till lerpartiklar. Vattenlösliga bariumföreningar är giftiga. I provtagningsområdet uppgår bariumhalterna till 636 ppm, endast ett prov överskred det fastställda KM-värdet (200 ppm), se bilaga 2. Barium korrelerar positivt med zink (r=0,82), tenn (r=0,83) och bly (r=0,81).

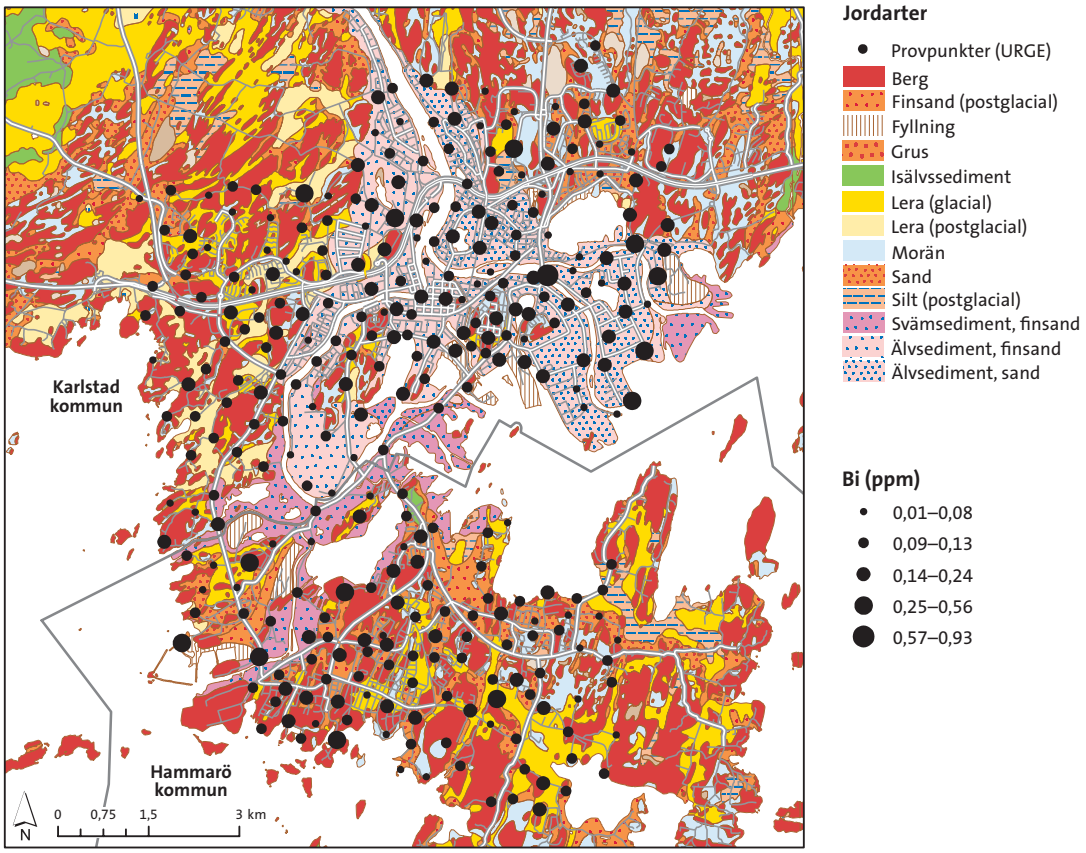
	Medel	Median	Minimum	Maximum	Prov <DL	Prov >KM	KM-värde (ppm)
ppm	45	39	9	636	0	1	200



VISMUT (Bi)

Vismut är en vit metall med goda diamagnetiska egenskaper som sedan 1990-talet använts som alternativ till det mer toxiska blyet. Vismut används t.ex. i framställningen av katalysatorer, pigment och kosmetika, och som komponent i rörledningar, smörjmedel och legeringar. Vismut förekommer i felsiska magmatiska bergarter, främst som spårelement i sulfider. Sekundär anrikning av metallen uppträder i finkorniga sediment. Vismut har låg mobilitet och tenderar att bilda olösliga salter, fälla ut med järn-mangan-hydroxider samt att adsorbera till organiskt material. I provtagningsområdet är vismuthalterna låga. Generellt är halterna högre i industri- och hamnområden. Högst median förekommer i fyllningsmassor, men högre koncentrationer uppträder sporadiskt i områden med sediment.

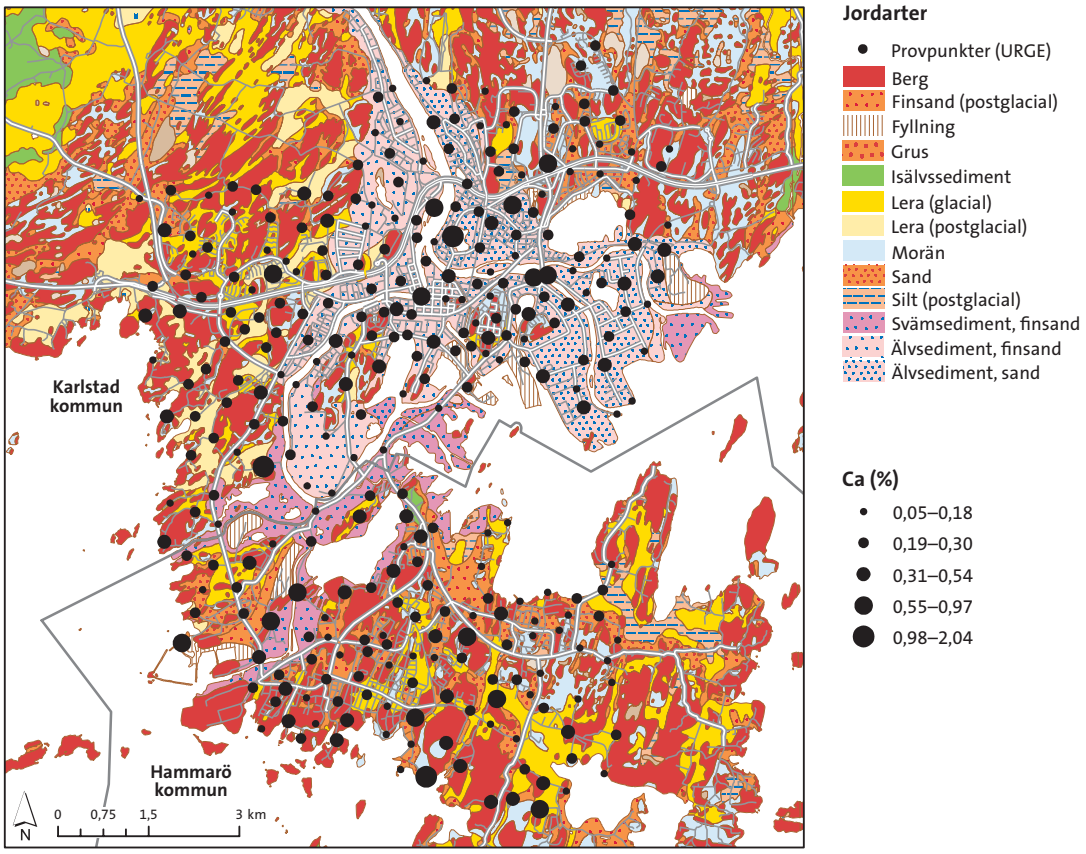
	Medel	Median	Minimum	Maximum	Prov <DL
ppm	0,1	0,1	0,01	0,93	1



KALCIUM (Ca)

Kalcium används inom industrin som reduktionsmedel och legeringselement. Det är också ett livsnödvändigt grundämne, t.ex. bygger upp skelett och tänder. I naturen förekommer kalcium i högre halter i kalksten, då en övervägande del av bergarten byggs upp av kalcit ($CaCO_3$), och i mafiska bergarter (t.ex. i gabbro, diorit, diabas, basalt). Kalcium är lättlösligt och har hög mobilitet, men fäller ut omedelbart vid högt pH. Halterna i urbana prov är låga. Medianhalterna visar en relativt jämn spridning av kalcium mellan de olika markanvändningsområdena. Högre halter uppträder generellt i sandiga sediment, men är ganska jämnt distribuerat mellan olika markanvändningsområden. Grönområden visar högre koncentrationer.

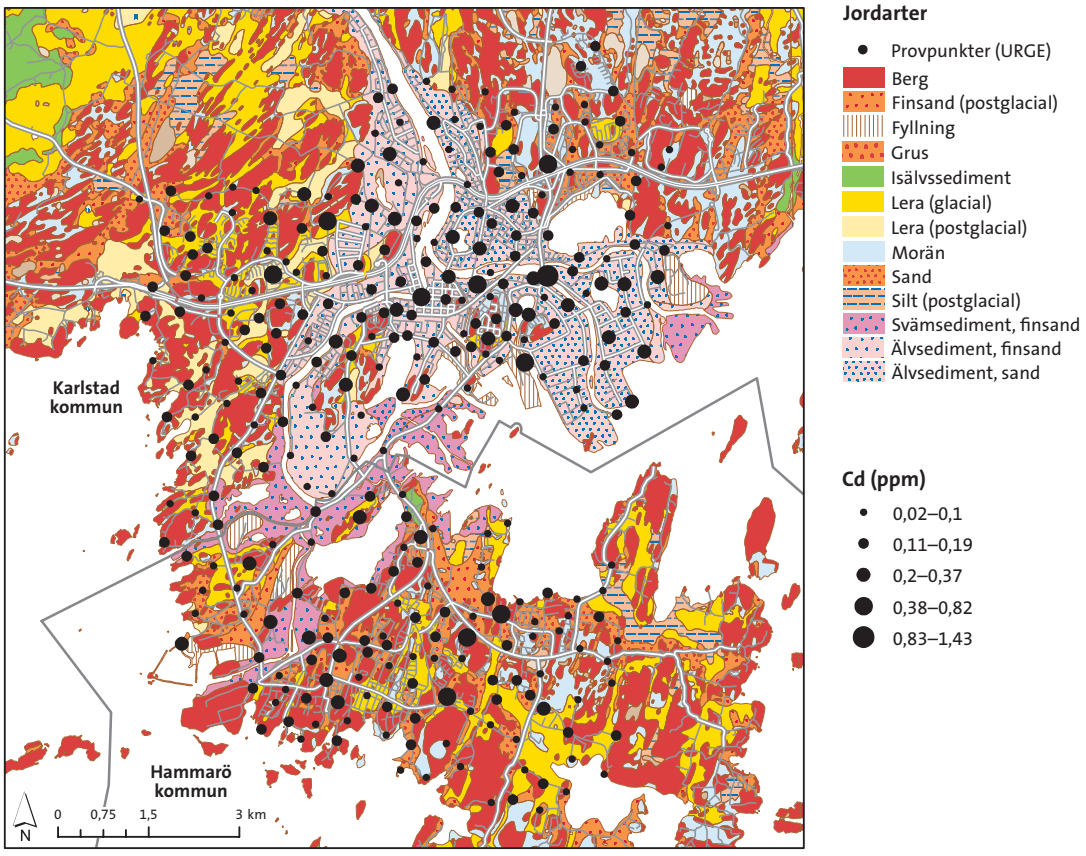
	Medel	Median	Minimum	Maximum	Prov <DL
%	0,3	0,2	0,05	2,04	0



KADMIUM (Cd)

Kadmium används i NiCd-batterier, som pigment i färger och keramiska glasyrer, som stabilisatorer i PVC-produkter, som legeringsmetall, och som ytbeläggning på konstruktionsdetaljer inom flygindustrin. Spridningen till miljön har huvudsakligen skett från industriutsläpp och från fosfathaltiga gödslingsmedel, samt från förbränning av fossila bränslen, men även från kasserade hushållsprodukter och skrot. Kadmium uppträder i spårmängder i zinkblände och blyglans. Högre halter förekommer i skiffrar och mafiska bergarter. Kadmium är mobilt i oxiderande miljöer, men adsorberas lätt till lerpartiklar och organiskt material. Den högsta medianhalten förekommer i fyllning, men lokaler med värden som överstiger KM-värdet hittas också i hamnområden, grönområden, bostadsområden, samt på lekplatser. För ytproven varierar Cd-halterna från 0,02–1,4 ppm och kadmium korrelerar positivt med barium (r=0,76).

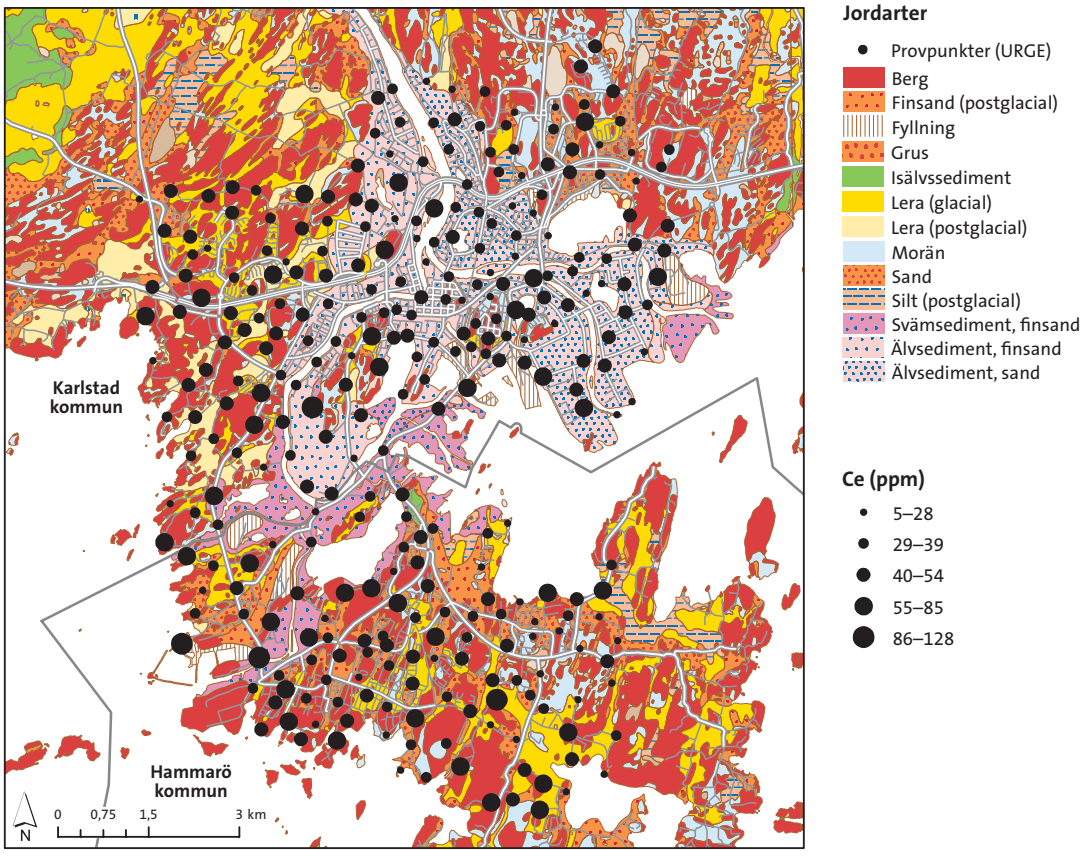
	Medel	Median	Minimum	Maximum	Prov <DL	Prov >KM	KM-värde (ppm)
ppm	0,1	0,1	0,02	1,43	0	6	0,5



CERIUM (Ce)

Cerium är en sällsynt jordartsmetall (REE) som har många användningsområden, t.ex. som komponent i legeringar, magneter, och jetmotorer, som polermedel för glasprodukter, samt som UV-skydd (t.ex. i teknisk utrustning med strålningskälla). Tillsatser av ceriumoxid (CeO_2) i katalysatorer i bilar har bidragit till minskade utsläpp av kolmonoxid (CO) och i viss mån kväveoxider (NO_X, Enghag 2004). Cerium är den vanligaste av de sällsynta jordartsmetallerna och bildar ett flertal mineral (t.ex. monazit, bastnäsit). Jordartsmetallen förekommer i högre koncentrationer i granitiska bergarter och i alkalina magmatiska bergarter. Cerium har låg mobilitet samt en tendens att koncentreras sekundärt i finkorniga avlagringar. Halterna i ytproven varierar mellan 5 och 128 ppm. Spridningen är relativt jämn i provtagningsområdet. Högst medianhalter återfinns i hamnområden, respektive i svämsediment och fyllning, med enstaka extremvärden i älvsediment och postglacial sand. Cerium förekommer sparsamt i grus.

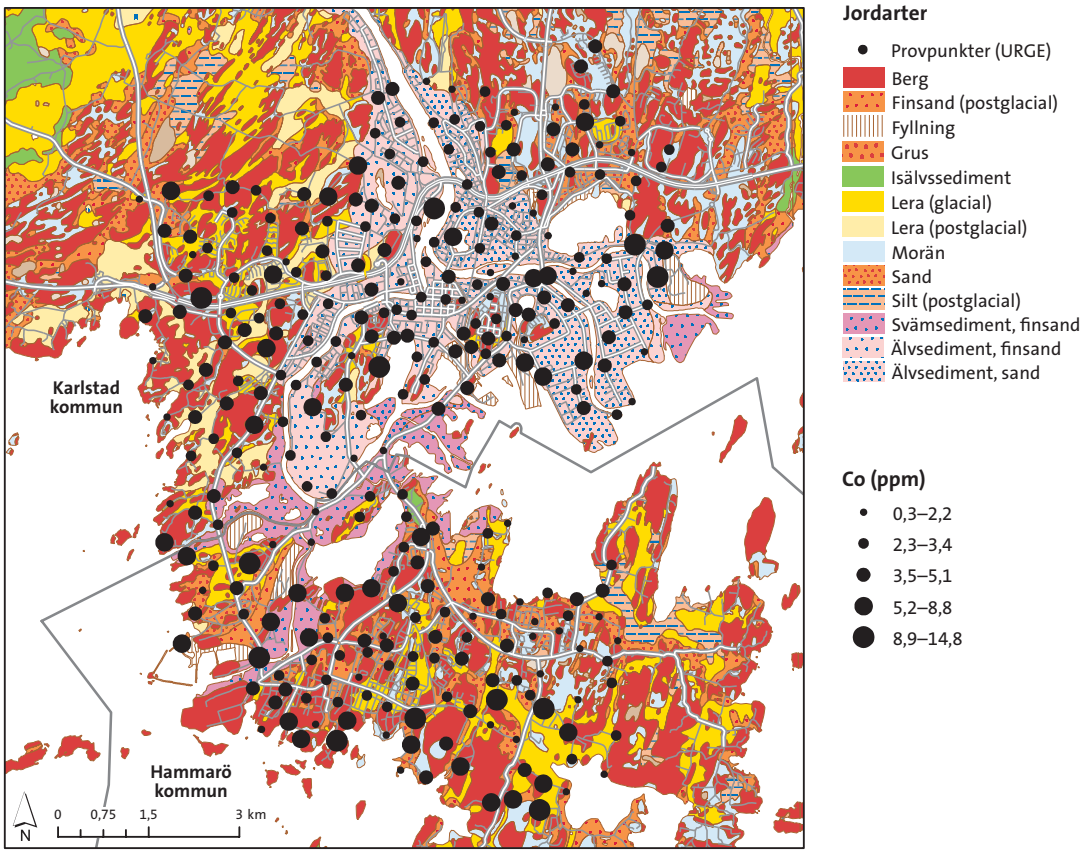
	Medel	Median	Minimum	Maximum	Prov <DL
ppm	40	37	5	128	0



KOBOLT (Co)

Kobolt är en övergångsmetall som används i legeringar (t.ex. i högtemperaturlegeringar), som katalysatorer, pigment och som torkmedel i svart tryckfärg. Spridning kan ske via förbränning av fossila bränslen och från industrier som använder kobolt. Naturligt höga halter av kobolt uppträder vanligen i mafiska och ultramafiska bergarter. Kobolt förekommer inte bara som mineral, t.ex. koboltglans (CoAsS), utan även som spårelement i sulfider och bergartsbildande mineral (t.ex. olivin, pyroxen, amfibol). I sura och oxiderande miljöer är kobolt relativt mobilt, men binder lätt till lerpartiklar. Kobolthalterna uppgår till ca 15 ppm i provtagningsområdet och överstiger inte det fastställda KM-värdet 15 ppm. Generellt förekommer de högsta medianhalterna i industri- och hamnområden, men många lokaler i grönområden och på gräsytor visar högre halter. Kobolt korrelerar positivt med magnesium (r=0,91), järn (r=0,85), skandium (r=0,84), nickel (r=0,83) och krom (r=0,82).

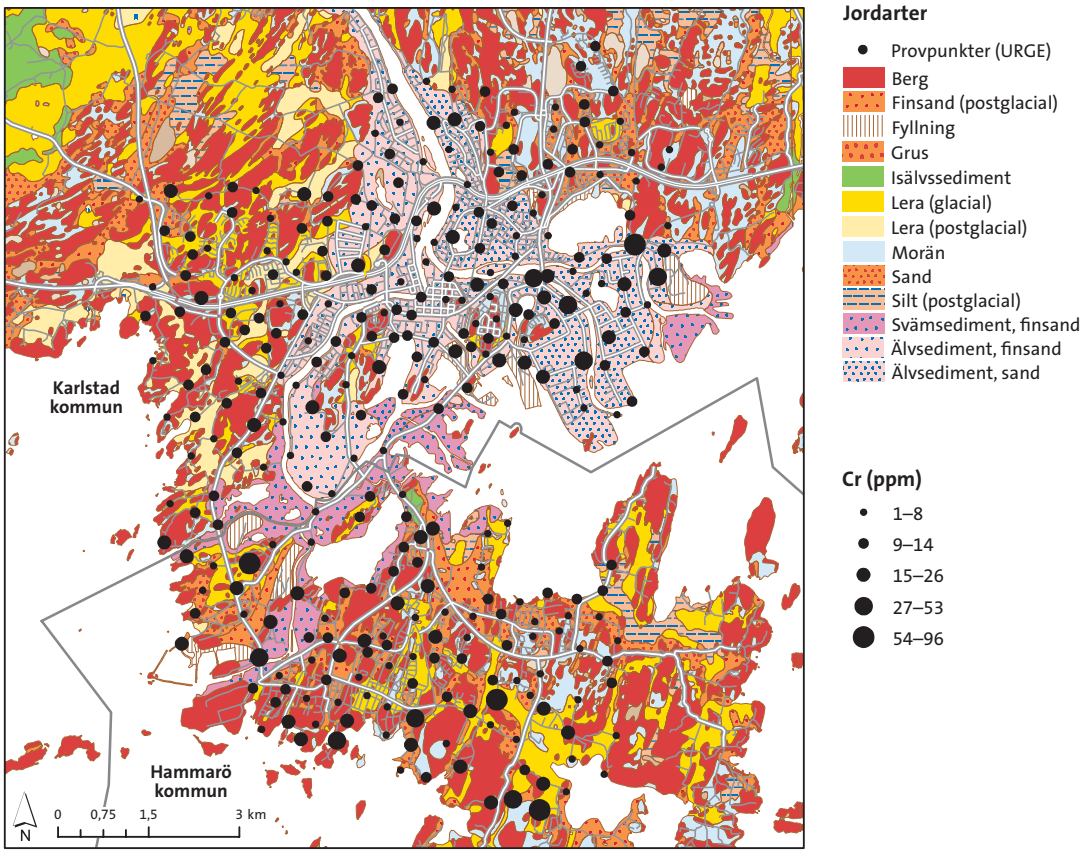
	Medel	Median	Minimum	Maximum	Prov <DL	Prov >KM	KM-värde (ppm)
ppm	3,7	3,1	0,3	14,8	0	0	15



KROM (Cr)

Krom är en övergångsmetall som används i legeringar, för ytbehandling, textilfärgning, impregneringsmedel för trä, samt som katalysatorer. Krom förekommer främst i mafiska och ultramafiska bergarter, där det bildar bland annat mineralet kromit ($FeCr_2O_4$) samt som spårelement i bland annat pyroxen, amfibol och glimmer. Krom har låg mobilitet och ackumulerar i lerrika avlagringar och har en tendens att binda till Fe-Mn-oxider. Halterna varierar mycket i undersökningsområdet, men bara ett prov i södra delen överstiger KM-värdet. Generellt är medianvärdet högre i industri- och hamnområden. Krom korrelerar positivt med magnesium (r=0,87).

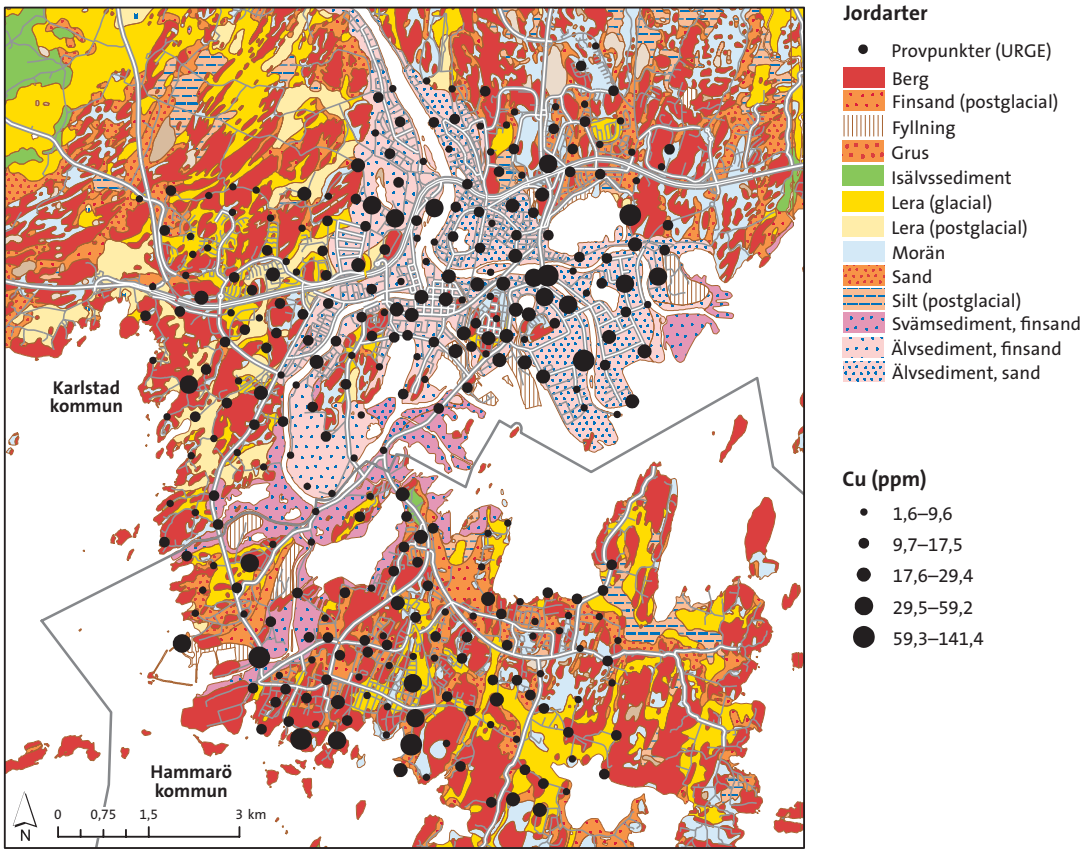
	Medel	Median	Minimum	Maximum	Prov <DL	Prov >KM	KM-värde (ppm)
ppm	11	9	1	96	0	1	80



KOPPAR (Cu)

Koppar är en metall med god konduktivitet, som har många användningsområden, t.ex. som tråd i elinstallationer och som beläggningar i rörledningar för vatten och värmeledning. Även kopparlegeringar (t.ex. mässing och brons) används för elledningar och kontaktdon i elektroniska apparater. Spridningen av koppar sker från förbränning av fossila bränslen, avloppsslam, bekämpningsmedel, gruvverksamhet och smältverk. I den urbana miljön kan även spridning av koppar från takbeläggningar och hängrännor ha betydelse. Vid lågt pH kan en viss urlakning av koppar ske i t.ex. vattenledningar. Naturligt uppträder koppar som spårämne i mafiska bergarter, och som sulfid vilket är ett viktigt malmmineral. I finkorniga sediment kan sekundär anrikning förekomma, då metallen gärna fäller ut med zink- och järnhydroxider, samt lätt adsorberar till lerpartiklar. Kopparhalterna i ytproven från Karlstad varierar mellan 1,6 och 141,4 ppm. De högsta halterna förekommer i de centrala delarna av Karlstad och Skoghall, med högst medianhalter i främst hamnområden och i fyllnadsmaterial. Även sandiga sediment innehåller enstaka extremvärden. De något högre kopparhalterna noteras vid småbåtshamnar som t.ex. Gunnarskär och Grytudden i Hammarö kommun.

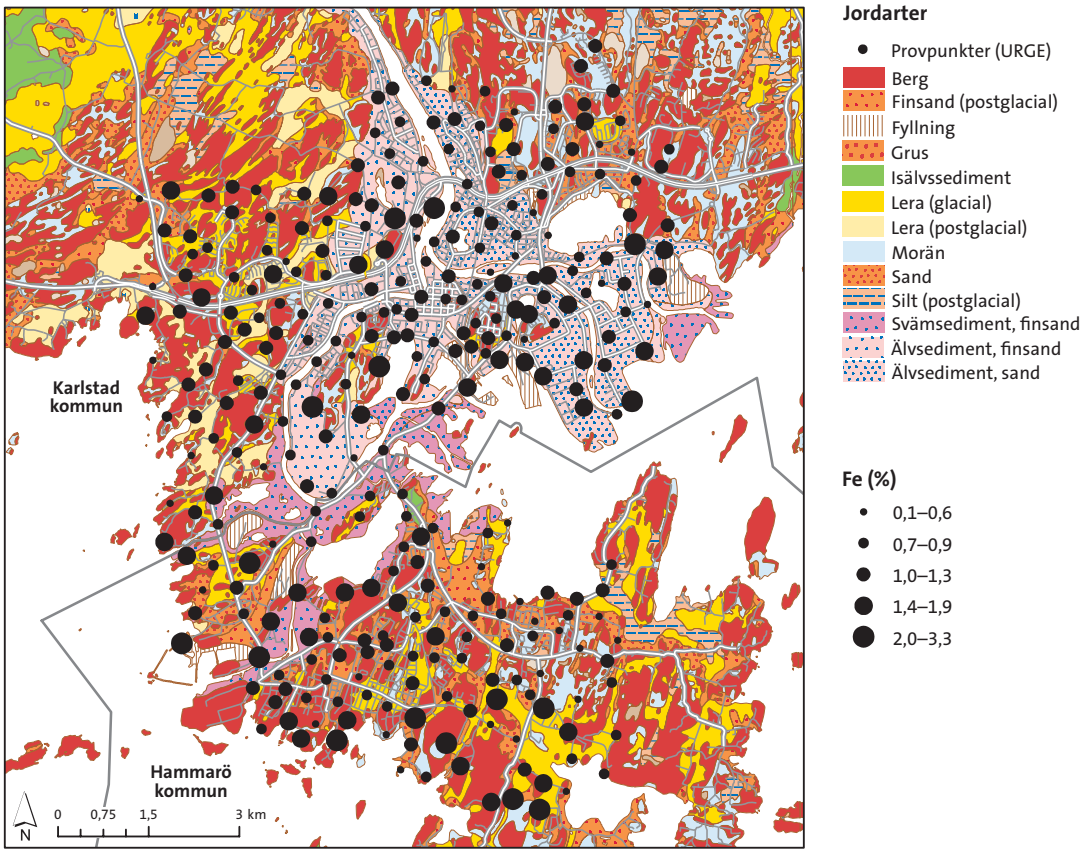
	Medel	Median	Minimum	Maximum	Prov <DL	Prov >KM	KM-värde (ppm)
ppm	14	11	1,6	141,4	0	2	80



JÄRN (Fe)

Järn är en basmetall som används som huvudkomponent i stål, en legering som utgör grunden för en enorm produktmarknad. Järn förekommer i naturligt höga halter i mafiska och ultramafiska bergarter, samt i skiffrar, och bygger upp många olika mineral t.ex. silikater, sulfider och oxider. Järn är mobilt i reducerande miljöer och bildar komplex med organiskt material. Halterna uppgår till 3,3 %. Högst medianhalter förekommer i fyllningsmaterial och i hamn- och industriområden. Generellt förekommer avvikande värden i grönområden och på gräsytor. Järn korrelerar positivt med vanadin (r=0,89), gallium (r=0,86), kobolt (r=0,85), skandium (r=0,83) och magnesium (r=0,81).

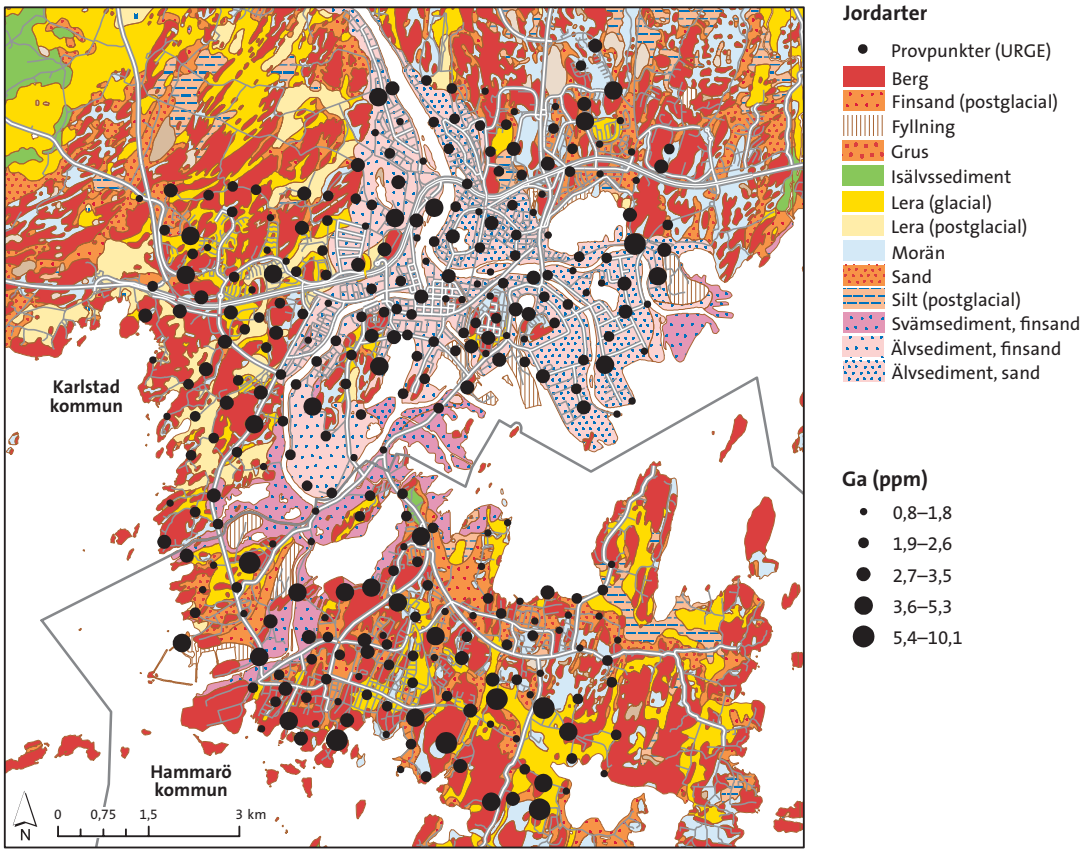
	Medel	Median	Minimum	Maximum	Prov <DL
%	1,0	0,9	0,1	3,3	0



GALLIUM (Ga)

Gallium används bland annat i ljusdioder (LED), transistorer och legeringar. Spridning sker från förbränning av fossila bränslen (kol). I naturen förekommer gallium i magmatiska och sedimentära bergarter, högre halter uppträder i lerskiffer. Som spårelement uppträder det i bergartsbildande mineral (som amfibol, fältspat). Mobiliteten ökar vid lågt pH, men är generellt låg. Lösligt gallium tenderar att adsorbera till lermineral. De högsta halterna uppgår till 10 ppm. Gallium korrelerar positivt med aluminium (r=0,87), magnesium (r=0,81) och järn (r=0,86), och förekommer med högre medianhalter i hamnområden.

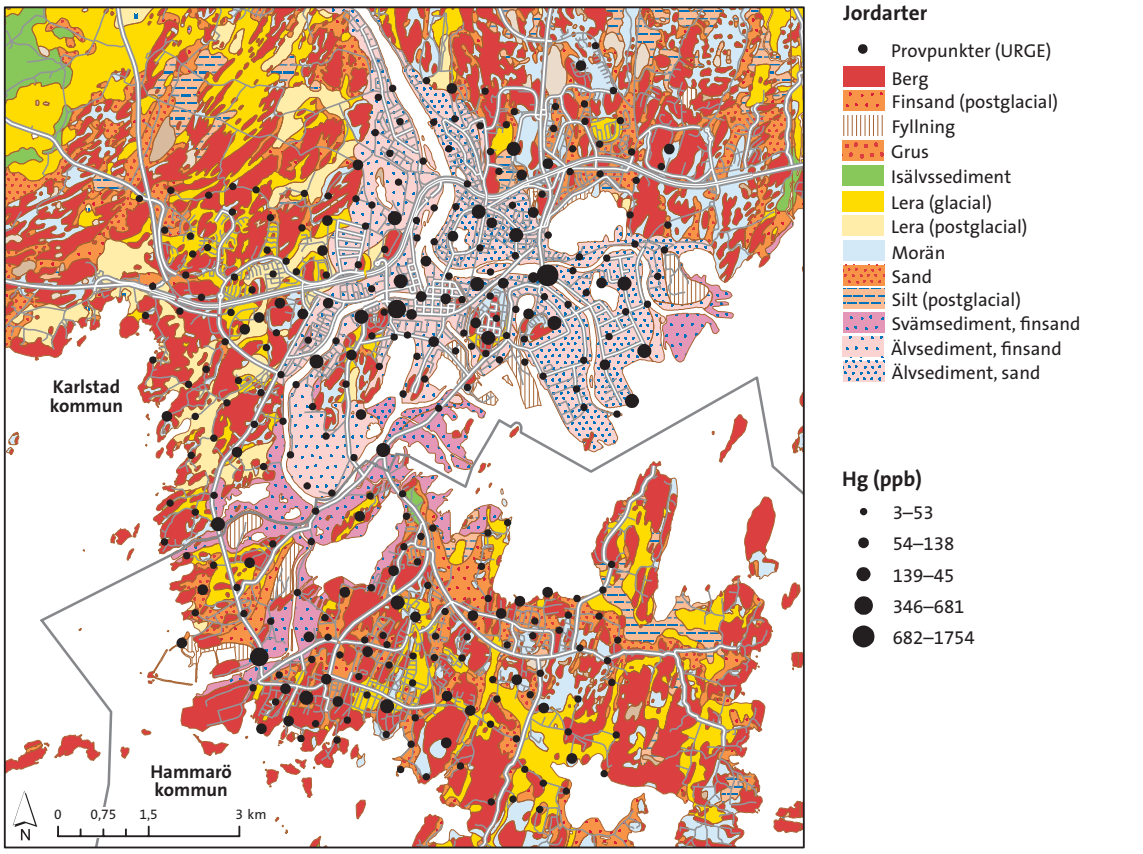
	Medel	Median	Minimum	Maximum	Prov <DL
ppm	2,5	2,2	0,8	10,1	0



KVICKSILVER (Hg)

Kvicksilver har använts i bland annat termometrar, vakuumpumpar, barometrar, och batterier. Spridning till naturen sker från avfall. I naturen förekommer kvicksilver i hydrotermalt omvandlade och vulkaniska bergarter. Det uppträder även som sekundär anrikning i sedimentära bergarter (t.ex. svartskiffer). Mobiliteten är varierande, och kvicksilver tenderar att binda till organiskt material. Halterna i provtagningsområdet varierar mycket och uppgår till 1754 ppb. Nio prov överstiger KM-värdet (250 ppb): fyra prov i grönområden, tre prov på gräsytor samt två prov i industriområden. Högst medianhalter förekommer i älvsediment. Kvicksilver korrelerar positivt med tenn (r=0,84) och bly (r=0,81).

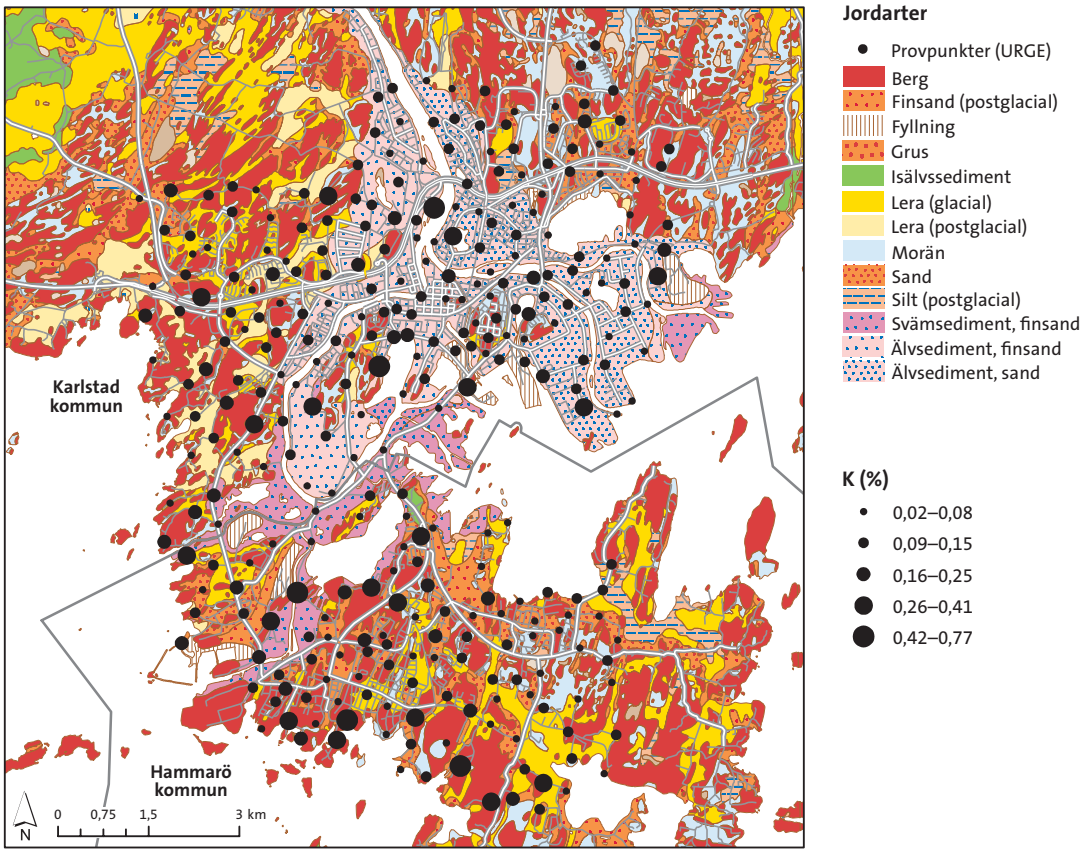
	Medel	Median	Minimum	Maximum	Prov <DL	Prov >KM	KM-värde (ppm)
ppb	55	26	3	1754	31	9	0,25



KALIUM (K)

Användningsområden för kalium är t.ex. som komponent i gödningsmedel, för tillverkning av tändstickor och i fotoceller. Historiskt har kaliumkarbonat (K_2CO_3) använts i produktion av glas och tvål. Kalium uppträder i många bergartsbildande mineral, som fältspater (K-fältspat) och glimrar (biotit, muskovit). Höga kaliumhalter förekommer i graniter och pegmatiter men även i sandstenar och lerskiffer. Vid vittring, har kalium en tendens att binda till lerpartiklar. Halterna i ytproven är ganska låga, med de högsta medianhalterna i hamnområden och i fyllning. Kalium korrelerar positivt med cesium (r=0,89) och titan (r=0,86).

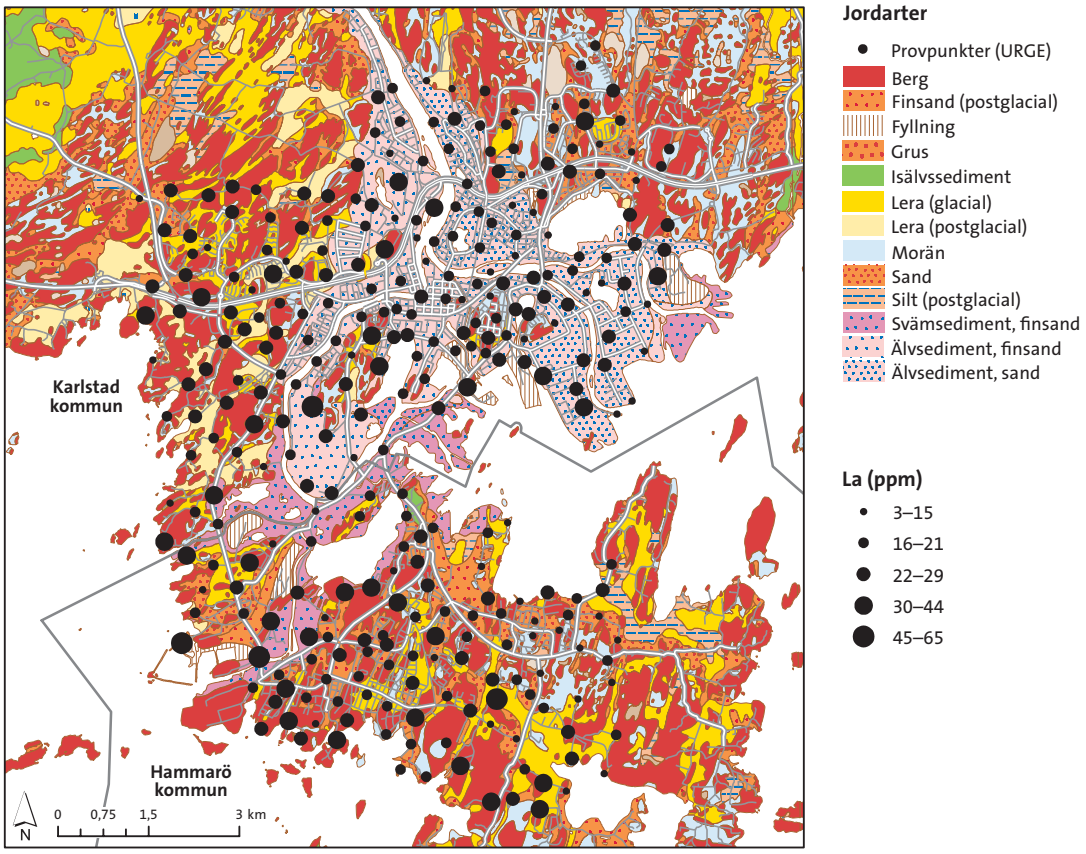
	Medel	Median	Minimum	Maximum	Prov <DL
%	0,1	0,1	0,02	0,77	0



LANTAN (La)

Lantan används som komponent i optiskt glas, batterier, legeringar, tändstift och inom medicin. Naturligt höga lantanhalter uppträder i bergarter som graniter och pegmatiter, samt i en del skiffrar. Lantan uppträder både som spårelement i bergartsbildande mineral, och som komponent i accessoriska mineral. Mobiliteten är låg, men som de flesta andra sällsynta jordartsmetaller (REE) ackumulerar lantan ofta i basiska miljöer. I provtagningsområdet uppgår halterna till 65 ppm. Höga halter uppträder i fyllning och svämsediment, med högre medianhalter främst i hamn- och industriområden. Lantan korrelerar positivt med andra sällsynta jordartsmetaller som cerium (r=0,99), yttrium (r=0,92) och skandium (r=0,81).

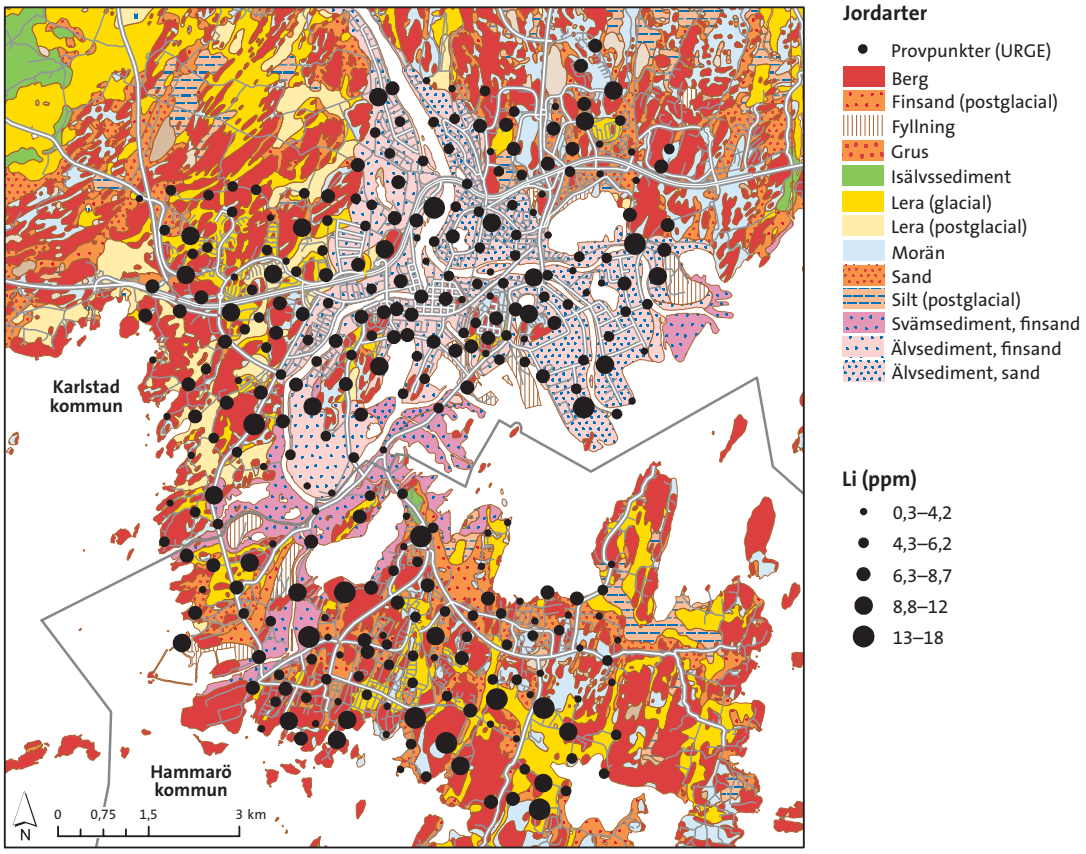
	Medel	Median	Minimum	Maximum	Prov <DL
ppm	21	19	3	65	0



LITIUM (Li)

Litium används bland annat i batterier, lättviktslegeringar, glas och keramik samt smörjmedel. Litium används även som katalysatorer i framställningen av vissa plaster och gummimaterial. Litium uppträder med höga halter i magmatiska alkalina och granitiska bergarter, samt till viss del i sedimentära bergarter (t.ex. lerskiffer). Kända litiummineral är lepidolit och spodumen. Litium har låg mobilitet som ökar vid lågt pH, och adsorberar till lerpartiklar och organiskt material. I provtagningsområdet uppgår litiumhalterna till ca 18 ppm. Litium korrelerar positivt med aluminium (r=0,87) och gallium (r=0,83), och uppträder med högre medianhalter i fyllning och svämsediment i hamnområden.

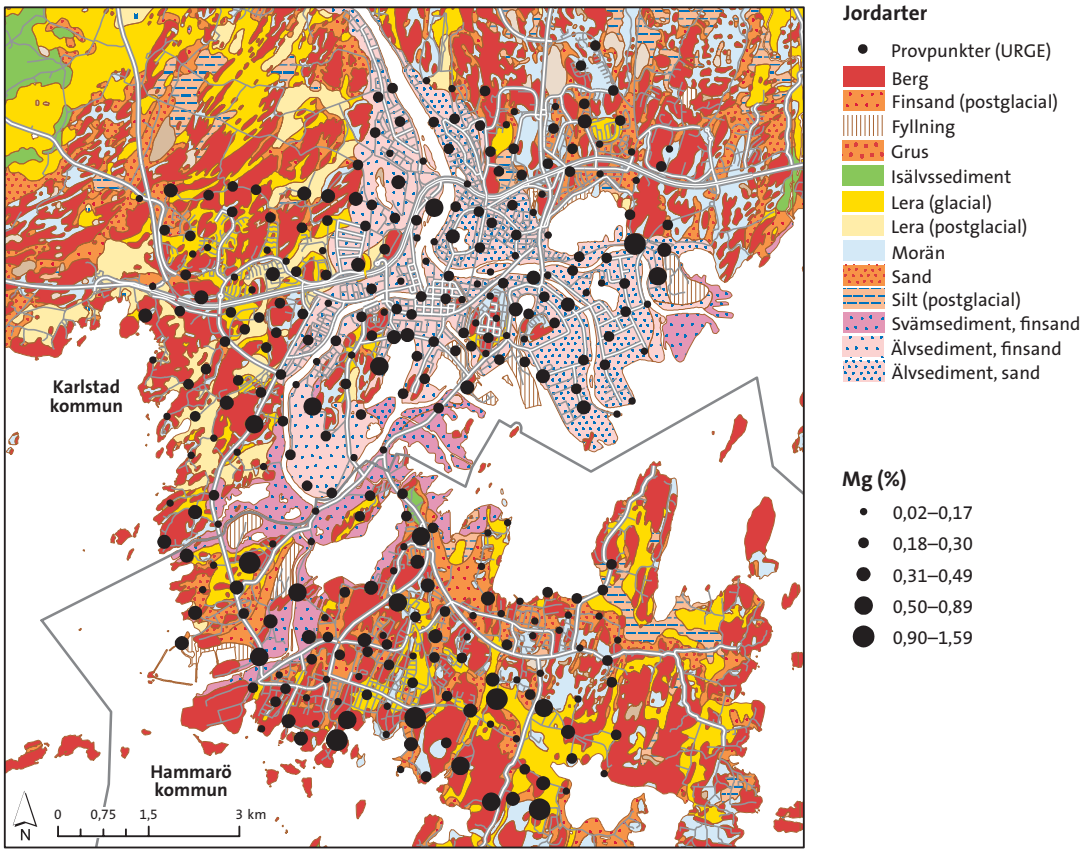
	Medel	Median	Minimum	Maximum	Prov <DL
ppm	6,2	5,6	0,3	18,2	0



MAGNESIUM (Mg)

Magnesium är en formbar metall som används som legeringsmetall (konstruktionsmaterial), som reduktionsmedel vid framställning av metaller, och som korrosionskydd. Naturligt höga magnesiumhalter återfinns i mafiska och ultramafiska bergarter, ofta i form av silikater (t.ex. olivin, serpentin, enstatit osv.). Mobiliteten är hög på grund av att magnesium är lättlösligt, och metallen ackumulerar gärna i lerrika avlagringar. Halterna i ytproven är låga. De högsta medianhalterna återfinns i industri- och hamnområden. Höga Mg-halter förekommer på gräsytor och i grönområden, med högst medianhalter i hamnområden, samt i svämsediment och fyllning. Magnesium korrelerar positivt med kobolt (r=0,91), krom (r=0,87), skandium (r=0,87), gallium (r=0,82), samt järn (r=0,81).

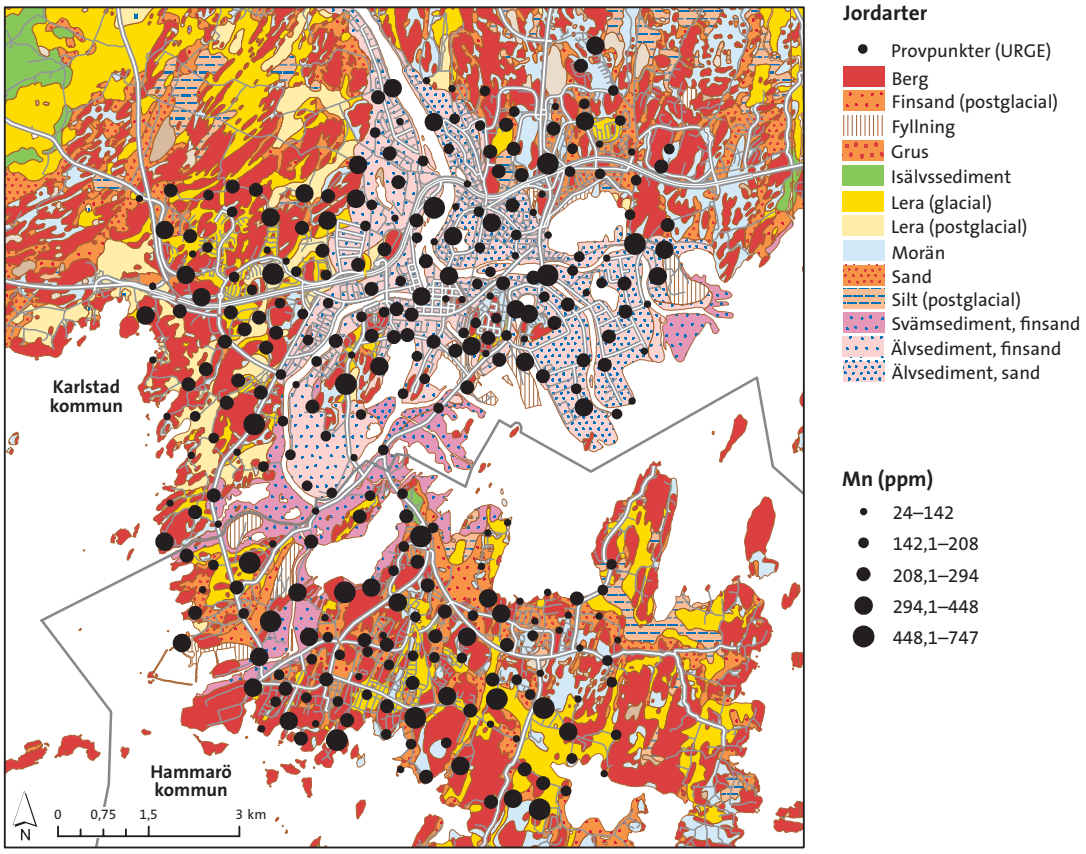
	Medel	Median	Minimum	Maximum	Prov <DL
%	0,3	0,2	0,02	1,59	0



MANGAN (Mn)

Mangan är en metall som används främst inom stålindustrin, men också som komponent i legeringar, som oxidationsmedel, katalysatorer, tillsats i vissa gödningsmedel och som pigment till färg, keramik och glas. Mangan utgör också ett essentiellt spårämne för levande organismer. I naturen förekommer högre halter främst i mafiska bergarter (basalt, gabbro), skiffrar och i kalksten. Mangan uppträder i lättvittrade mineral samt är lättlösligt och har hög mobilitet, ackumulation sker ofta i leravlagringar. Ytprovens koncentrationer uppgår till 747 ppm, med högst medianhalter i industriområden. Högst medianhalter återfinns i fyllning, i hamn- och industriområden. Enstaka extremvärden noteras på gräsytor. Mangan korrelerar positivt med kobolt (r=0,78), krom (r=0,69), aluminium (r=0,75) och järn (r=0,69).

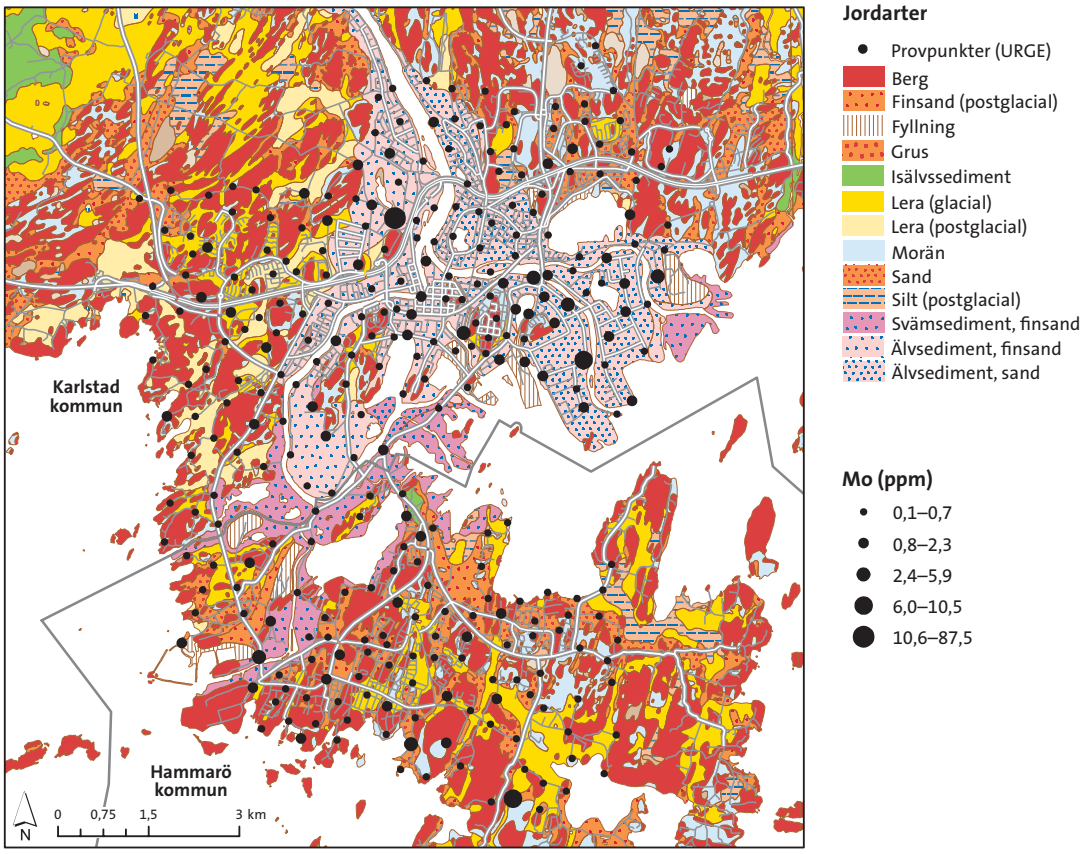
	Medel	Median	Minimum	Maximum	Prov <DL
ppm	226	203	24	747	0



MOLYBDEN (Mo)

Molybden används bland annat som komponent i stållegeringar, beläggningsmetall på maskindelar, smörjmedel, som katalysator, gödselmedel och i keramik. Spridning av metallen sker via oljespill, ammunition, förbränning och vid slitage av däck. Molybden förekommer som sulfid och i molybdenat och som spårelement i kopparförande mineral. Högre halter är typiska för graniter, pegmatiter, skarn samt skiffrar och kvartsgångar. Metallen är mobil vid alkalina och oxiderande förhållanden och ackumulerar lätt i finkorniga sediment. De flesta molybdenhalter i ytproverna varierar mellan ca 0,1 och 10 ppm. Även om skillnaderna generellt inte är särskilt stora tenderar ändå högre halter att återfinnas i de mer centrala delarna av Karlstad, inom vilka extremvärden som 87,5 ppm återfinns. Högst medianhalter hittas i hamn- och industriområden. Molybden korrelerar positivt med uran (r=0,92), tallium (r=0,94), rhenium (0,91) och tellur (r=0,85).

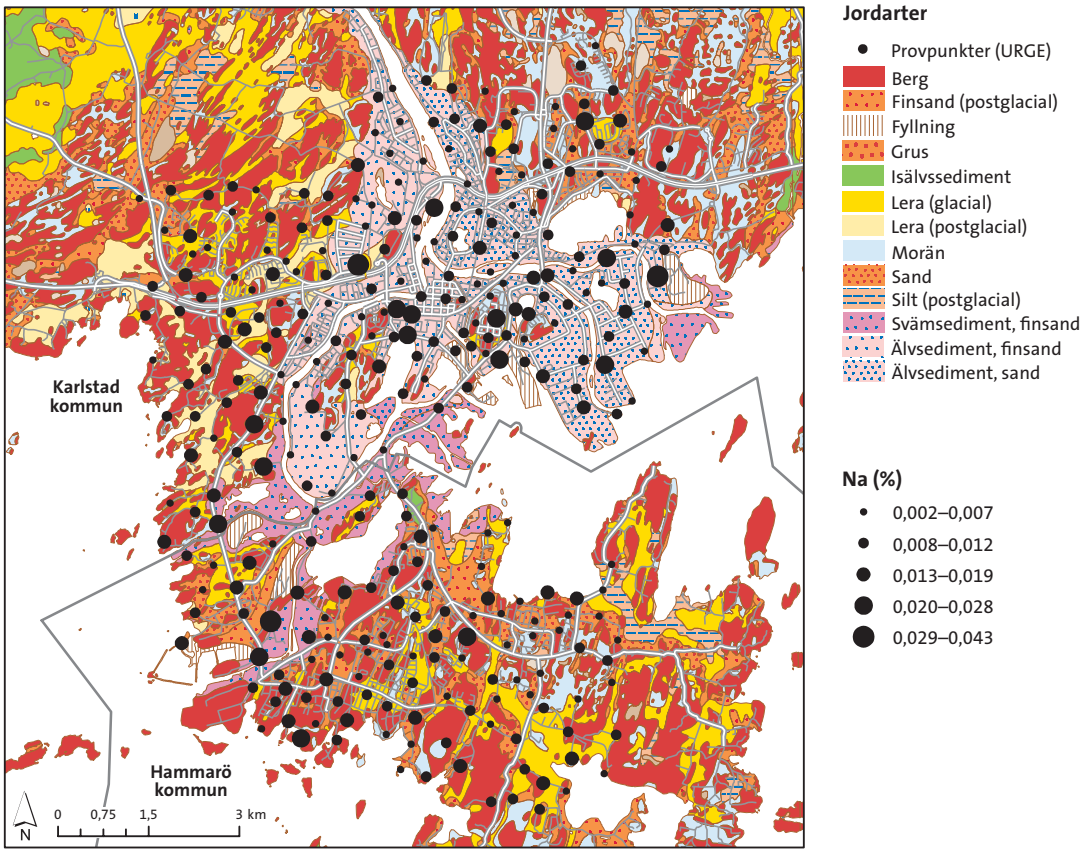
	Medel	Median	Minimum	Maximum	Prov <DL	Prov >KM	KM-värde (ppm)
ppm	0,9	0,4	0,1	87,5	0	1	40



NATRIUM (Na)

Natrium används till bland annat glas och keramik, tvålprodukter, samt i framställningen av kaustiksoda (NaOH). Natrium är vanligt i naturen och förekommer i bergartsbildande mineral (främst i plagioklaser), i alkalina intrusiva och sedimentära bergarter, samt i evaporitavlagringar. Mobiliteten hos natrium är hög och löst natrium adsorberar lätt till lermineral. Halterna i ytproven är låga och visar högst medianhalter i hamn- och industriområden, samt lägst medianhalt på lekplatser.

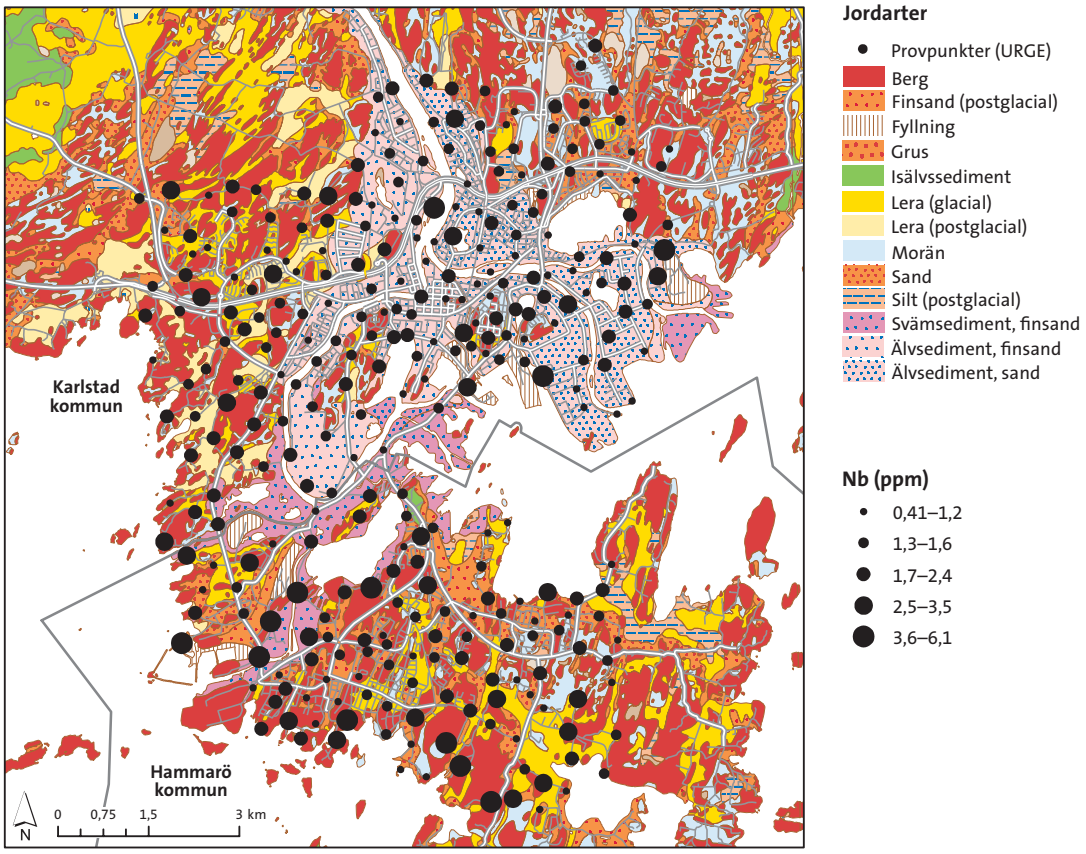
	Medel	Median	Minimum	Maximum	Prov <DL
%	0,01	0,01	0,002	0,04	0



NIOB (Nb)

Niob används i legeringar och superlegeringar, på grund av dess egenskaper som ökar korrosionsbeständigheten. Niob förekommer i felsiska bergarter, som granit och pegmatit. Mobiliteten är låg och sekundär anrikning sker i finkorniga avlagringar. De högsta medianhalterna förekommer i fyllning och svämsediment, främst i hamnområden. Enstaka extremvärden förekommer i grönområden och på gräsytor. Niobhalterna uppgår till 6,1 ppm och korrelerar positivt med titan (r=0,81).

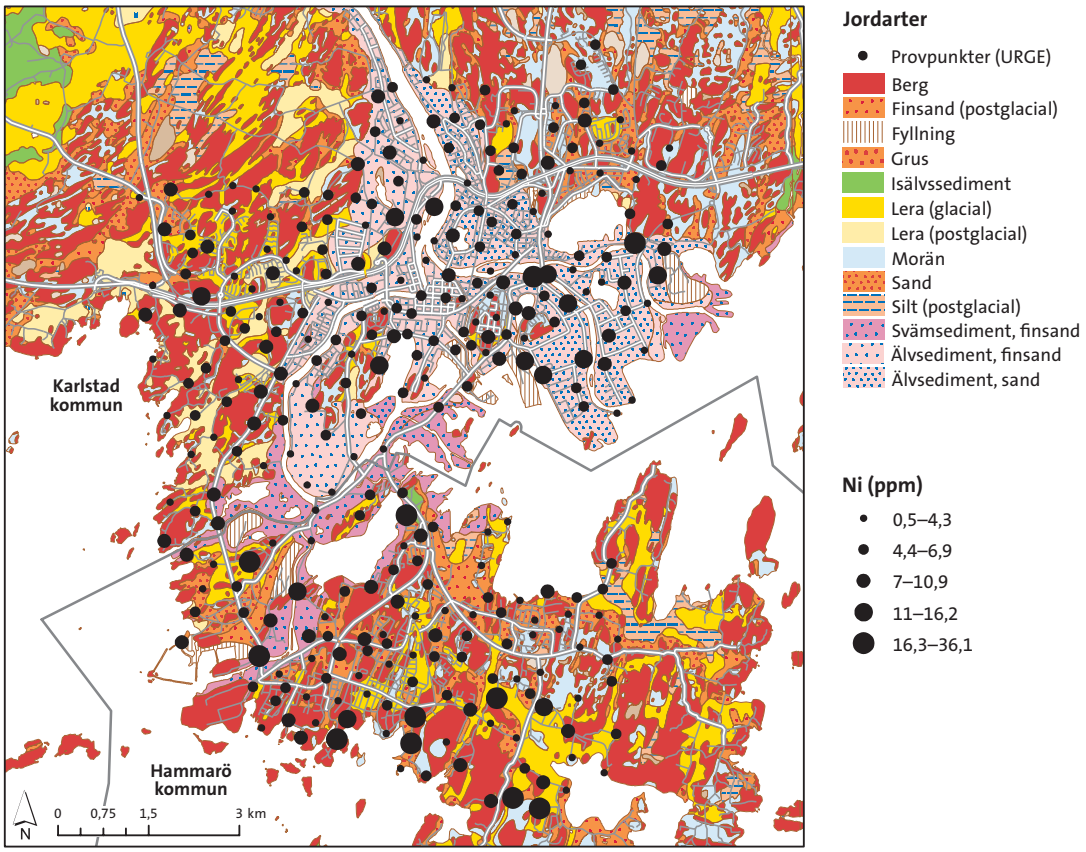
	Medel	Median	Minimum	Maximum	Prov <DL
ppm	1,6	1,5	0,4	6,1	0



NICKEL (Ni)

Nickel är en metall som används i legeringar, maskindetaljer, elektronik, vid produktion av rostfritt stål, och som katalysator. Nickel sprids från bland annat smältverk, oljespill och avloppsslam. Metallen är ett vanligt spårelement i bergartsbildande mineral och sulfider, och uppträder i mafiska bergarter, med högre koncentrationer framför allt i ultramafiska bergarter. Nickel är mobilt i sura miljöer, men binds lätt till lermineral och järn- och mangan-oxider. Nickelhalterna i ytproverna varierar mellan 1 och 36 ppm. Koncentrationerna visar en ganska jämn spridning i provtagningsområdet, med något högre värden i de centrala delarna av Karlstad och Skoghall. Intressant att notera kan vara att sydligaste proven är tagna i närheten av en avfallsanläggning, vilket kan vara orsaken till de något högre halterna. Även vid Klarälvens utlopp i väster finns något högre koncentrationer, möjligen på grund av industrianläggningarna i området. Högst medianhalter återfinns i hamn- och industriområden, i fyllning och svämsediment. Enstaka extremvärden kan ändå ses i spridningsmönstret. Nickelhalterna visar positiv korrelation med krom (r=0,9).

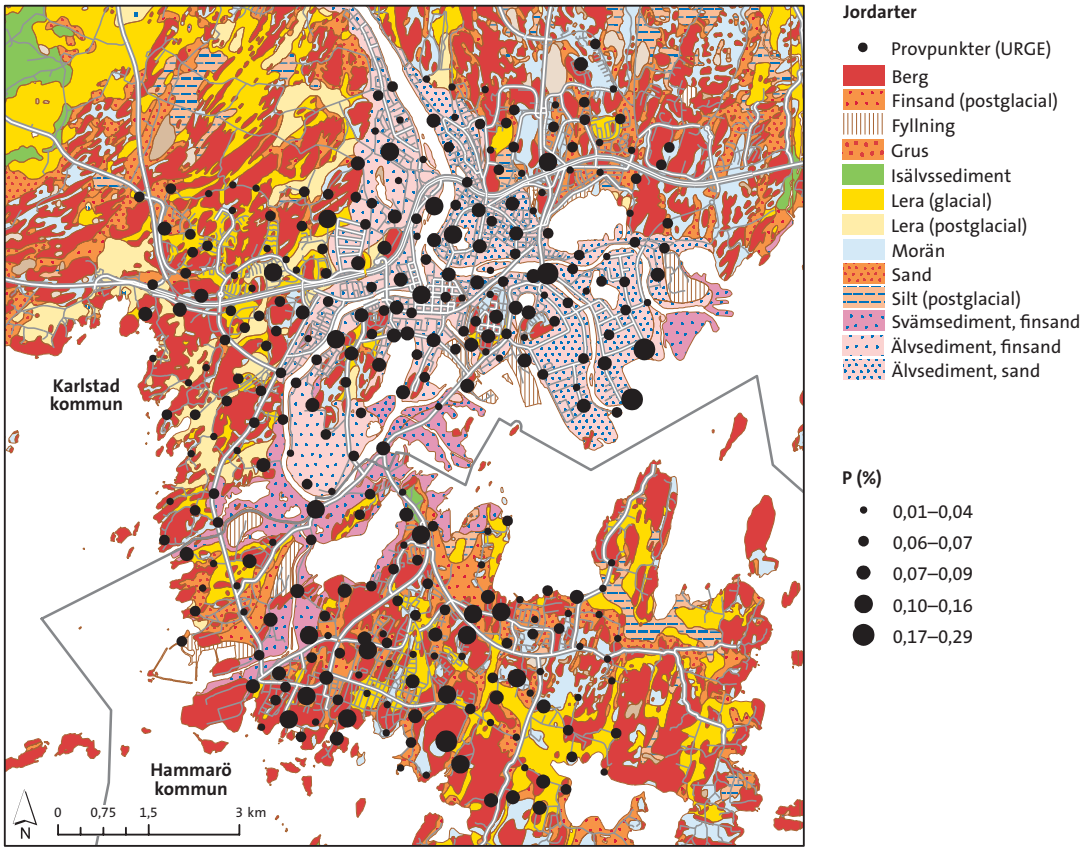
	Medel	Median	Minimum	Maximum	Prov <DL	Prov >KM	KM-värde (ppm)
ppm	6,3	5,1	0,5	36,1	0	0	40



FOSFOR (P)

Fosfor används främst för att producera gödningsmedel, andra användningsområden är i fyrverkerier och tändstickor. Fosfor utgör ett essentiellt spårämne i människokroppen (t.ex. vävnader), i form av kalciumfosfat bygger det även upp skelettet och tänder. I naturen förekommer fosfor vanligen i både intrusiva och sedimentära bergarter. Fosfor är mobilt i medelsura miljöer, men bildar svårlösliga föreningar i sur respektive basisk miljö. I ytproverna uppgår fosforhalter till 0,3 % och högst medianhalter återfinns i sväm- och älvsediment, med relativt jämn spridning inom olika markanvändningsområden. Enstaka extremvärden uppträder påtagligt i grönområden.

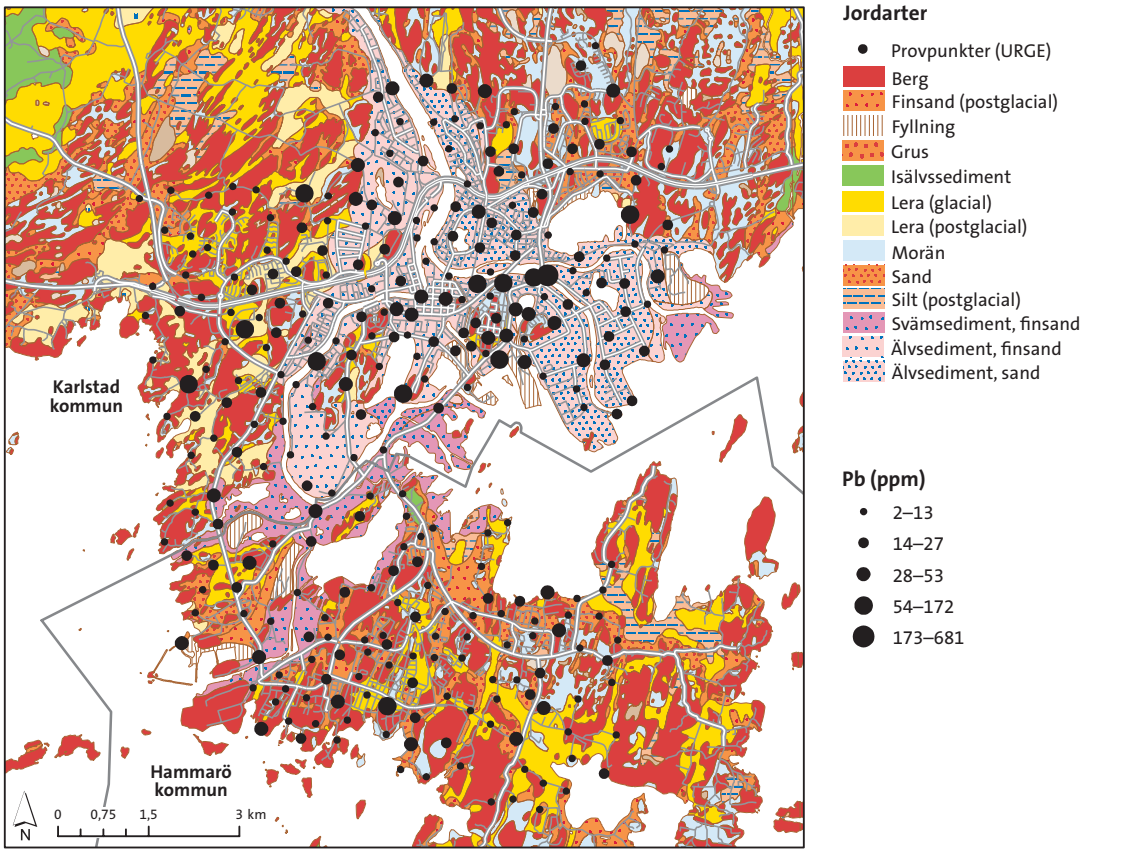
	Medel	Median	Minimum	Maximum	Prov <DL
%	0,1	0,1	0,01	0,29	0



BLY (Pb)

Bly används bland annat i legeringar, blyackumulatorer, blyhagel, elkabelhöljen och som skydd mot röntgenstrålning och radioaktiv strålning. Tidigare användes bly även som pigment i färg samt som tillsats (tetraetylbly) i bensin. I naturen uppträder bly oftast i felsiska magmatiska bergarter, karbonater och polymetalliska bly-zinkmineraliseringar. Mobiliteten är låg och bly tenderar att adsorberas till lerpartiklar och organiskt material. Blyhalterna visar stor variation i Karlstadområdet. Femton prov innehöll koncentrationer över KM-värdet (50 ppm). Högst medianhalt hittas i hamnområden, främst i fyllning (bilaga 2). Avvikande och extrema värden återfinns i grönområden. Bly korrelerar positivt med antimon (r=0,94), zink (r=0,82), barium (r=0,81) och kvicksilver (r=0,81).

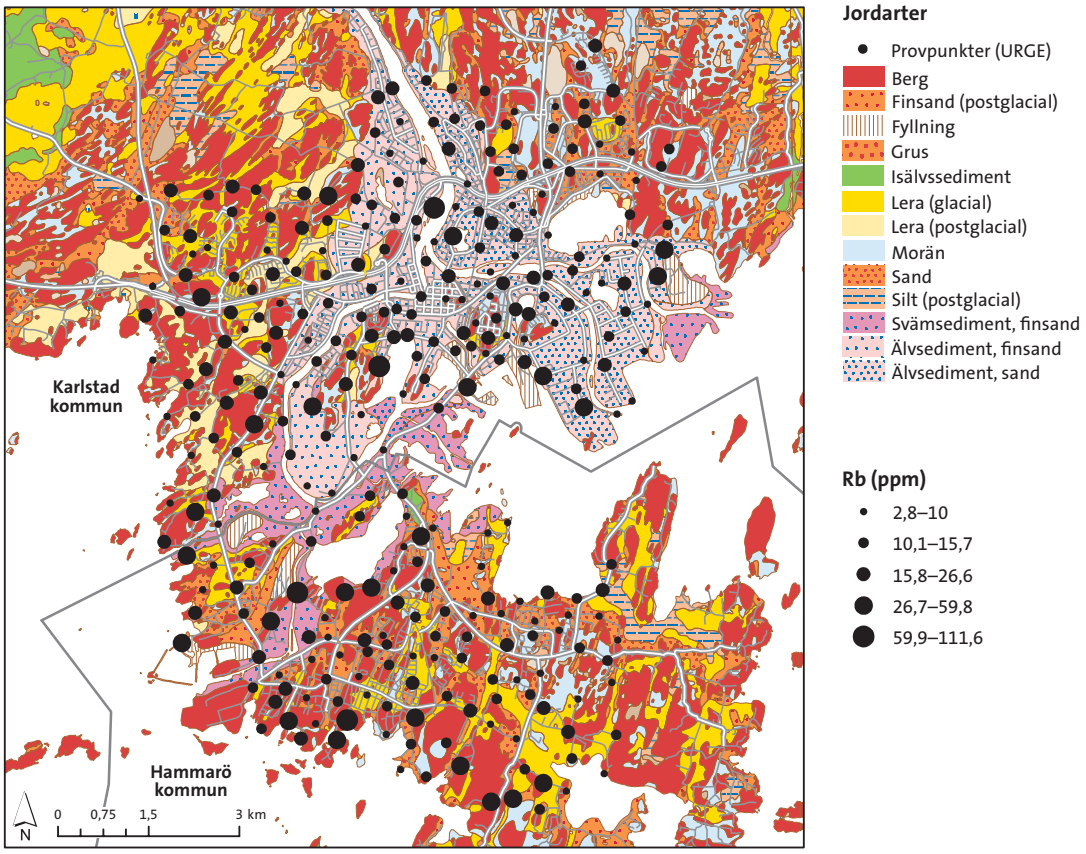
	Medel	Median	Minimum	Maximum	Prov <DL	Prov >KM	KM-värde (ppm)
ppm	19	12	2	681	0	15	50



RUBIDIUM (Rb)

Rubidium används inom elektronik- och kemiindustrin, t.ex. i fotoceller, som uppsamlare av restgaser i vakuumsystem, vid framställning av solceller och inom medicinindustrin. Rubidium uppträder i senmagmatiska bergarter som granit och pegmatit, samt i sedimentära bergarter. Mobiliteten är generellt låg men ökar med högre pH. Rubidiumhalterna visar stor variation, med högst medianhalter i fyllnadsmaterial i hamn- och industriområden (bilaga 1, bilaga 2), med extremvärden i grönområden. Rubidium korrelerar positivt med kalium (r=0,97), titan (r=0,88) och cesium (r=0,90).

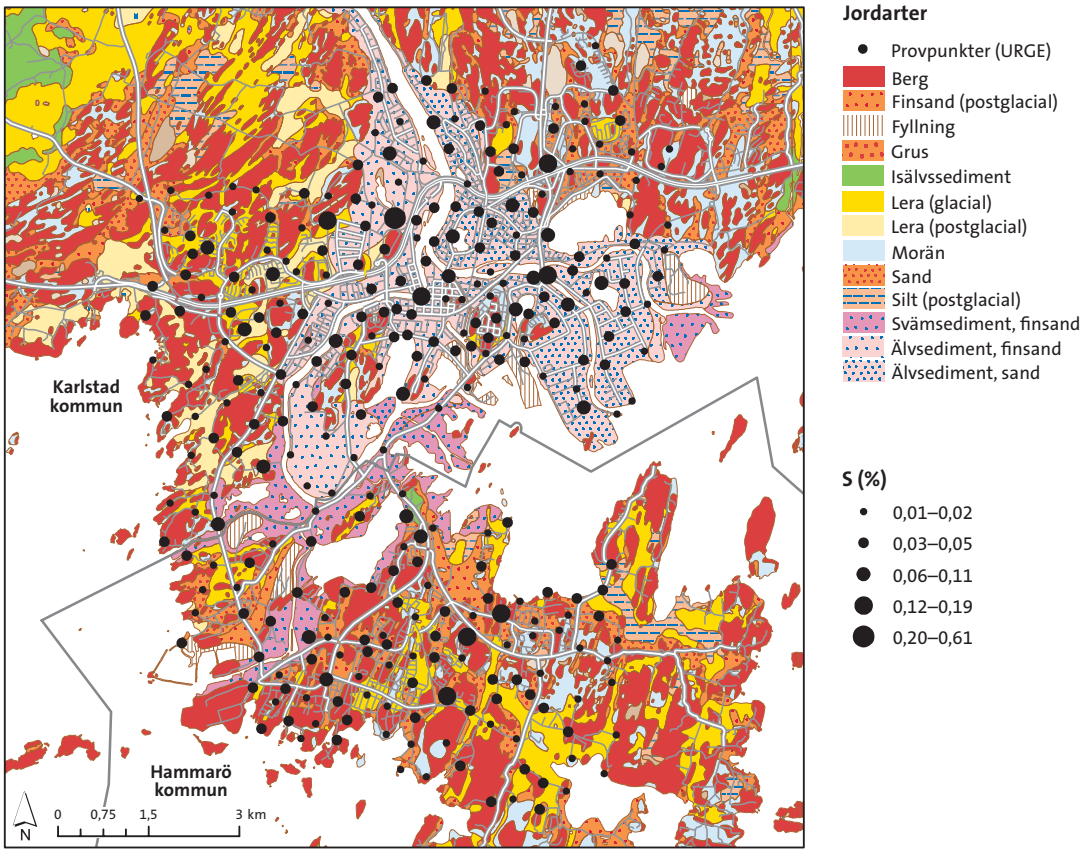
	Medel	Median	Minimum	Maximum	Prov <DL
ppm	15	12	2,8	111,6	0



SVAVEL (S)

Svavel har använts vid produktion av gummi, pesticider, medicin, kosmetika och svavelsyra för laboratoriebruk. Spridningen till naturen sker från bl. a. förbränning av fossila bränslen och från svavelsyratillverkning. Svavel förekommer i mafiska och ultramafiska, samt i sedimentära bergarter (t.ex. svartskiffer). Det vanligaste svavelmineralet är pyrit (FeS_2) och spårmängder finns i bergartsbildande mineral (t.ex. fältspat, glimmer). Mobiliteten är hög vid mineralvittring och lösligt svavel bildar lätt nya komplex. Halterna i provtagningsområdet uppgår till 0,6 %. Svavelhalterna har ganska jämn spridning och variationen är låg.

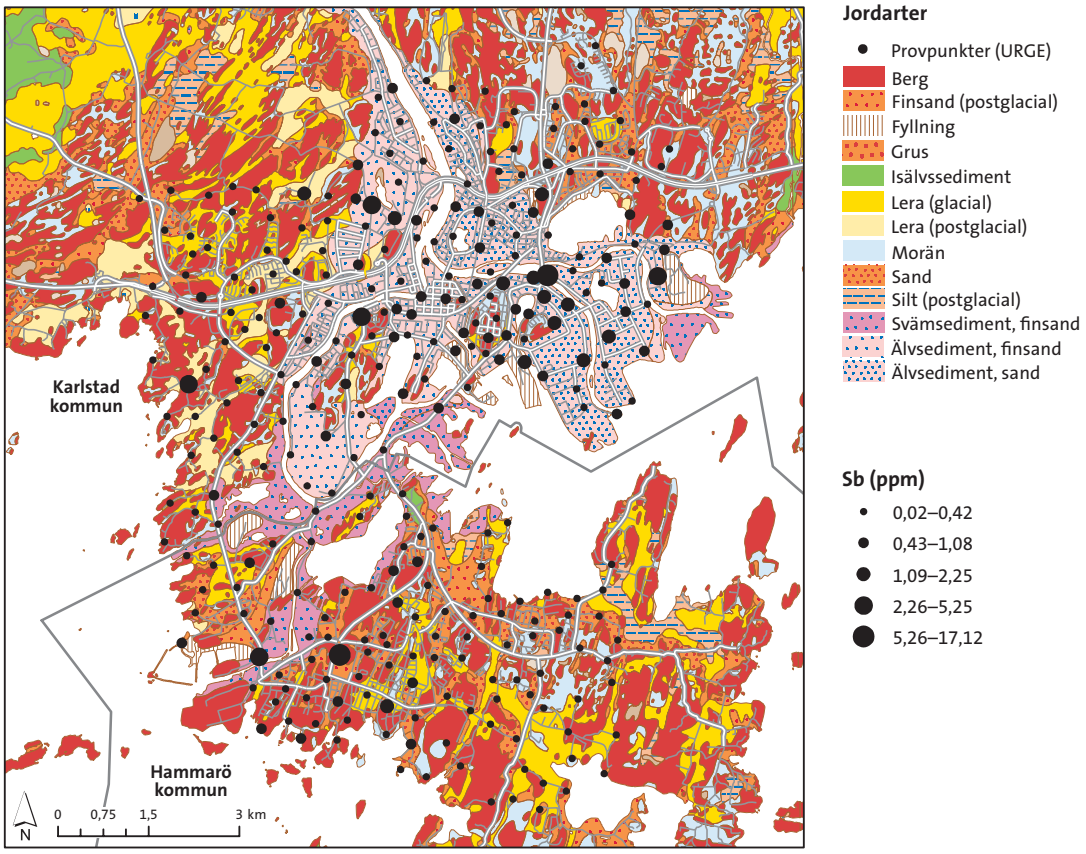
	Medel	Median	Minimum	Maximum	Prov <DL
%	0,03	0,03	0,01	0,6	98



ANTIMON (Sb)

Antimon är en halvmetall som används som komponent i legeringar, flamskyddsmedel och gummitillverkning. I naturen förekommer antimon som spårelement i sulfider. Skiffrar innehåller generellt de högsta halterna. Mobiliteten hos antimon är hög då den är lättlöslig, speciellt i oxiderande miljöer. Antimon fäller ut med järnoxider och adsorberas till organiskt material. De högsta antimonhalterna i ytproven uppgår till 17 ppm. Två prov överstiger KM-värdet för antimon (12 ppm) och dessa prov är belägna i de centrala delarna av Karlstad respektive Skoghall. De högsta medianhalterna återfinns i hamn- och industriområden, främst från provlokaler på postglacial lera och svämsediment. Antimonhalterna i denna studie går att jämföra direkt mot KM-värdet, då samma lakningsmetod (kungsvattenlakning) har använts. Antimon korrelerar positivt med zink (r=0,70), tenn (r=0,74) och bly (r=0,72).

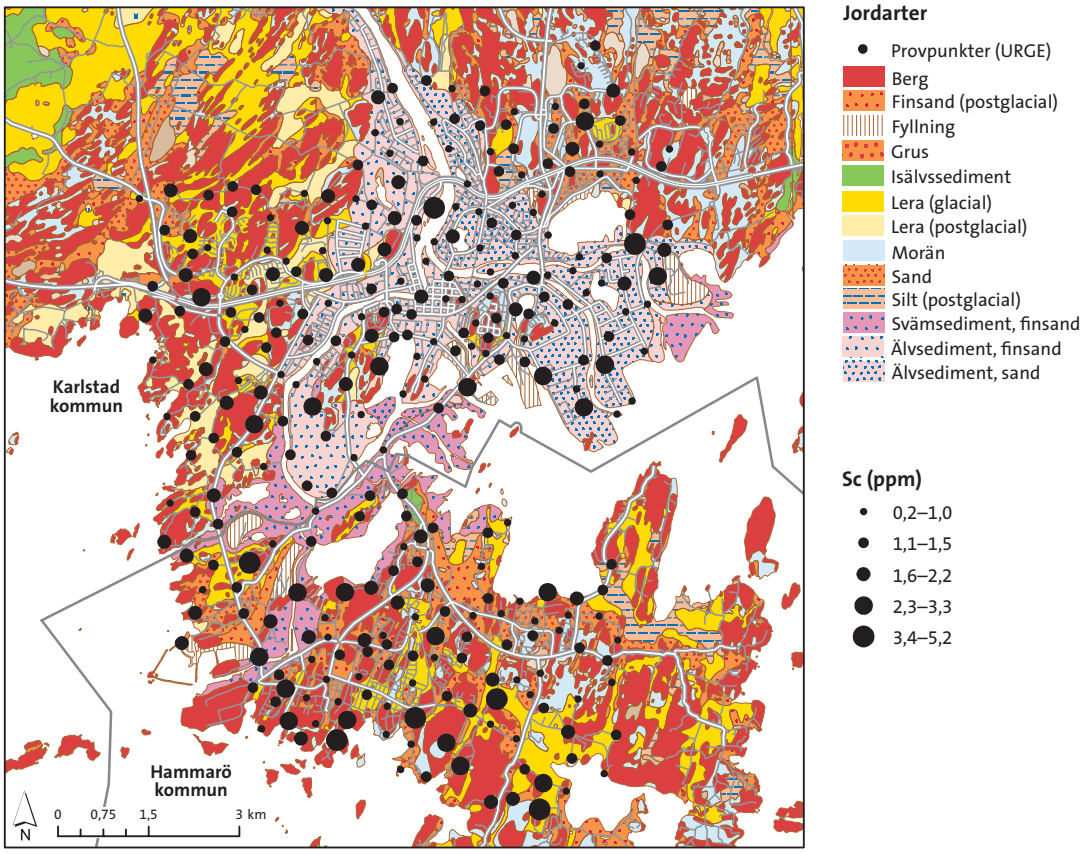
	Medel	Median	Minimum	Maximum	Prov <DL	Prov >KM	KM-värde (ppm)
ppm	0,5	0,2	0,02	17,12	0	2	12



SKANDIUM (Sc)

Den främsta användningen av skandium är i aluminiumlegeringar. Naturligt förekommer metallen i mafiska och alkalina bergarter samt i finkorniga sedimentära bergarter (t.ex. lerskiffer). Skandium har hög mobilitet men binder till organiskt material och lerpartiklar, vilket minskar mobiliteten. Halterna uppgår till 5,2 ppm i provtagningsområdet, med de högre medianhalterna i hamn- och industriområden.

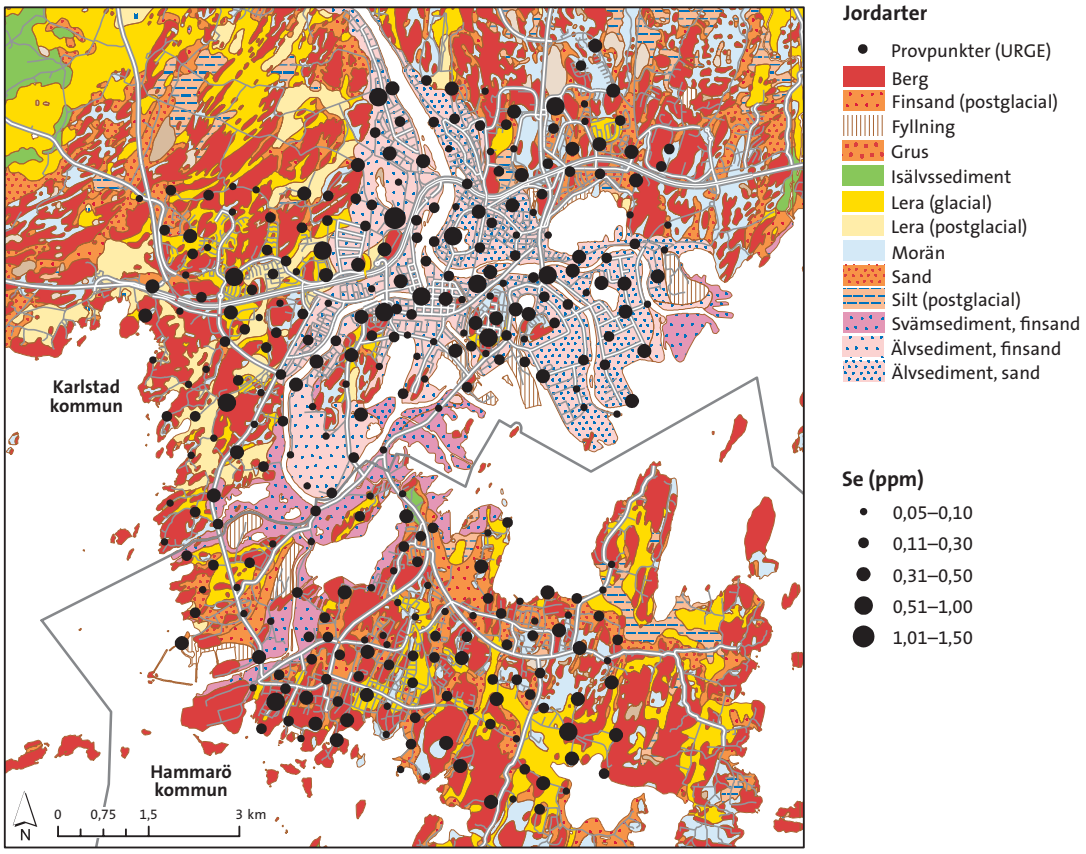
	Medel	Median	Minimum	Maximum	Prov <DL
ppm	1,3	1,2	0,2	5,2	0



SELEN (Se)

Selen används i fotoceller, solceller, till färgning inom glasproduktion, inom jordbruket som tillsatsämne i gödsel och foder, samt inom den kemiska industrin. Biologiskt sett är selen nödvändigt för människor och selenbrist kan leda till sjukdomar. Naturligt förekommer selen i sulfidmalmer, och den industriella produktionen av selen sker från biprodukter från malmbrytning. Mobiliteten hos frigjort selen är hög, lättlösliga komplex bildas under basiska pH-förhållanden medan sura miljöer bidrar till att binda selen i svårlösliga sulfider. De högsta medianhalterna av selen återfinns i prov från lokaler på fyllningsmaterial, morän, glacial lera och älvsediment.

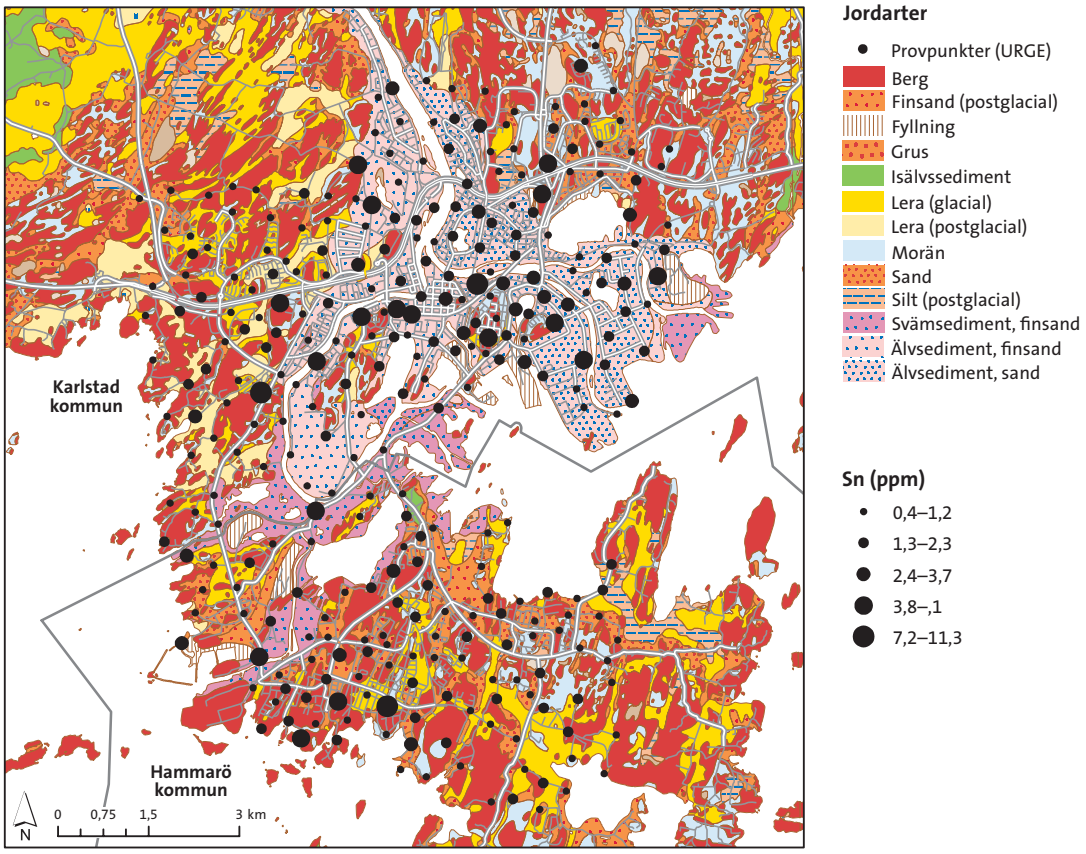
	Medel	Median	Minimum	Maximum	Prov <DL
ppm	0,3	0,2	0,05	1,5	74



TENN (Sn)

Tenn har använts som korrosionsskydd, som komponent i legeringar (t.ex. för konservburkar), koppar-tennlegeringar (brons), supraledare, i elkontakter, som katalysatorer, som stabilisator vid PVC-tillverkning. Tidigare användes tenn även som impregneringsmedel för trävaror, textilier och plaster. Naturligt högre tennhalter finns i graniter, granodioriter, pegmatiter och i skiffrar, vanligen som tennmineralet kassiterit (SnO_2). Mobiliteten ökar i sura miljöer med lågt pH, och tenn tenderar att adsorbera till lerpartiklar och organiskt material. I provtagningsområdet uppgår halterna till 11,3 ppm. Högre medianhalter återfinns i hamn- och industriområden, ofta i prov från lokaler på fyllning och älvsediment.

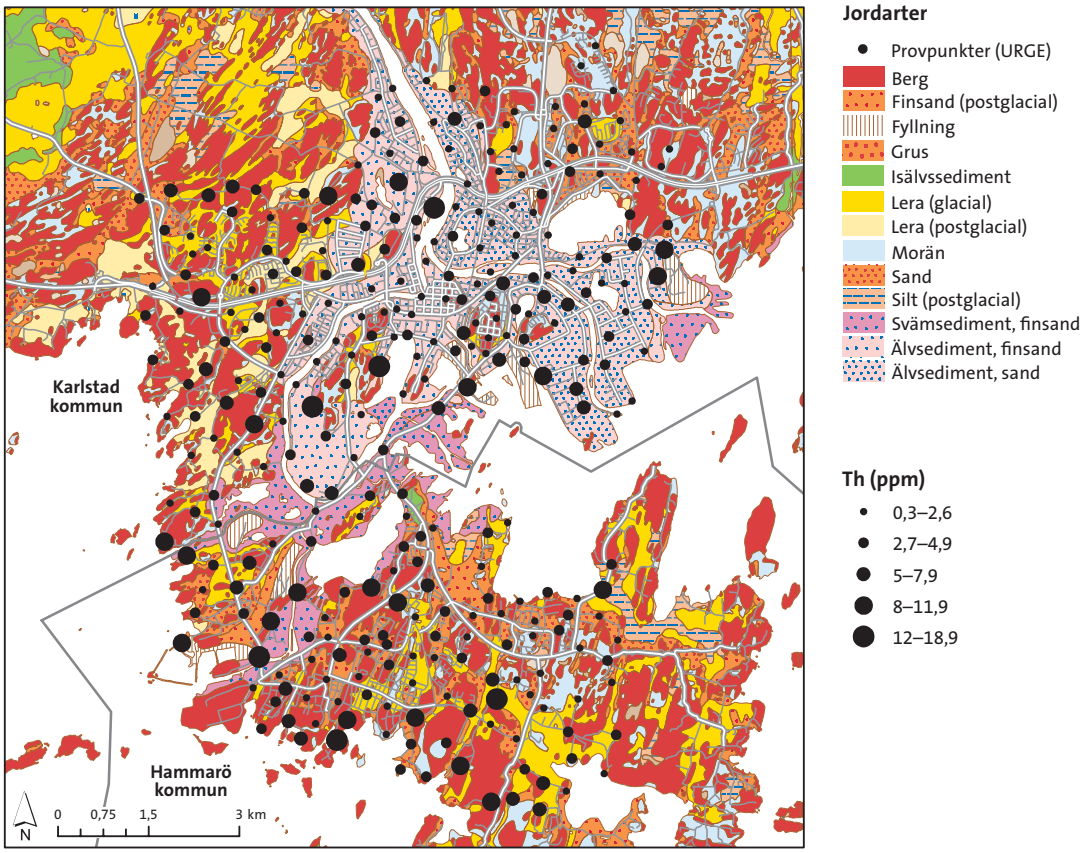
	Medel	Median	Minimum	Maximum	Prov <DL
ppm	1,9	1,2	0,4	11,3	1



TORIUM (Th)

Torium används bland annat som komponent i keramiskt material och inom kärnkraftsindustrin. Spridningen sker från artificiellt gödningsmedel (fosfatgödselmedel), kolförbränning och från anrikning av uran. Högre naturliga halter av torium förekommer i senmagmatiska bergarter (granit, pegmatit), i lerskiffer och andra skiffrar, samt i paragnejs. Vanligen uppträder det som spårelement i accessoriska mineral (t.ex. apatit och zirkon) och bildar en del egna mineral som torianit (oxid) och monazit (fosfat). Mobiliteten är låg på grund av den låga lösligheten och torium tenderar att binda till lerpartiklar. I provtagningsområdet återfinns de högsta medianhalterna för torium i hamn- och industriområden, med högre halter från provlokaler på fyllning och svämsediment.

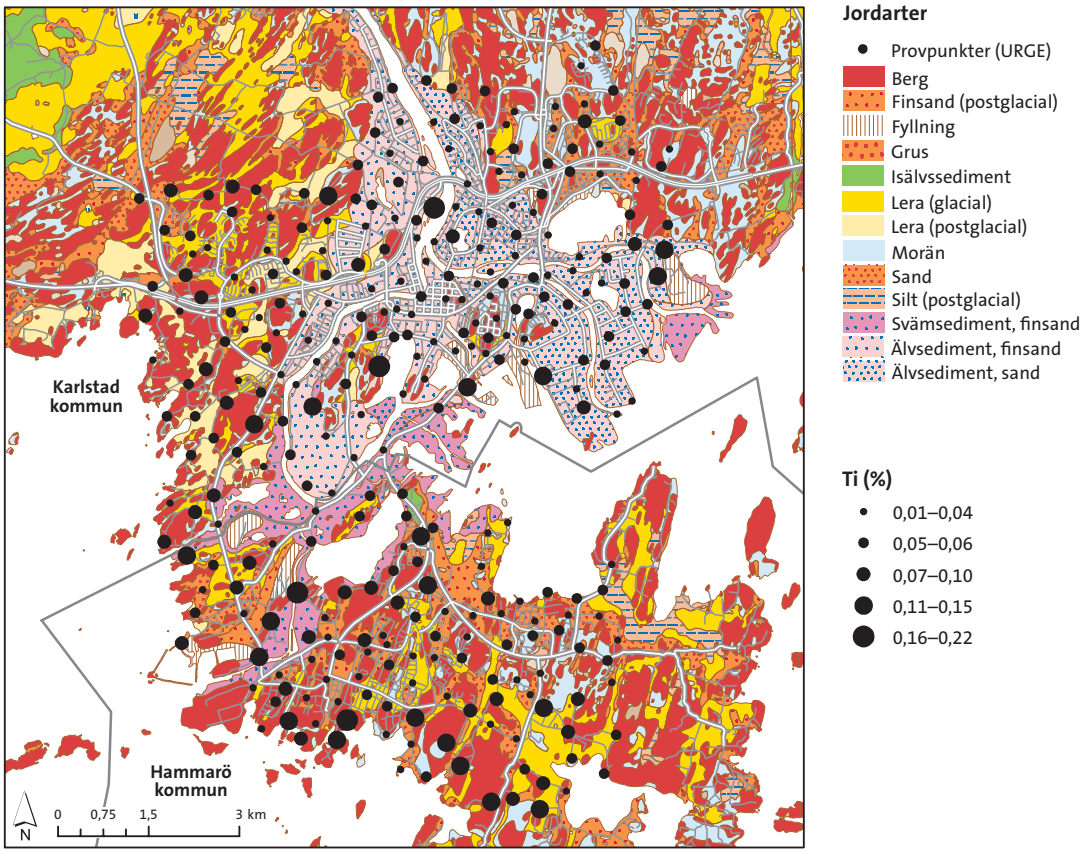
	Medel	Median	Minimum	Maximum	Prov <DL
ppm	3,6	2,6	0,3	18,9	0



TITAN (Ti)

Titan har många användningsområden, som komponent i konstruktionsmaterial, utrustning inom processindustrin, behållare för kärnbränsle, implantat, legeringar (supraledare), och färgpigment, för att nämna några. Spridning är vanlig från rötslam. I naturen förekommer titan med högst koncentrationer i gabbro, diorit och granit, men även i sandsten. Titanmineral (t.ex. titanit, rutil och ilmenit) är ofta vittringsbeständiga och titan i sig är svårlösligt vilket gör det icke-mobilt. Titan har dessutom en tendens att adsorbera till järn- och manganoxider och ackumulera i lerrika avlagringar. I provtagningsområdet förekommer titanhalter upp till 0,2 %, med lägst medianhalter på lekplatser och högst i hamn- och industriområden. Högre koncentrationer återfinns på svämsediment.

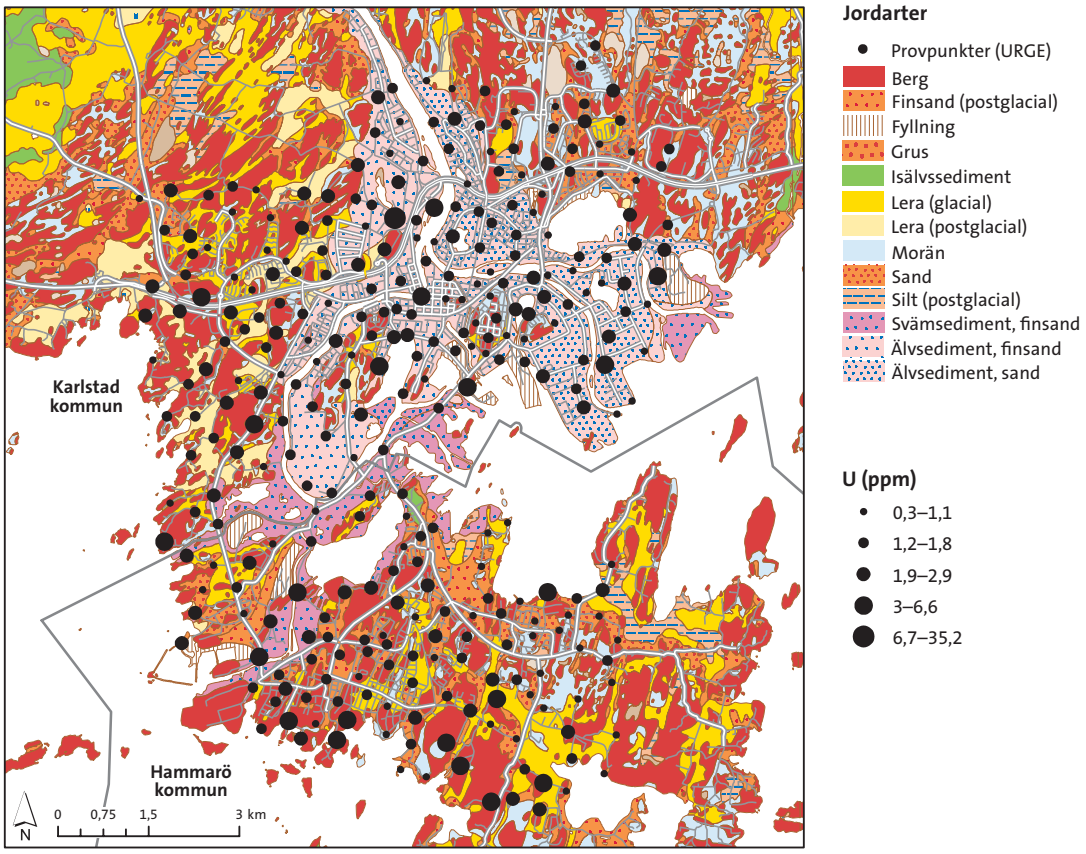
	Medel	Median	Minimum	Maximum	Prov <DL
%	0,1	0,04	0,01	0,22	0



URAN (U)

Uran används som reaktorbränsle. Spridningen i naturen sker via förbränning av fossila bränslen, samt via fosfathaltiga gödningsmedel. I berggrunden förekommer uran som spårelement i accessoriska mineral (t.ex. i monazit och zirkon). Högre halter uppträder i graniter, pegmatiter och i felsiska vulkaniter. Mobiliteten är låg på grund av förekomsten i vittringsbeständiga mineral, och lösligheten ökar under oxiderande och sura förhållanden. Tendensen att adsorbera till lerpartiklar, organiskt material och järnoxider är hög för lösligt uran. De högsta medianhalterna uppträder i hamnområden, ofta på svämsediment. Uranhalterna uppgår till 35,2 ppm och korrelerar positivt med Mo (r=0,92), Tl (r=0,96), Te (r=0,83) och Re (r=0,84).

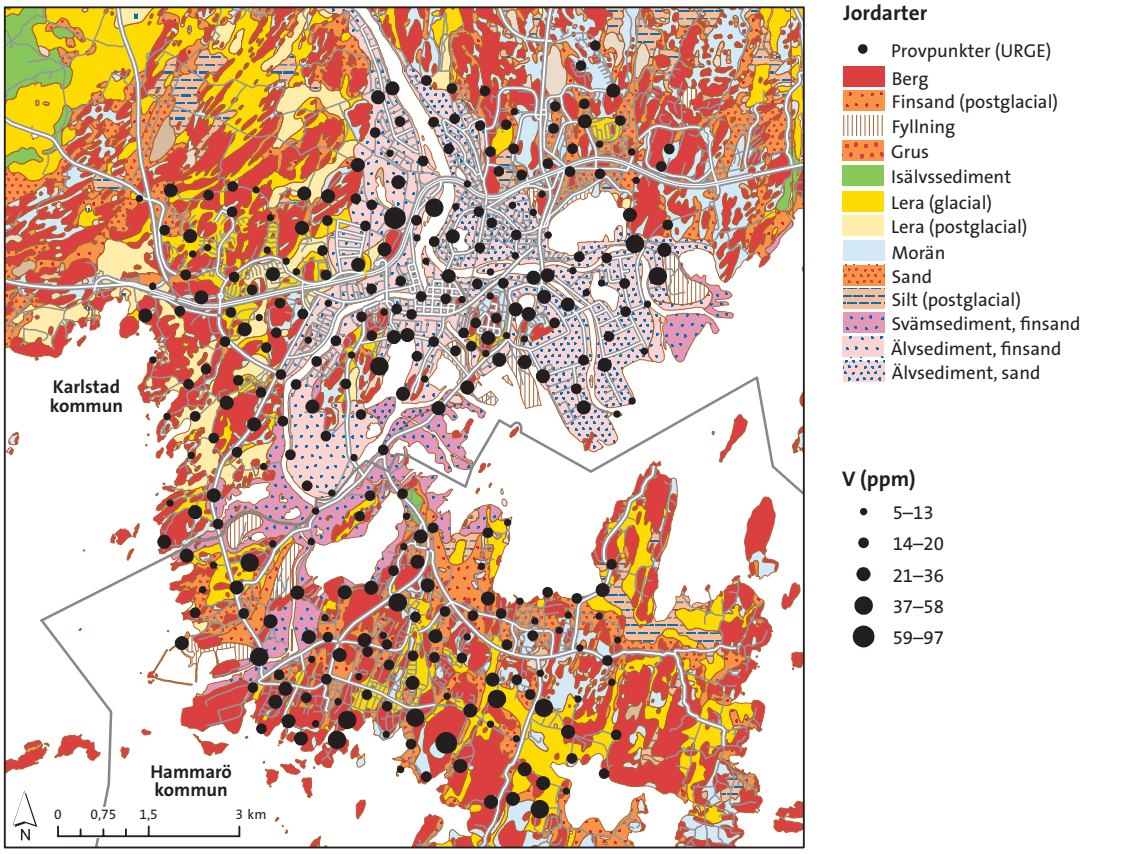
	Medel	Median	Minimum	Maximum	Prov <DL
ppm	1,7	1,3	0,3	35,2	0



VANADIN (V)

Vanadin används som legeringsämne (t.ex. ferrovanadin i stål, högtemperaturlegeringar), katalysatorer (t.ex. vid framställning av svavelsyra). Spridning till miljön sker från förbränning av fossila bränslen, stålindustrin och oljeraffinaderier. I naturen uppträder högre vanadinhalter i mafiska och ultramafiska bergarter, samt i skiffrar med högt innehåll av organiskt material. Vanadin har hög mobilitet i oxiderande miljöer och adsorberar lätt till järn- och manganoxider, lerpartiklar och organiskt material. Halterna i provtagningsområdet visar stor variation och uppgår till 97 ppm. De lägsta medianhalterna förekommer på lekplatser, medan högre koncentrationer återfinns i södra delen av provtagningsområdet. Inget prov överstiger KM-värdet som är fastställt för vanadin.

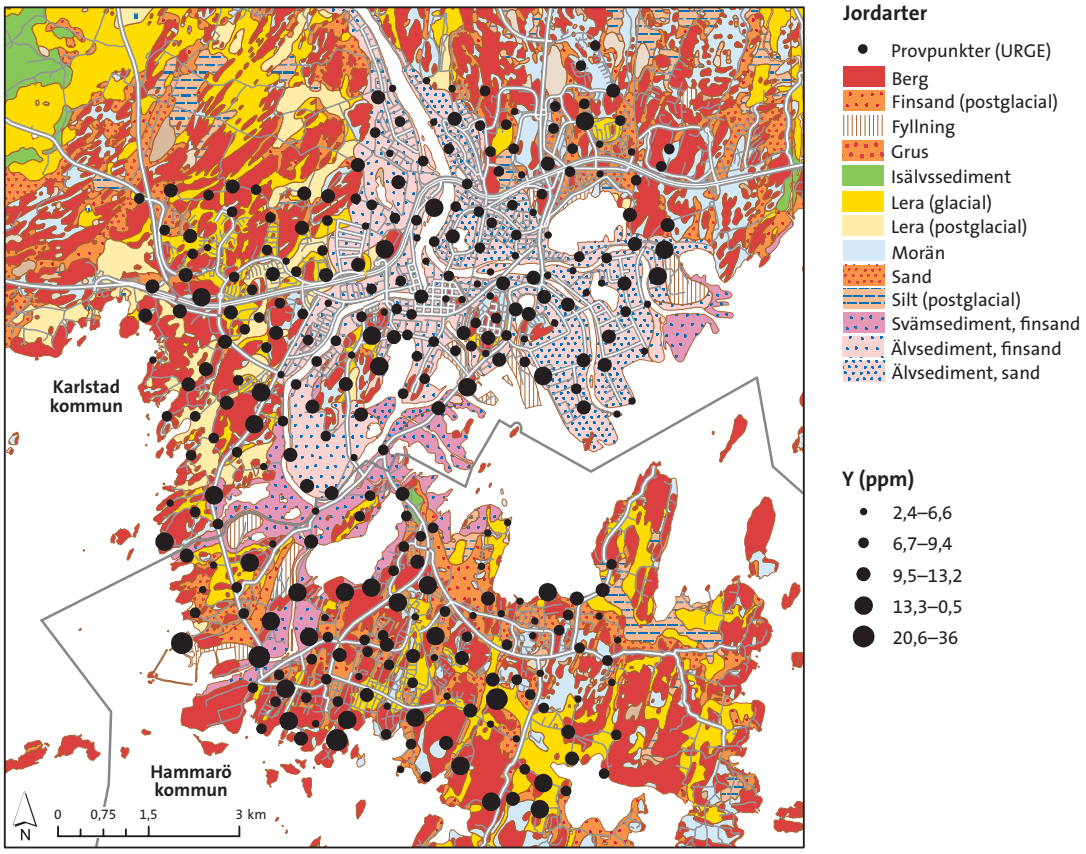
	Medel	Median	Minimum	Maximum	Prov <DL	Prov >KM	KM-värde (ppm)
ppm	19	16	5	97	0	0	100



YTTRIUM (Y)

Yttrium används i legeringar, keramer, bildskärmar med färg, och som katalysatorer vid tillverkning av polyeten. Högre halter uppträder i både bergartsbildande (t.ex. biotit, pyroxen) och accessoriska mineral (zircon, apatit, granat), i graniter, pegmatiter, alkalina och hydrotermalt omvandlade bergarter. Yttrium tenderar att adsorberas till lerpartiklar. Halterna uppgår till 36 ppm i provtagningsområdet, med lägst medianhalter i lekplatser och högst halter i hamn- och industriområden. Högst medianhalter återfinns i svämsediment. Yttrium korrelerar positivt med cerium (r=0,92), lantan (r=0,92), skandium (r=0,85) och zirkonium (r= 0,82).

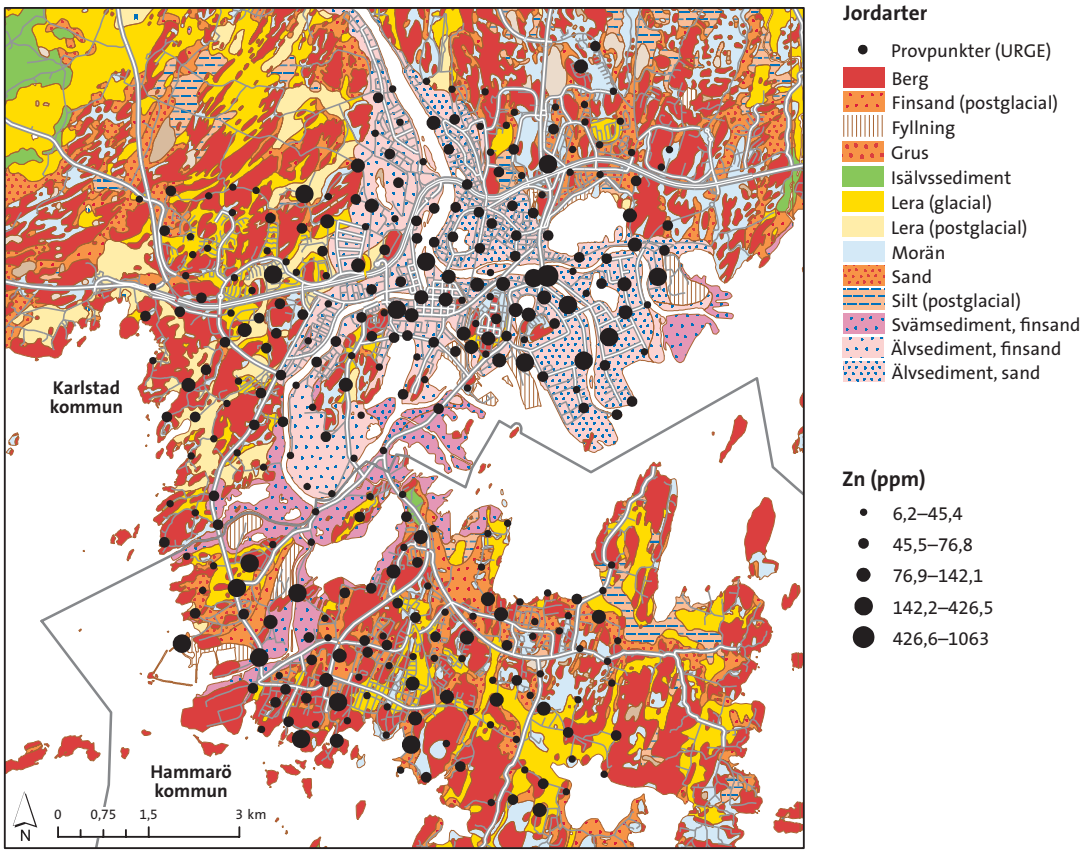
	Medel	Median	Minimum	Maximum	Prov <DL
ppm	9,1	8,2	2,4	36,0	0



ZINK (Zn)

Zink används framför allt till korrosionsskydd (t.ex. galvanisering av järn och stål) och i legeringar, men även i rostskyddsfärger, impregneringsmedel, smörjmedel, gummi och som katalysatorer. Zink sprids till miljön från industriella processer som framställning av stål, metallhantering, men också från förbränning av fossila bränslen, slitage av däckgummi, rost från fordon samt gödningsmedel. Högre zinkhalter uppträder i mafiska bergarter och skiffrar, även vissa sedimentära bergarter kan innehålla högre halter, beroende av koncentrationerna i ursprungssedimenten. Vid vittring adsorberar zink till lerpartiklar och organiskt material, samt fäller ut med andra metaller. Zinkhalterna i ytproven varierar mellan 6 och 1063 ppm. Två prov överstiger KM-värdet (250 ppm). De högre medianhalterna förekommer i hamn- och industriområden, med höga halter i fyllnadsmaterial. Måttliga nivåer återfinns i grönområden. Zink visar positiv korrelation (r>0,8) med barium, tenn och bly.

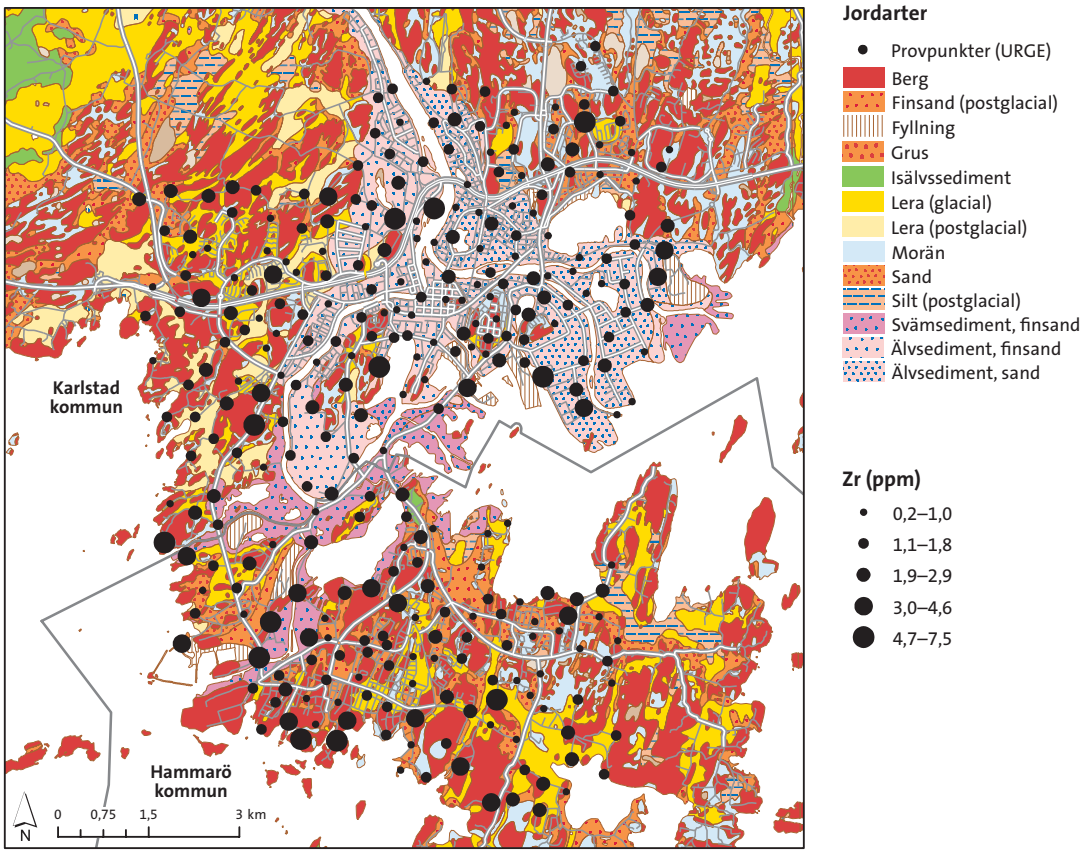
	Medel	Median	Minimum	Maximum	Prov <DL	Prov >KM	KM-värde (ppm)
ppm	64	48	6,2	1063	0	2	250



ZIRKONIUM (Zr)

Zirkonium används i legeringar, som pigment i kamouflagefärg och i viss mån som konstruktionsmaterial (t.ex. i tillverkningen av borrningsutrustning). Spridning sker via kärnbränslehantering och från keramiskt damm. I naturen förekommer zirkonium främst i mineralet zirkon, ett hårt och vittringsbeständigt mineral vanligt i felsiska magmatiska bergarter (i t.ex. graniter) och sandstenar. Zirkonium har låg mobilitet och löslighet, samt adsorberas till lermineral och organiskt material. I provtagningsområdet uppgår zirkoniumhalterna till 7,5 ppm, med högst medianhalter hamn- och industriområden. Högre halter förekommer på lokaler med svämsediment. Zirkonium korrelerar positivt med hafnium (r=0,94), thorium (r=0,83) och yttrium (r=0,82).

	Medel	Median	Minimum	Maximum	Prov <DL
ppm	1,6	1,3	0,2	7,5	0



SAMMANFATTNING

Som en del av det europeiska samarbetsprojektet URGE (Urban Geochemistry) tillsammans med EuroGeoSurveys Geochemistry Expert Group (EGS-GEG) undersöktes den urbana tätortsgeokemin i Karlstad, för att utvärdera spridningen av potentiellt toxiska halter av vissa grundämnen.

Resultaten visar ett komplicerat geokemiskt mönster som påverkas av både den geologiska bakgrunden och det antropogena komplementet. Markanvändningsområden spelar roll för den geokemiska spridningen; t.ex. visar hamn- och industriområden oftare högre koncentrationer av industrimetaller (Co, Cu, Ni, Pb, Sb, Zn) medan bostadsområden och lekplatser generellt visar lägre halter av motsvarande grundämnen. Brett definierade grönområden och gräsytor visar i regel större variation inom respektive kategori. Jämförelsen mot jordartskartan ger en något diffus bild på grund av skillnaden mellan provtagningsdjup och observationsdjup, men resultaten visar ändå en del typiska beteenden för olika grundämnen (i den mån jordartsobservationen är densamma som ytjorden på provtagningslokalen). Till exempel är det naturligt att metaller (exempelvis Ag, As, Cd, Cu, Mo, Sn, Zn) ofta ackumulerar i finkorniga sediment, fyllnadsmaterial utmärker sig ofta som kemiskt distinkt mot övriga jordarter på grund av dess ofta främmande ursprungskälla osv. Den antropogena influensen syns i hamn- och industriområden och visar ofta en märkbar anrikning av industrimetaller i fyllnadsmaterial och sediment. Eftersom barn i regel exponeras i högre grad än vuxna för skadliga grundämnen (exempelvis bly, arsenik, kadmium) via intag av luftburna partiklar och jord, utgör grönområden (rekreationsområden) och lekplatser särskilt viktiga lokaler i denna studie. Generellt visar resultaten låga mediankoncentrationer av skadliga grundämnen (som kadmium, koppar, kvicksilver, bly) inom dessa kategorier, jämfört med t.ex. hamn- och industriområden.

Tätortsgeokemiska studier bidrar till en ökad förståelse för var risker för exponering är som störst i den urbana miljön. I framtiden skulle en utökad studie med större detaljrikedom kunna bidra till ytterligare information om det geokemiska mönstret i Karlstad, och hur det påverkas av markanvändningen i provtagningsområdet. Resultaten från denna studie kan användas som hjälpunderlag av de inblandade kommunerna för framtida samhällsplanering och fortsatt tillsyn av känsliga markområden.

REFERENSER

Andersson, M., Ottesen, R.T. & Langedal, M., 2010: Geochemistry of urban surface soils – Monitoring in Trondheim, Norway. *Geoderma 156*, 112–118.

Andersson, M., Jelinek, C., Ohlsson, S.-Å. & Selinus, O., 2007: Metaller i morän och andra sediment, Östra Mälardalen med Stockholm. *Sveriges geologiska undersökning K 77*.

Bacigalupo, C. & Hale, B., 2012: Human health risks of Pb and As exposure via consumption of home garden vegetables and incidental soil and dust ingestion: A probabilistic screening tool. *Science of The Total Environment 423*, 27–38.

Cannon, W.F. & Horton, J.D., 2009: Soil geochemical signature of urbanization and industrialization – Chicago, Illinois, USA. *Applied Geochemistry 24*, 1590–1601.

Enghag, P., 2004: *Encyclopedia of the elements*. Wiley-VCH.

Garrett, R.G., Reimann, C., Smith, D.B. & Xie, X., 2008: From geochemical prospecting to international geochemical mapping: a historical overview. *Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis 8*, 205–217.

Imperatoa M., Adamob P., Naimoa D., Arienzob M., Stanzionea D. & Violanteb P., 2003: Spatial distribution of heavy metals in urban soils of Naples city (Italy). *Environmental Pollution 124*, 247–256.

Luo, X., Yu, S. & Li, X., 2011: Distribution, availability, and sources of trace metals in different particle size fractions of urban soils in Hong Kong: Implications for assessing the risk to human health. *Environmental Pollution 159,* 1217–1326.

Markiewicz-Patkowska, J., Hursthouse, A. & Przybyla-Kij, H., 2005: The interaction of heavy metals with urban soils: sorption behaviour of Cd, Cu, Cr, Pb and Zn with a typical mixed brownfield deposit. *Environment International 31*, 513–521.

Nationalencyklopedin, 2014: *Periodiska systemet*. Hämtad 2014-07-29, Källa: http://www.ne.se/lang/periodiska-systemet.

Naturvårdsverket, 2009: Riktvärden för förorenad mark. *Naturvårdsverket Rapport 5976*, 272 s.

Reimann, C., Birke, M., Demetriades, A., Filzmoser, P. & O'Connor, P. (red.), 2014a: *Chemistry of Europe's agricultural soils – Part A: Methodology and interpretation of the GEMAS data set*. Geologisches Jahrbuch (Reihe B), Schweizerbarth, Hannover, 528 s.

Reimann, C., Birke, M., Demetriades, A., Filzmoser, P. & O'Connor, P. (red.), 2014b: *Chemistry of Europe's agricultural soils – Part B: General background information and further analysis of the GEMAS data set*. Geologisches Jahrbuch (Reihe B), Schweizerbarth, Hannover, 352 s.

Rodrigues, S.M., Cruz, N., Coelho, C., Henriques, B., Carvalho, L., Duarte, A.C., Pereira, E. & Römkens, P.F.A.M., 2013: Risk assessment for Cd, Cu, Pb and Zn in urban soils: Chemical availability as the central concept. *Environmental Pollution 183*, 234–242.

Stroh, E., Harrie, L. & Gustafsson, S., 2007: A study of spatial resolution in pollution exposure modellin. *International Journal of Health Geographics 6:19*.

Wong, C.S.C., Li, X. & Thornton, I., 2006: Urban environmental geochemistry of trace metals. *Environmental Pollution 142*, 1–16.

BILAGA 1. TABELLER

Grundläggande statistik

n=306	Mean	Median	Minimum	Maximum	Coef.var. (%)
Ag (ppb)	81,3	38,5	1	3419	346
Al (%)	0,5	0,5	0,1	1,6	45,9
As (ppm)	1,78	1,10	0,05	51,60	219,45
Au (ppb)	4,8	1,6	0,1	346,7	465,4
B (ppm)	1,3	0,5	0,5	11,0	111,8
Ba (ppm)	45,2	38,6	9,3	636,2	91,6
Be (ppm)	0,32	0,30	0,05	1,80	60,73
Bi (ppm)	0,13	0,11	0,01	0,93	64,01
Ca (%)	0,26	0,21	0,05	2,04	74,74
Cd (ppm)	0,14	0,11	0,02	1,43	85,52
Ce (ppm)	39,99	36,85	5,30	127,50	40,45
Co (ppm)	3,69	3,10	0,30	14,80	60,84
Cr (ppm)	10,8	8,6	1,0	95,5	95,6
Cs (ppm)	0,81	0,67	0,25	3,72	56,51
Cu (ppm)	14,3	11,1	1,6	141,5	95,3
Fe (%)	1,02	0,92	0,13	3,28	44,27
Ga (ppm)	2,47	2,20	0,80	10,10	45,78
Ge (ppm)	0,06	0,05	0,05	0,50	66,32
Hf (ppm)	0,04	0,03	0,01	0,21	76,07
Hg (ppb)	54,7	26,0	2,5	1754,0	223,2
In (ppm)	0,01	0,01	0,01	0,05	54,78
K (%)	0,12	0,10	0,02	0,77	77,75
La (ppm)	20,8	19,3	2,5	65,3	39,6
Li (ppm)	6,2	5,6	0,3	18,2	44,4
Mg (%)	0,25	0,20	0,02	1,59	74,59
Mn (ppm)	226	203	24	747	51
Mo (ppm)	0,9	0,4	0,1	87,5	544,5
Na (%)	0,010	0,008	0,002	0,043	59,708
Nb (ppm)	1,65	1,45	0,41	6,06	51,10
Ni (ppm)	6,3	5,1	0,5	36,1	75,6
P (%)	0,06	0,06	0,01	0,29	49,16
Pb (ppm)	18,8	11,7	2,1	680,6	219,8
Pd (ppb)	8	5	5	97	156
Pt (ppb)	2	1	1	52	222
Rb (ppm)	15,0	11,8	2,8	111,6	79,5
Re (ppb)	0,6	0,5	0,5	11,0	111,0
S (%)	0,03	0,03	0,01	0,61	129,39
Sb (ppm)	0,48	0,21	0,02	17,12	283,13
Sc (ppm)	1,3	1,2	0,2	5,2	52,8
Se (ppm)	0,26	0,20	0,05	1,50	72,12
Sn (ppm)	1,56	1,15	0,04	11,30	88,54
Sr (ppm)	12,1	10,9	2,9	54,1	50,5
Te (ppm)	0,01	0,01	0,01	0,22	103,87
Th (ppm)	3,6	2,6	0,3	18,9	84,7
Ti (%)	0,05	0,04	0,02	0,22	57,21
Tl (ppm)	0,11	0,08	0,01	3,64	201,09
U (ppm)	1,66	1,30	0,30	35,20	125,45
V (ppm)	19	16	5	97	54
W (ppm)	0,6	0,3	0,1	7	145
Y (ppm)	9,1	8,2	2,4	36,0	42,3
Zn (ppm)	64	48	6	1063	113
Zr (ppm)	1,6	1,3	0,2	7,5	74,3

Percentiler

n=306	Ag	Al	As	Au	B	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Ce	Co	Cr	Cs
p10	13	0,27	0,5	0,7	1	18,9	0,2	0,06	0,13	0,06	24,1	1,9	4,1	0,43
p25	21	0,34	0,7	1,1	1	26,6	0,2	0,09	0,16	0,08	30,0	2,4	5,8	0,56
p30	24	0,37	0,8	1,2	1	28,7	0,2	0,09	0,18	0,09	31,5	2,5	6,4	0,58
p50	39	0,45	1,1	1,7	2	38,6	0,3	0,11	0,21	0,11	36,9	3,1	8,6	0,67
p70	56	0,58	1,5	2,4	2	49,6	0,4	0,14	0,27	0,15	44,1	3,9	11	0,84
p75	65	0,62	1,7	2,8	2	53,1	0,4	0,15	0,29	0,17	46,5	4,2	12	0,89
p90	116	0,8	2,5	6,5	4	72,1	0,5	0,18	0,40	0,24	59,4	5,9	18	1,33
p95	161	0,97	4,6	11,5	6	88,3	0,7	0,24	0,57	0,29	66,4	7,5	23	1,60
p99	454	1,22	15,3	88,2	9	117	0,9	0,46	0,97	0,54	98,0	14	64	2,83
max	3419	1,60	51,6	347	11	636	1,8	0,93	2,04	1,43	128	15	96	3,72

n=306	Cu	Fe	Ga	Ge	Hf	Hg	In	K	La	Li	Mg	Mn	Mo	Na
p10	5,25	0,62	1,5	0,1	0,02	0,01	0,02	0,05	12,5	3,5	0,12	119	0,2	0,004
p25	7,89	0,75	1,8	0,1	0,03	0,02	0,02	0,07	15,6	4,5	0,16	154	0,3	0,006
p30	8,35	0,78	1,9	0,1	0,03	0,02	0,02	0,07	16,4	4,7	0,17	162	0,3	0,006
p50	11,10	0,92	2,2	0,1	0,04	0,03	0,02	0,10	19,3	5,6	0,20	203	0,4	0,008
p70	14,28	1,10	2,6	0,2	0,05	0,05	0,03	0,12	23,3	6,8	0,26	250	0,6	0,011
p75	15,59	1,14	2,8	0,2	0,06	0,06	0,03	0,13	24,5	7,3	0,27	269	0,7	0,012
p90	24,47	1,53	3,7	0,2	0,09	0,12	0,03	0,22	30,8	10,0	0,43	351	1,1	0,017
p95	33,91	1,97	4,3	0,2	0,12	0,20	0,05	0,29	34,5	11,7	0,57	465	1,5	0,020
p99	73,09	2,58	7,1	0,4	0,16	0,40	0,05	0,52	47,3	14,5	1,13	623	5,8	0,028
max	141,5	3,28	10,1	0,5	0,21	1,75	0,05	0,77	65,3	18,2	1,59	747	87,5	0,043

n=306	Nb	Ni	P	Pb	Pd	Pt	Rb	Re	S	Sb	Sc	Se	Sn	Sr
p10	0,92	2,9	0,035	5,28	13,8	2	7,2	1,0	0,02	0,09	0,70	0,2	0,6	6,6
p25	1,13	3,7	0,043	7,72	19,0	2	9,1	1,0	0,03	0,13	0,90	0,2	0,8	8,4
p30	1,20	3,9	0,046	8,53	23,2	3	9,5	1,0	0,03	0,14	0,95	0,2	0,9	9,0
p50	1,45	5,1	0,055	11,63	45,0	3	11,8	1,0	0,03	0,21	1,20	0,3	1,2	10,9
p70	1,75	6,5	0,065	17,52	57,4	5	15,4	2,0	0,04	0,32	1,40	0,4	1,6	13,2
p75	1,85	6,9	0,069	19,39	63,0	7	16,7	2,0	0,04	0,39	1,50	0,4	1,7	14,1
p90	2,57	9,9	0,086	33,92	74,6	8	25,5	2,3	0,07	0,78	2,20	0,5	2,8	18,5
p95	3,39	15,2	0,111	47,74	81,4	19	36,1	4,2	0,10	1,24	2,70	0,6	4,4	23,1
p99	4,96	27,5	0,187	80,98	93,6	44	72,3	9,6	0,15	4,15	4,19	0,8	7,0	32,2
max	6,06	36,1	0,289	680,57	97,0	52	111,6	11,0	0,61	17,12	5,20	1,5	11,3	54,1

n=306	Te	Th	Ti	Tl	U	V	W	Y	Zn	Zr
p10	0,02	1,0	0,03	0,04	0,8	11	0,1	5,48	25	0,6
p25	0,02	1,7	0,03	0,06	1,0	13	0,2	6,71	35	0,8
p30	0,02	1,8	0,04	0,06	1,1	14	0,2	7,00	38	0,9
p50	0,03	2,6	0,04	0,08	1,3	16	0,3	8,20	48	1,3
p70	0,03	3,9	0,05	0,10	1,7	20	0,6	9,90	66	1,7
p75	0,03	4,3	0,05	0,11	1,9	21	0,6	10,57	71	2,0
p90	0,03	7,4	0,09	0,16	2,6	28	1,2	14,36	105	3,2
p95	0,05	9,9	0,11	0,20	3,1	36	2,2	16,30	156	4,4
p99	0,15	14,7	0,17	0,39	4,6	57	4,4	21,70	230	6,3
max	0,22	18,9	0,22	3,64	35,2	97	6,7	35,99	1063	7,5

Korrelationsmatris för undersökta grundämnen i Karlstad och Hammarö

n=306	Ag (ppb)	Al (%)	As (ppm)	Au (ppb)	B (ppm)	Ba (ppm)	Be (ppm)	Bi (ppm)	Ca (%)
Ag (ppb)	1	−0,04	0,07	0,44	0,28	0,43	0,02	0,56	0,07
Al (%)	−0,04	1	0,03	−0,03	0,27	0,32	0,68	0,38	0,45
As (ppm)	0,07	0,03	1	0,01	0,25	0,14	0,06	0,18	0,01
Au (ppb)	0,44	−0,03	0,01	1	0,16	0,28	0,002	0,30	0,04
B (ppm)	0,28	0,27	0,25	0,16	1	0,60	0,21	0,42	0,43
Ba (ppm)	0,43	0,32	0,14	0,28	0,60	1	0,28	0,64	0,40
Be (ppm)	0,02	0,68	0,06	0,002	0,21	0,28	1	0,48	0,30
Bi (ppm)	0,56	0,38	0,18	0,30	0,42	0,64	0,48	1	0,34
Ca (%)	0,07	0,45	0,01	0,04	0,43	0,40	0,30	0,34	1
Cd (ppm)	0,44	0,26	0,13	0,28	0,67	0,76	0,25	0,60	0,37
Ce (ppm)	−0,11	0,66	0,03	−0,07	0,05	0,20	0,56	0,39	0,35
Co (ppm)	−0,04	0,74	0,08	−0,04	0,14	0,29	0,56	0,45	0,41
Cr (ppm)	0,03	0,65	0,11	0,01	0,16	0,22	0,60	0,46	0,40
Cs (ppm)	−0,06	0,62	0,17	−0,05	0,16	0,30	0,25	0,20	0,32
Cu (ppm)	0,31	0,23	0,35	0,21	0,41	0,60	0,31	0,64	0,27
Fe (%)	0,15	0,72	0,21	0,03	0,16	0,29	0,57	0,52	0,37
Ga (ppm)	−0,07	0,87	0,12	−0,05	0,14	0,23	0,69	0,44	0,39
Ge (ppm)	0,26	0,28	0,19	0,19	0,22	0,58	0,31	0,56	0,29
Hf (ppm)	−0,10	0,52	0,11	−0,09	0,10	0,17	0,31	0,23	0,37
Hg (ppb)	0,55	0,03	0,12	0,34	0,40	0,74	0,16	0,66	0,17
In (ppm)	−0,02	0,54	0,05	−0,04	0,03	0,12	0,48	0,40	0,36
K (%)	−0,07	0,48	0,03	−0,04	0,13	0,28	0,12	0,12	0,35
La (ppm)	−0,11	0,66	0,03	−0,07	0,04	0,20	0,56	0,38	0,34
Li (ppm)	−0,05	0,87	0,07	−0,04	0,14	0,29	0,58	0,34	0,38
Mg (%)	−0,09	0,73	0,05	−0,05	0,05	0,16	0,55	0,34	0,42
Mn (ppm)	0,04	0,75	0,01	0,01	0,38	0,49	0,58	0,48	0,56
Mo (ppm)	0,09	0,01	0,75	0,002	0,36	0,12	0,03	0,16	−0,02
Na (%)	−0,01	0,42	0,06	0,03	0,24	0,31	0,22	0,29	0,38
Nb (ppm)	−0,13	0,45	−0,01	−0,10	0,10	0,17	0,29	0,25	0,38
Ni (ppm)	0,04	0,63	0,21	0,01	0,28	0,32	0,52	0,47	0,41
P (%)	0,61	0,42	0,04	0,30	0,46	0,48	0,22	0,47	0,39
Pb (ppm)	0,44	0,00	0,13	0,32	0,42	0,81	0,17	0,64	0,18
Pd (ppb)	0,08	0,25	0,01	−0,02	0,49	0,17	0,05	0,10	0,23
Pt (ppb)	0,07	−0,02	−0,01	0,44	0,17	0,07	0,13	0,12	0,00
Rb (ppm)	−0,07	0,46	0,01	−0,04	0,08	0,26	0,13	0,15	0,33
Re (ppb)	0,06	−0,03	0,66	−0,01	0,30	0,07	−0,01	0,08	−0,04
S (%)	0,16	0,25	0,58	0,06	0,69	0,37	0,13	0,28	0,27
Sb (ppm)	0,34	−0,01	0,16	0,25	0,33	0,60	0,14	0,57	0,13
Sc (ppm)	−0,12	0,79	0,08	−0,09	0,07	0,17	0,60	0,33	0,40
Se (ppm)	0,25	0,20	0,35	0,12	0,32	0,31	0,23	0,31	0,10
Sn (ppm)	0,07	0,13	0,11	0,03	0,09	0,11	0,23	0,20	0,07
Sr (ppm)	0,25	0,58	0,21	0,12	0,72	0,70	0,44	0,52	0,62
Te (ppm)	0,04	0,03	0,66	−0,02	0,27	0,09	0,04	0,20	0,02
Th (ppm)	−0,13	0,38	0,03	−0,10	−0,08	0,06	0,26	0,18	0,24
Ti (%)	−0,14	0,55	−0,03	−0,11	−0,05	0,14	0,25	0,14	0,33
Tl (ppm)	0,07	0,15	0,71	−0,01	0,38	0,20	0,04	0,16	0,08
U (ppm)	0,04	0,27	0,70	−0,02	0,35	0,17	0,21	0,24	0,12
V (ppm)	−0,03	0,66	0,36	−0,04	0,19	0,25	0,48	0,38	0,31
W (ppm)	0,08	0,10	−0,02	0,14	0,23	0,23	0,28	0,41	0,15
Y (ppm)	−0,11	0,68	0,06	−0,07	0,05	0,18	0,61	0,42	0,38
Zn (ppm)	0,38	0,17	0,21	0,27	0,51	0,82	0,25	0,66	0,33
Zr (ppm)	−0,10	0,55	0,19	−0,10	0,14	0,19	0,38	0,27	0,35

n=306	Cd (ppm)	Ce (ppm)	Co (ppm)	Cr (ppm)	Cs (ppm)	Cu (ppm)	Fe (%)	Ga (ppm)	Ge (ppm)
Ag (ppb)	0,44	−0,11	−0,04	0,03	−0,06	0,31	0,15	−0,07	0,26
Al (%)	0,26	0,66	0,74	0,65	0,62	0,23	0,72	0,87	0,28
As (ppm)	0,13	0,03	0,08	0,11	0,17	0,35	0,21	0,12	0,19
Au (ppb)	0,28	−0,07	−0,04	0,01	−0,05	0,21	0,03	−0,05	0,19
B (ppm)	0,67	0,05	0,14	0,16	0,16	0,41	0,16	0,14	0,22
Ba (ppm)	0,76	0,20	0,29	0,22	0,30	0,60	0,29	0,23	0,58
Be (ppm)	0,25	0,56	0,56	0,60	0,25	0,31	0,57	0,69	0,31
Bi (ppm)	0,60	0,39	0,45	0,46	0,20	0,64	0,52	0,44	0,56
Ca (%)	0,37	0,35	0,41	0,40	0,32	0,27	0,37	0,39	0,29
Cd (ppm)	1	0,07	0,17	0,20	0,07	0,57	0,18	0,14	0,41
Ce (ppm)	0,07	1	0,76	0,59	0,56	0,32	0,76	0,73	0,41
Co (ppm)	0,17	0,76	1	0,82	0,62	0,43	0,85	0,81	0,45
Cr (ppm)	0,20	0,59	0,82	1	0,33	0,43	0,76	0,72	0,42
Cs (ppm)	0,07	0,56	0,62	0,33	1	0,19	0,64	0,61	0,26
Cu (ppm)	0,57	0,32	0,43	0,43	0,19	1	0,41	0,27	0,52
Fe (%)	0,18	0,76	0,85	0,76	0,64	0,41	1	0,86	0,46
Ga (ppm)	0,14	0,73	0,81	0,72	0,61	0,27	0,86	1	0,40
Ge (ppm)	0,41	0,41	0,45	0,42	0,26	0,52	0,46	0,40	1
Hf (ppm)	−0,03	0,73	0,64	0,45	0,73	0,20	0,67	0,60	0,32
Hg (ppb)	0,64	−0,03	0,08	0,08	−0,01	0,54	0,12	0,03	0,47
In (ppm)	0,05	0,56	0,55	0,50	0,40	0,18	0,62	0,68	0,36
K (%)	0,03	0,61	0,60	0,32	0,89	0,19	0,57	0,47	0,30
La (ppm)	0,07	1,00	0,75	0,59	0,56	0,31	0,75	0,74	0,41
Li (ppm)	0,14	0,68	0,75	0,58	0,74	0,22	0,75	0,83	0,31
Mg (%)	0,05	0,72	0,91	0,87	0,57	0,28	0,81	0,81	0,43
Mn (ppm)	0,46	0,65	0,79	0,69	0,49	0,40	0,69	0,71	0,45
Mo (ppm)	0,08	−0,01	0,05	0,08	0,22	0,18	0,25	0,10	0,02
Na (%)	0,18	0,45	0,42	0,25	0,51	0,30	0,42	0,38	0,22
Nb (ppm)	0,05	0,62	0,56	0,35	0,68	0,21	0,56	0,55	0,27
Ni (ppm)	0,27	0,57	0,83	0,91	0,42	0,49	0,76	0,67	0,41
P (%)	0,53	0,17	0,26	0,21	0,33	0,30	0,45	0,33	0,26
Pb (ppm)	0,68	−0,02	0,09	0,11	−0,02	0,61	0,10	0,03	0,57
Pd (ppb)	0,36	−0,002	0,07	0,06	0,04	0,13	0,05	0,04	-0,02
Pt (ppb)	0,08	0,06	0,14	0,16	−0,03	0,31	0,09	0,01	0,04
Rb (ppm)	0,03	0,58	0,60	0,32	0,90	0,19	0,56	0,48	0,31
Re (ppb)	0,05	−0,04	−0,01	0,01	0,16	0,10	0,17	0,05	-0,04
S (%)	0,44	0,03	0,10	0,12	0,26	0,22	0,24	0,17	0,08
Sb (ppm)	0,55	0,06	0,14	0,18	−0,01	0,58	0,15	0,05	0,46
Sc (ppm)	0,01	0,81	0,84	0,77	0,66	0,25	0,83	0,86	0,38
Se (ppm)	0,34	0,01	0,07	0,08	0,19	0,22	0,19	0,18	0,19
Sn (ppm)	0,31	0,14	0,17	0,15	0,10	0,38	0,17	0,12	0,01
Sr (ppm)	0,70	0,29	0,34	0,34	0,28	0,41	0,34	0,40	0,30
Te (ppm)	0,08	0,08	0,09	0,06	0,25	0,13	0,26	0,15	0,05
Th (ppm)	−0,13	0,79	0,67	0,49	0,61	0,22	0,68	0,55	0,39
Ti (%)	−0,08	0,64	0,72	0,47	0,82	0,15	0,70	0,66	0,34
Tl (ppm)	0,11	0,11	0,15	0,08	0,46	0,14	0,33	0,21	0,07
U (ppm)	0,08	0,27	0,27	0,22	0,48	0,18	0,47	0,36	0,12
V (ppm)	0,11	0,63	0,77	0,63	0,71	0,31	0,89	0,83	0,37
W (ppm)	0,23	0,29	0,38	0,35	0,08	0,47	0,30	0,18	0,17
Y (ppm)	0,05	0,92	0,75	0,60	0,61	0,29	0,76	0,77	0,38
Zn (ppm)	0,74	0,17	0,33	0,33	0,10	0,78	0,27	0,18	0,59
Zr (ppm)	0,00	0,75	0,66	0,47	0,71	0,26	0,70	0,63	0,33

n=306	Hf (ppm)	Hg (ppb)	In (ppm)	K (%)	La (ppm)	Li (ppm)	Mg (%)	Mn (ppm)	Mo (ppm)
Ag (ppb)	−0,10	0,55	−0,02	−0,07	−0,11	−0,05	−0,09	0,04	0,09
Al (%)	0,52	0,03	0,54	0,48	0,66	0,87	0,73	0,75	0,01
As (ppm)	0,11	0,12	0,05	0,03	0,03	0,07	0,05	0,01	0,75
Au (ppb)	−0,09	0,34	−0,04	−0,04	−0,07	−0,04	−0,05	0,01	0,00
B (ppm)	0,10	0,40	0,03	0,13	0,04	0,14	0,05	0,38	0,36
Ba (ppm)	0,17	0,74	0,12	0,28	0,20	0,29	0,16	0,49	0,12
Be (ppm)	0,31	0,16	0,48	0,12	0,56	0,58	0,55	0,58	0,03
Bi (ppm)	0,23	0,66	0,40	0,12	0,38	0,34	0,34	0,48	0,16
Ca (%)	0,37	0,17	0,36	0,35	0,34	0,38	0,42	0,56	−0,02
Cd (ppm)	−0,03	0,64	0,05	0,03	0,07	0,14	0,05	0,46	0,08
Ce (ppm)	0,73	−0,03	0,56	0,61	1,00	0,68	0,72	0,65	−0,01
Co (ppm)	0,64	0,08	0,55	0,60	0,75	0,75	0,91	0,79	0,05
Cr (ppm)	0,45	0,08	0,50	0,32	0,59	0,58	0,87	0,69	0,08
Cs (ppm)	0,73	−0,01	0,40	0,89	0,56	0,74	0,57	0,49	0,22
Cu (ppm)	0,20	0,54	0,18	0,19	0,31	0,22	0,28	0,40	0,18
Fe (%)	0,67	0,12	0,62	0,57	0,75	0,75	0,81	0,69	0,25
Ga (ppm)	0,60	0,03	0,68	0,47	0,74	0,83	0,81	0,71	0,10
Ge (ppm)	0,32	0,47	0,36	0,30	0,41	0,31	0,43	0,45	0,02
Hf (ppm)	1	−0,07	0,48	0,76	0,72	0,57	0,65	0,51	0,15
Hg (ppb)	−0,07	1	0,01	−0,05	−0,03	0,02	−0,05	0,18	0,10
In (ppm)	0,48	0,01	1	0,34	0,55	0,55	0,58	0,48	−0,01
K (%)	0,76	−0,05	0,34	1	0,61	0,57	0,59	0,47	0,06
La (ppm)	0,72	−0,03	0,55	0,61	1	0,68	0,72	0,64	−0,01
Li (ppm)	0,57	0,02	0,55	0,57	0,68	1	0,72	0,68	0,05
Mg (%)	0,65	−0,05	0,58	0,59	0,72	0,72	1	0,75	0,01
Mn (ppm)	0,51	0,18	0,48	0,47	0,64	0,68	0,75	1	−0,02
Mo (ppm)	0,15	0,10	−0,01	0,06	−0,01	0,05	0,01	−0,02	1
Na (%)	0,50	0,11	0,24	0,51	0,46	0,43	0,34	0,41	0,11
Nb (ppm)	0,75	−0,05	0,42	0,71	0,61	0,44	0,52	0,45	−0,003
Ni (ppm)	0,47	0,14	0,44	0,38	0,57	0,58	0,79	0,69	0,20
P (%)	0,16	0,39	0,21	0,29	0,17	0,35	0,22	0,39	0,05
Pb (ppm)	−0,08	0,81	0,00	−0,05	−0,02	0,005	−0,03	0,22	0,06
Pd (ppb)	0,03	0,07	0,03	0,05	−0,02	0,01	0,03	0,24	0,08
Pt (ppb)	−0,01	0,06	−0,01	−0,01	0,06	−0,03	0,04	0,03	0,11
Rb (ppm)	0,75	−0,03	0,36	0,96	0,58	0,55	0,57	0,47	0,02
Re (ppb)	0,12	0,06	−0,02	0,03	−0,04	0,01	−0,03	−0,06	0,91
S (%)	0,14	0,22	0,04	0,11	0,02	0,14	0,06	0,24	0,79
Sb (ppm)	−0,01	0,65	0,01	−0,02	0,06	−0,02	0,02	0,18	0,12
Sc (ppm)	0,73	−0,07	0,64	0,63	0,81	0,79	0,88	0,70	0,06
Se (ppm)	0,004	0,28	0,10	0,02	−0,01	0,14	0,01	0,07	0,38
Sn (ppm)	0,10	0,21	0,05	0,04	0,14	0,12	0,07	0,14	0,06
Sr (ppm)	0,23	0,43	0,21	0,19	0,29	0,43	0,28	0,65	0,22
Te (ppm)	0,19	0,05	0,08	0,12	0,07	0,10	0,08	0,05	0,85
Th (ppm)	0,84	−0,12	0,45	0,75	0,79	0,45	0,68	0,45	0,04
Ti (%)	0,81	−0,10	0,50	0,86	0,65	0,64	0,73	0,50	−0,04
Tl (ppm)	0,32	0,08	0,07	0,31	0,11	0,19	0,13	0,10	0,95
U (ppm)	0,42	0,07	0,20	0,31	0,27	0,29	0,26	0,18	0,92
V (ppm)	0,65	0,08	0,55	0,59	0,63	0,71	0,75	0,58	0,46
W (ppm)	0,17	0,26	0,16	0,11	0,28	0,11	0,23	0,26	0,07
Y (ppm)	0,79	−0,03	0,64	0,60	0,92	0,69	0,73	0,63	0,01
Zn (ppm)	0,08	0,73	0,09	0,11	0,17	0,15	0,18	0,44	0,06
Zr (ppm)	0,94	−0,05	0,48	0,72	0,74	0,58	0,65	0,55	0,25

n=306	Na (%)	Nb (ppm)	Ni (ppm)	P (%)	Pb (ppm)	Pd (ppb)	Pt (ppb)	Rb (ppm)	Re (ppb)
Ag (ppb)	−0,01	−0,13	0,04	0,61	0,44	0,08	0,07	−0,07	0,06
Al (%)	0,42	0,45	0,63	0,42	−0,003	0,25	−0,02	0,46	−0,03
As (ppm)	0,06	−0,01	0,21	0,04	0,13	0,01	−0,01	0,01	0,66
Au (ppb)	0,03	−0,10	0,01	0,30	0,32	−0,02	0,44	−0,04	−0,01
B (ppm)	0,24	0,10	0,28	0,46	0,42	0,49	0,17	0,08	0,30
Ba (ppm)	0,31	0,17	0,32	0,48	0,81	0,17	0,07	0,26	0,07
Be (ppm)	0,22	0,29	0,52	0,22	0,17	0,05	0,13	0,13	−0,01
Bi (ppm)	0,29	0,25	0,47	0,47	0,64	0,10	0,12	0,15	0,08
Ca (%)	0,38	0,38	0,41	0,39	0,18	0,23	0,004	0,33	−0,04
Cd (ppm)	0,18	0,05	0,27	0,53	0,68	0,36	0,08	0,03	0,05
Ce (ppm)	0,45	0,62	0,57	0,17	−0,02	−0,002	0,06	0,58	−0,04
Co (ppm)	0,42	0,56	0,83	0,26	0,09	0,07	0,14	0,60	−0,01
Cr (ppm)	0,25	0,35	0,91	0,21	0,11	0,06	0,16	0,32	0,01
Cs (ppm)	0,51	0,68	0,42	0,33	−0,02	0,04	−0,03	0,90	0,16
Cu (ppm)	0,30	0,21	0,49	0,30	0,61	0,13	0,31	0,19	0,10
Fe (%)	0,42	0,56	0,76	0,45	0,10	0,05	0,09	0,56	0,17
Ga (ppm)	0,38	0,55	0,67	0,33	0,03	0,04	0,01	0,48	0,05
Ge (ppm)	0,22	0,27	0,41	0,26	0,57	−0,02	0,04	0,31	−0,04
Hf (ppm)	0,50	0,75	0,47	0,16	−0,08	0,03	−0,01	0,75	0,12
Hg (ppb)	0,11	−0,05	0,14	0,39	0,81	0,07	0,06	−0,03	0,06
In (ppm)	0,24	0,42	0,44	0,21	0,00	0,03	−0,01	0,36	−0,02
K (%)	0,51	0,71	0,38	0,29	−0,05	0,05	−0,01	0,96	0,03
La (ppm)	0,46	0,61	0,57	0,17	−0,02	−0,02	0,06	0,58	−0,04
Li (ppm)	0,43	0,44	0,58	0,35	0,005	0,01	−0,03	0,55	0,01
Mg (%)	0,34	0,52	0,79	0,22	−0,03	0,03	0,04	0,57	−0,03
Mn (ppm)	0,41	0,45	0,69	0,39	0,22	0,24	0,03	0,47	−0,06
Mo (ppm)	0,11	−0,003	0,20	0,05	0,06	0,08	0,11	0,02	0,91
Na (%)	1	0,49	0,35	0,24	0,09	0,08	0,10	0,48	0,05
Nb (ppm)	0,49	1	0,38	0,22	−0,05	0,05	0,03	0,76	−0,04
Ni (ppm)	0,35	0,38	1	0,27	0,16	0,19	0,14	0,38	0,11
P (%)	0,24	0,22	0,27	1	0,26	0,34	0,03	0,28	0,003
Pb (ppm)	0,09	−0,05	0,16	0,26	1	−0,03	0,09	−0,02	0,03
Pd (ppb)	0,08	0,05	0,19	0,34	−0,03	1	0,05	−0,01	0,04
Pt (ppb)	0,10	0,03	0,14	0,03	0,09	0,05	1	−0,01	0,06
Rb (ppm)	0,48	0,76	0,38	0,28	−0,02	−0,01	−0,01	1	−0,01
Re (ppb)	0,05	−0,04	0,11	0,003	0,03	0,04	0,06	−0,01	1
S (%)	0,20	0,06	0,25	0,34	0,18	0,47	0,03	0,06	0,72
Sb (ppm)	0,12	0,02	0,21	0,18	0,72	0,03	0,17	−0,01	0,08
Sc (ppm)	0,45	0,61	0,72	0,21	−0,07	0,01	0,02	0,62	0,01
Se (ppm)	0,06	0,12	0,13	0,27	0,27	0,11	0,04	0,06	0,32
Sn (ppm)	0,19	0,13	0,18	0,16	0,13	0,06	0,16	0,07	0,03
Sr (ppm)	0,36	0,20	0,41	0,50	0,42	0,37	0,001	0,16	0,16
Te (ppm)	0,10	0,08	0,15	0,02	0,07	0,01	−0,03	0,08	0,80
Th (ppm)	0,40	0,69	0,48	0,05	−0,10	−0,05	0,06	0,74	0,03
Ti (%)	0,48	0,80	0,48	0,22	−0,10	−0,02	−0,01	0,88	−0,07
Tl (ppm)	0,22	0,18	0,22	0,14	0,04	0,11	0,00	0,27	0,87
U (ppm)	0,25	0,26	0,31	0,15	0,01	0,06	0,02	0,28	0,84
V (ppm)	0,44	0,55	0,66	0,32	0,06	0,02	0,05	0,57	0,40
W (ppm)	0,33	0,20	0,41	0,09	0,29	0,07	0,35	0,10	0,08
Y (ppm)	0,47	0,72	0,56	0,17	−0,04	−0,03	0,05	0,61	−0,03
Zn (ppm)	0,25	0,12	0,41	0,35	0,82	0,12	0,19	0,12	0,01
Zr (ppm)	0,53	0,73	0,50	0,15	−0,07	0,08	0,01	0,70	0,21

n=306	S (%)	Sb (ppm)	Sc (ppm)	Se (ppm)	Sn (ppm)	Sr (ppm)	Te (ppm)	Th (ppm)	Ti (%)
Ag (ppb)	0,16	0,34	−0,12	0,25	0,07	0,25	0,04	−0,13	−0,14
Al (%)	0,25	−0,01	0,79	0,20	0,13	0,58	0,03	0,38	0,55
As (ppm)	0,58	0,16	0,08	0,35	0,11	0,21	0,66	0,03	−0,03
Au (ppb)	0,06	0,25	−0,09	0,12	0,03	0,12	−0,02	−0,10	−0,11
B (ppm)	0,69	0,33	0,07	0,32	0,09	0,72	0,27	−0,08	−0,05
Ba (ppm)	0,37	0,60	0,17	0,31	0,11	0,70	0,09	0,06	0,14
Be (ppm)	0,13	0,14	0,60	0,23	0,23	0,44	0,04	0,26	0,25
Bi (ppm)	0,28	0,57	0,33	0,31	0,20	0,52	0,20	0,18	0,14
Ca (%)	0,27	0,13	0,40	0,10	0,07	0,62	0,02	0,24	0,33
Cd (ppm)	0,44	0,55	0,01	0,34	0,31	0,70	0,08	−0,13	−0,08
Ce (ppm)	0,03	0,06	0,81	0,01	0,14	0,29	0,08	0,79	0,64
Co (ppm)	0,10	0,14	0,84	0,07	0,17	0,34	0,09	0,67	0,72
Cr (ppm)	0,12	0,18	0,77	0,08	0,15	0,34	0,06	0,49	0,47
Cs (ppm)	0,26	−0,01	0,66	0,19	0,10	0,28	0,25	0,61	0,82
Cu (ppm)	0,22	0,58	0,25	0,22	0,38	0,41	0,13	0,22	0,15
Fe (%)	0,24	0,15	0,83	0,19	0,17	0,34	0,26	0,68	0,70
Ga (ppm)	0,17	0,05	0,86	0,18	0,12	0,40	0,15	0,55	0,66
Ge (ppm)	0,08	0,46	0,38	0,19	0,01	0,30	0,05	0,39	0,34
Hf (ppm)	0,14	−0,01	0,73	0,00	0,10	0,23	0,19	0,84	0,81
Hg (ppb)	0,22	0,65	−0,07	0,28	0,21	0,43	0,05	−0,12	−0,10
In (ppm)	0,04	0,01	0,64	0,10	0,05	0,21	0,08	0,45	0,50
K (%)	0,11	−0,02	0,63	0,02	0,04	0,19	0,12	0,75	0,86
La (ppm)	0,02	0,06	0,81	−0,01	0,14	0,29	0,07	0,79	0,65
Li (ppm)	0,14	−0,02	0,79	0,14	0,12	0,43	0,10	0,45	0,64
Mg (%)	0,06	0,02	0,88	0,01	0,07	0,28	0,08	0,68	0,73
Mn (ppm)	0,24	0,18	0,70	0,07	0,14	0,65	0,05	0,45	0,50
Mo (ppm)	0,79	0,12	0,06	0,38	0,06	0,22	0,85	0,04	−0,04
Na (%)	0,20	0,12	0,45	0,06	0,19	0,36	0,10	0,40	0,48
Nb (ppm)	0,06	0,02	0,61	0,12	0,13	0,20	0,08	0,69	0,80
Ni (ppm)	0,25	0,21	0,72	0,13	0,18	0,41	0,15	0,48	0,48
P (%)	0,34	0,18	0,21	0,27	0,16	0,50	0,02	0,05	0,22
Pb (ppm)	0,18	0,72	−0,07	0,27	0,13	0,42	0,07	−0,10	−0,10
Pd (ppb)	0,47	0,03	0,01	0,11	0,06	0,37	0,01	−0,05	−0,02
Pt (ppb)	0,03	0,17	0,02	0,04	0,16	0,00	−0,03	0,06	−0,01
Rb (ppm)	0,06	−0,01	0,62	0,06	0,07	0,16	0,08	0,74	0,88
Re (ppb)	0,72	0,08	0,01	0,32	0,03	0,16	0,80	0,03	−0,07
S (%)	1	0,16	0,07	0,44	0,06	0,57	0,68	−0,06	−0,05
Sb (ppm)	0,16	1	0,002	0,22	0,20	0,30	0,07	0,04	−0,04
Sc (ppm)	0,07	0,002	1	0,06	0,07	0,32	0,10	0,74	0,77
Se (ppm)	0,44	0,22	0,06	1	0,08	0,31	0,29	−0,12	−0,01
Sn (ppm)	0,06	0,20	0,07	0,08	1	0,16	0,05	0,04	0,05
Sr (ppm)	0,57	0,30	0,32	0,31	0,16	1	0,19	−0,01	0,08
Te (ppm)	0,68	0,07	0,10	0,29	0,05	0,19	1	0,10	0,04
Th (ppm)	−0,06	0,04	0,74	−0,12	0,04	−0,01	0,10	1	0,82
Ti (%)	−0,05	−0,04	0,77	−0,01	0,05	0,08	0,04	0,82	1
Tl (ppm)	0,81	0,08	0,19	0,41	0,04	0,29	0,85	0,19	0,18
U (ppm)	0,77	0,08	0,34	0,41	0,06	0,30	0,83	0,29	0,24
V (ppm)	0,42	0,13	0,77	0,25	0,12	0,31	0,45	0,62	0,70
W (ppm)	0,09	0,37	0,21	0,06	0,23	0,14	−0,01	0,26	0,11
Y (ppm)	0,02	0,05	0,85	0,06	0,16	0,30	0,09	0,77	0,70
Zn (ppm)	0,22	0,70	0,11	0,22	0,20	0,52	0,03	0,06	0,05
Zr (ppm)	0,23	0,03	0,75	0,06	0,14	0,30	0,29	0,83	0,77

n=306	Tl (ppm)	U (ppm)	V (ppm)	W (ppm)	Y (ppm)	Zn (ppm)	Zr (ppm)
Ag (ppb)	0,07	0,04	–0,03	0,08	–0,11	0,38	–0,10
Al (%)	0,15	0,27	0,66	0,10	0,68	0,17	0,55
As (ppm)	0,71	0,70	0,36	–0,02	0,06	0,21	0,19
Au (ppb)	–0,01	–0,02	–0,04	0,14	–0,07	0,27	–0,10
B (ppm)	0,38	0,35	0,19	0,23	0,05	0,51	0,14
Ba (ppm)	0,20	0,17	0,25	0,23	0,18	0,82	0,19
Be (ppm)	0,04	0,21	0,48	0,28	0,61	0,25	0,38
Bi (ppm)	0,16	0,24	0,38	0,41	0,42	0,66	0,27
Ca (%)	0,08	0,12	0,31	0,15	0,38	0,33	0,35
Cd (ppm)	0,11	0,08	0,11	0,23	0,05	0,74	0,00
Ce (ppm)	0,11	0,27	0,63	0,29	0,92	0,17	0,75
Co (ppm)	0,15	0,27	0,77	0,38	0,75	0,33	0,66
Cr (ppm)	0,08	0,22	0,63	0,35	0,60	0,33	0,47
Cs (ppm)	0,46	0,48	0,71	0,08	0,61	0,10	0,71
Cu (ppm)	0,14	0,18	0,31	0,47	0,29	0,78	0,26
Fe (%)	0,33	0,47	0,89	0,30	0,76	0,27	0,70
Ga (ppm)	0,21	0,36	0,83	0,18	0,77	0,18	0,63
Ge (ppm)	0,07	0,12	0,37	0,17	0,38	0,59	0,33
Hf (ppm)	0,32	0,42	0,65	0,17	0,79	0,08	0,94
Hg (ppb)	0,08	0,07	0,08	0,26	–0,03	0,73	–0,05
In (ppm)	0,07	0,20	0,55	0,16	0,64	0,09	0,48
K (%)	0,31	0,31	0,59	0,11	0,60	0,11	0,72
La (ppm)	0,11	0,27	0,63	0,28	0,92	0,17	0,74
Li (ppm)	0,19	0,29	0,71	0,11	0,69	0,15	0,58
Mg (%)	0,13	0,26	0,75	0,23	0,73	0,18	0,65
Mn (ppm)	0,10	0,18	0,58	0,26	0,63	0,44	0,55
Mo (ppm)	0,95	0,92	0,46	0,07	0,01	0,06	0,25
Na (%)	0,22	0,25	0,44	0,33	0,47	0,25	0,53
Nb (ppm)	0,18	0,26	0,55	0,20	0,72	0,12	0,73
Ni (ppm)	0,22	0,31	0,66	0,41	0,56	0,41	0,50
P (%)	0,14	0,15	0,32	0,09	0,17	0,35	0,15
Pb (ppm)	0,04	0,01	0,06	0,29	–0,04	0,82	–0,07
Pd (ppb)	0,11	0,06	0,02	0,07	–0,03	0,12	0,08
Pt (ppb)	–0,002	0,02	0,05	0,35	0,05	0,19	0,01
Rb (ppm)	0,27	0,28	0,57	0,10	0,61	0,12	0,70
Re (ppb)	0,87	0,84	0,40	0,08	–0,03	0,01	0,21
S (%)	0,81	0,77	0,42	0,09	0,02	0,22	0,23
Sb (ppm)	0,08	0,08	0,13	0,37	0,05	0,70	0,03
Sc (ppm)	0,19	0,34	0,77	0,21	0,85	0,11	0,75
Se (ppm)	0,41	0,41	0,25	0,06	0,06	0,22	0,06
Sn (ppm)	0,04	0,06	0,12	0,23	0,16	0,20	0,14
Sr (ppm)	0,29	0,30	0,31	0,14	0,30	0,52	0,30
Te (ppm)	0,85	0,83	0,45	–0,01	0,09	0,03	0,29
Th (ppm)	0,19	0,29	0,62	0,26	0,77	0,06	0,83
Ti (%)	0,18	0,24	0,70	0,11	0,70	0,05	0,77
Tl (ppm)	1	0,96	0,57	0,01	0,14	0,03	0,41
U (ppm)	0,96	1	0,67	0,07	0,33	0,04	0,52
V (ppm)	0,57	0,67	1	0,28	0,65	0,18	0,69
W (ppm)	0,01	0,07	0,28	1	0,25	0,42	0,20
Y (ppm)	0,14	0,33	0,65	0,25	1	0,15	0,82
Zn (ppm)	0,03	0,04	0,18	0,42	0,15	1	0,10
Zr (ppm)	0,41	0,52	0,69	0,20	0,82	0,10	1

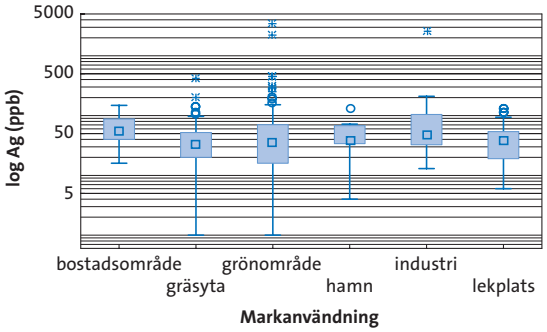
Detektionsgränser

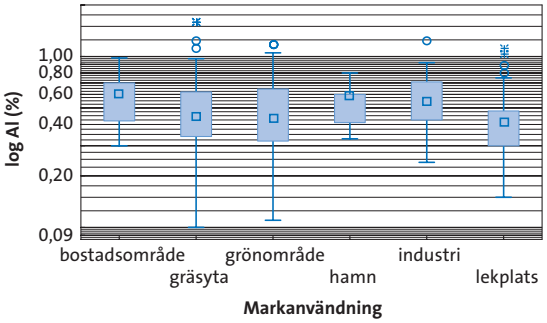
För vissa grundämnen förekom det analysresultat under detektionsgränsen(<DL).

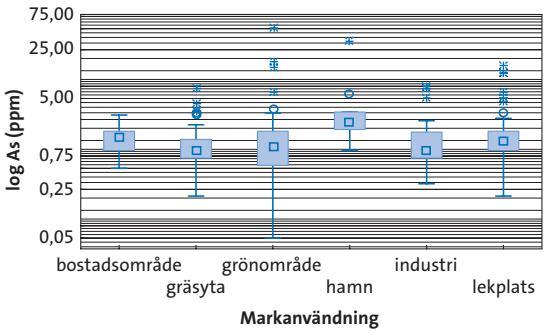
Grundämne	Enhet	Antal prov <DL	Andel prov <DL (%)
Ag	ppb	4	1 %
As	ppm	4	1 %
Au	ppb	11	4 %
B	ppm	165	54 %
Be	ppm	13	4 %
Bi	ppm	1	0,3 %
Ge	ppm	271	87 %
Hf	ppm	56	18 %
Hg	ppb	31	10 %
In	ppm	258	84 %
Pd	ppb	281	92 %
Pt	ppb	267	87 %
Re	ppb	288	94 %
S	%	98	32 %
Se	ppm	74	24 %
Sn	ppm	1	0,3 %
Ta	ppm	306	100 %
Te	ppm	259	85 %
Tl	ppm	1	0,3 %
W	ppm	21	7 %

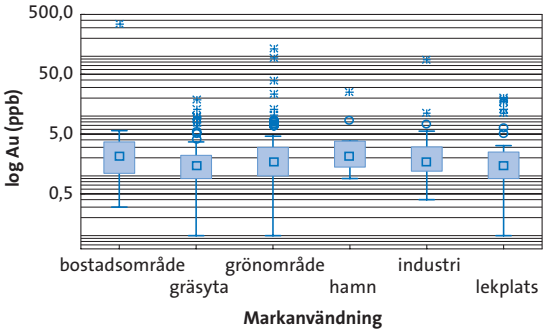
BILAGA 2. BOXPLOTTAR

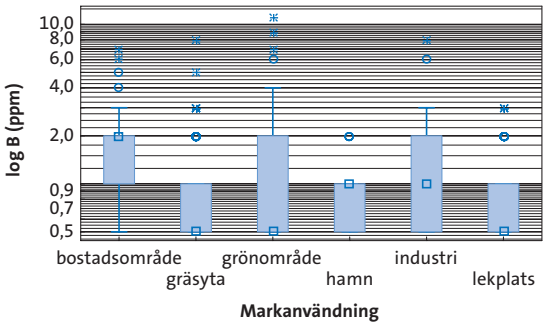
Distribution av grundämnen i förhållande till markanvändningen

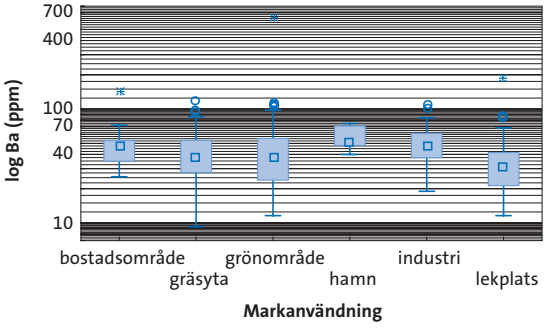


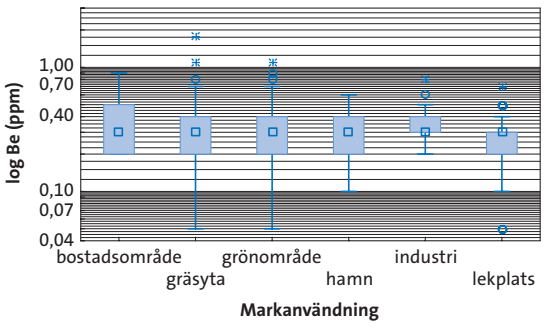


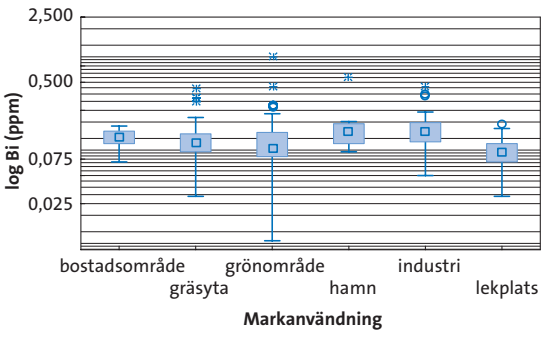


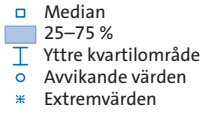


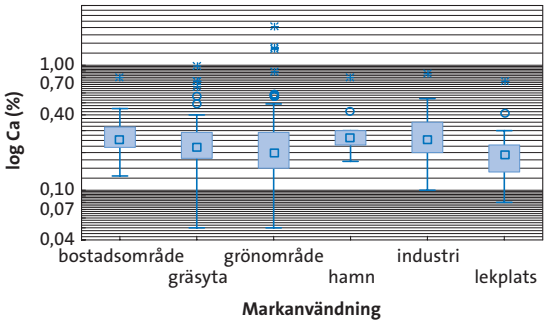


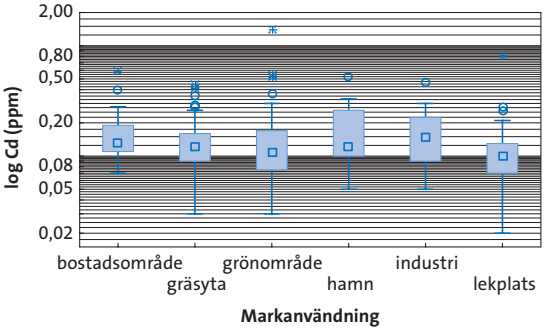


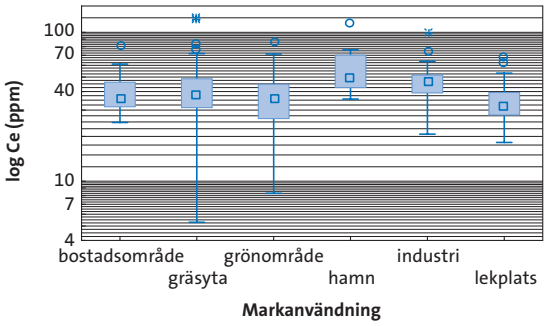


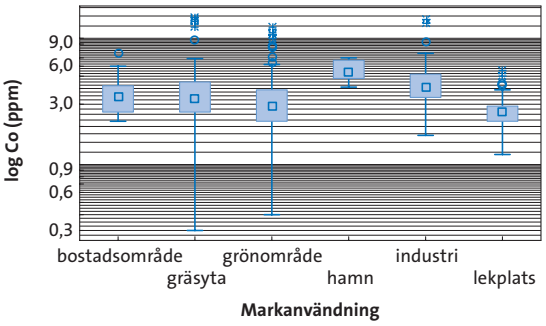


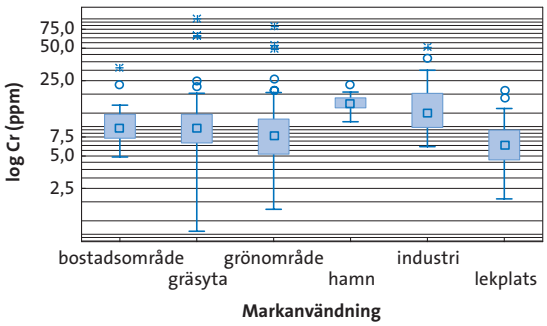


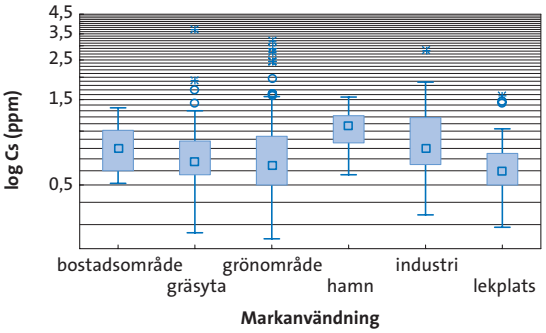

log Ca (%)
1,00
0,70
0,40
0,10
0,07
0,04
bostadsområde
grönområde
industri
gräsyta
hamn
lekplats
Markanvändning

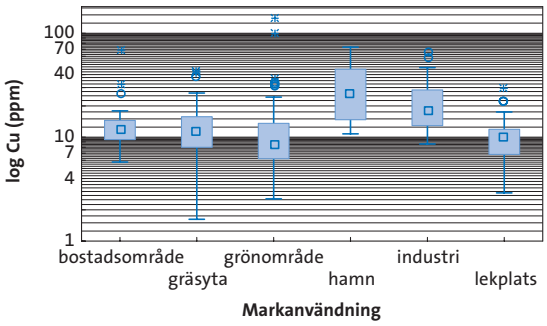

log Cd (ppm)
2,00
0,80
0,50
0,20
0,08
0,05
0,02
bostadsområde
grönområde
industri
gräsyta
hamn
lekplats
Markanvändning

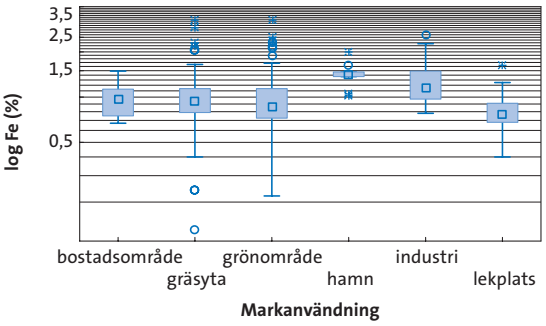

log Ce (ppm)
100
70
40
10
7
4
bostadsområde
grönområde
industri
gräsyta
hamn
lekplats
Markanvändning

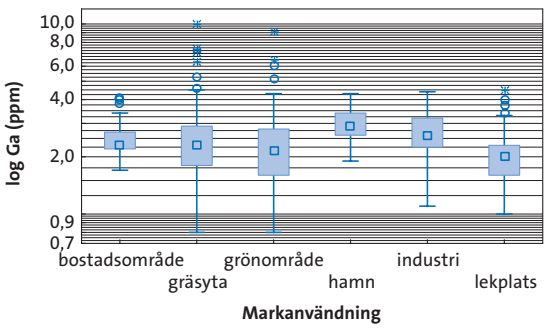

log Co (ppm)
9,0
6,0
3,0
0,9
0,6
0,3
bostadsområde
grönområde
industri
gräsyta
hamn
lekplats
Markanvändning

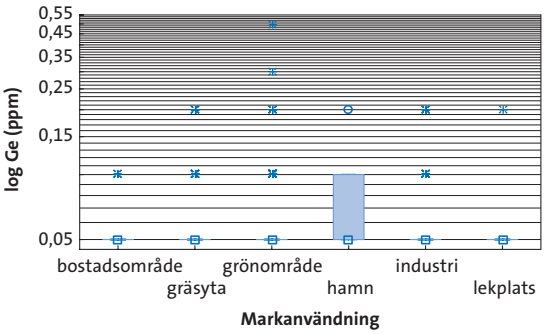

log Cr (ppm)
75,0
50,0
25,0
7,5
5,0
2,5
bostadsområde
grönområde
industri
gräsyta
hamn
lekplats
Markanvändning

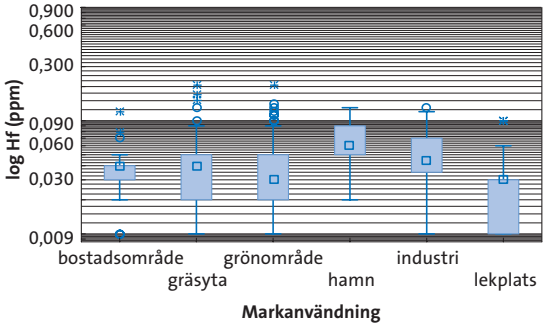

log Cs (ppm)
4,5
3,5
2,5
1,5
0,5
bostadsområde
grönområde
industri
gräsyta
hamn
lekplats
Markanvändning

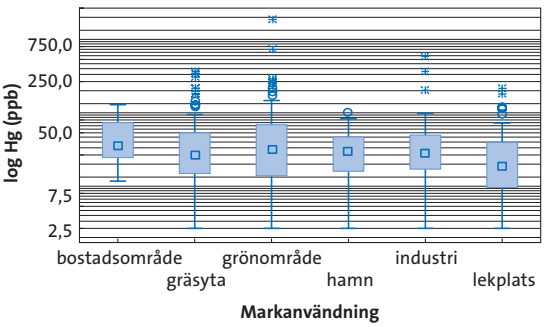

log Cu (ppm)
100
70
40
10
7
4
1
bostadsområde
grönområde
industri
gräsyta
hamn
lekplats
Markanvändning

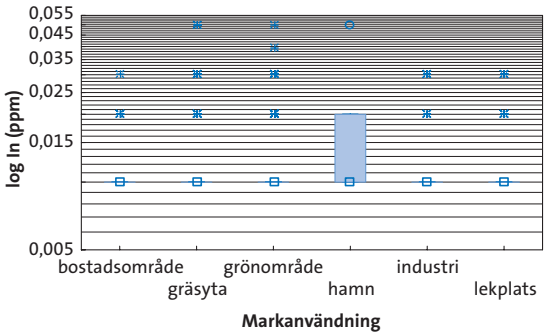

log Fe (%)
3,5
2,5
1,5
0,5
bostadsområde
grönområde
industri
gräsyta
hamn
lekplats
Markanvändning

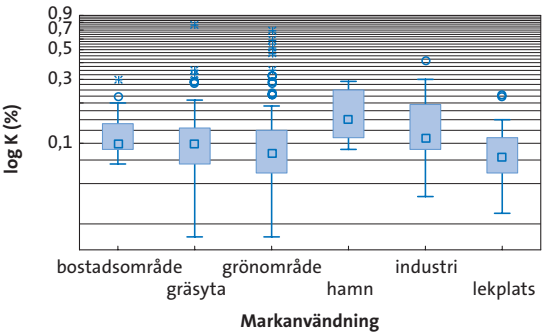

log Ga (ppm)
10,0
8,0
6,0
4,0
2,0
0,9
0,7
bostadsområde
grönområde
industri
gräsyta
hamn
lekplats
Markanvändning

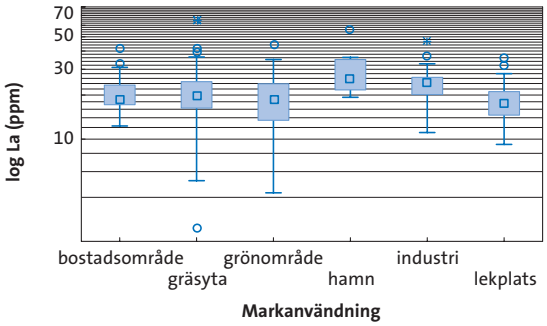

log Ge (ppm)
0,55
0,45
0,35
0,25
0,15
0,05
bostadsområde
grönområde
industri
gräsyta
hamn
lekplats
Markanvändning

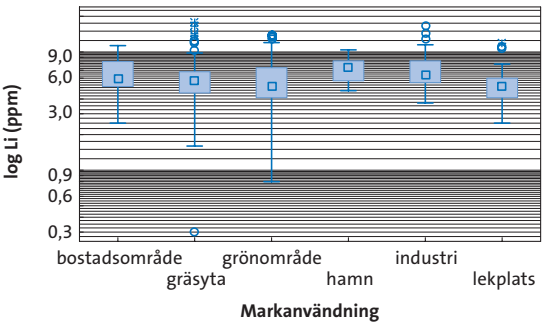

log Hf (ppm)
0,900
0,600
0,300
0,090
0,060
0,030
0,009
bostadsområde
gräsyta
grönområde
hamn
industri
lekplats
Markanvändning

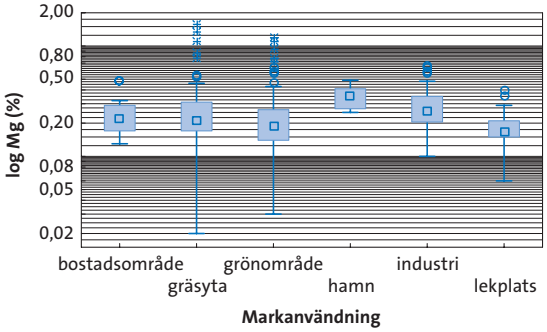

log Hg (ppb)
750,0
250,0
50,0
7,5
2,5
bostadsområde
gräsyta
grönområde
hamn
industri
lekplats
Markanvändning

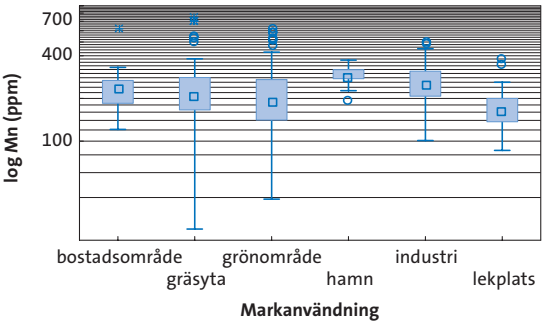

log In (ppm)
0,055
0,045
0,035
0,025
0,015
0,005
bostadsområde
gräsyta
grönområde
hamn
industri
lekplats
Markanvändning

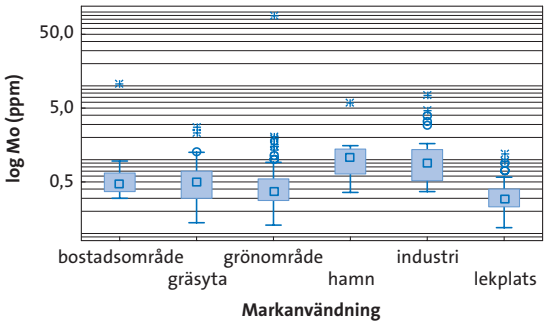

log K (%)
0,9
0,7
0,5
0,3
0,1
bostadsområde
gräsyta
grönområde
hamn
industri
lekplats
Markanvändning

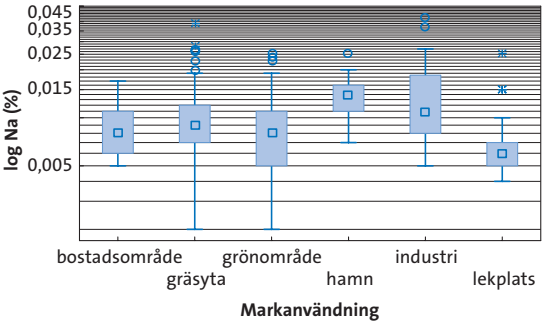

log La (ppm)
70
50
30
10
bostadsområde
gräsyta
grönområde
hamn
industri
lekplats
Markanvändning

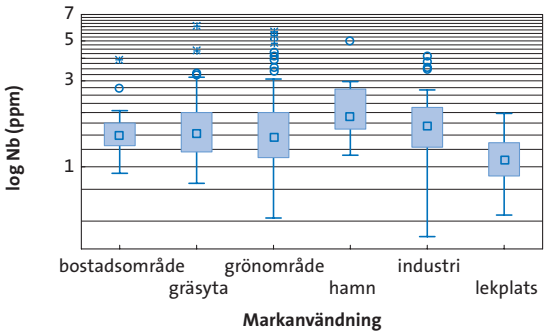

log Li (ppm)
9,0
6,0
3,0
0,9
0,6
0,3
bostadsområde
gräsyta
grönområde
hamn
industri
lekplats
Markanvändning

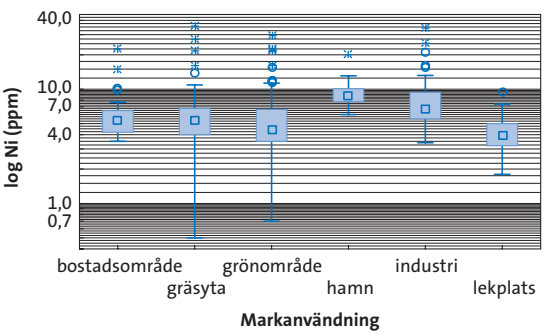

log Mg (%)
2,00
0,80
0,50
0,20
0,08
0,05
0,02
bostadsområde
gräsyta
grönområde
hamn
industri
lekplats
Markanvändning

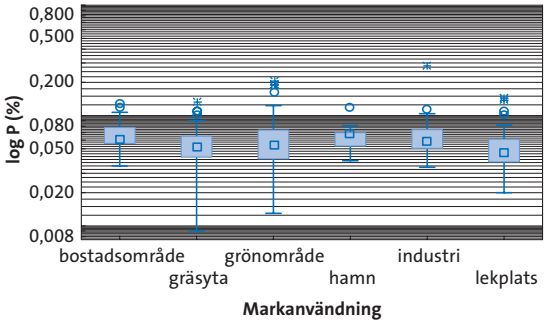

log Mn (ppm)
700
400
100
bostadsområde
gräsyta
grönområde
hamn
industri
lekplats
Markanvändning

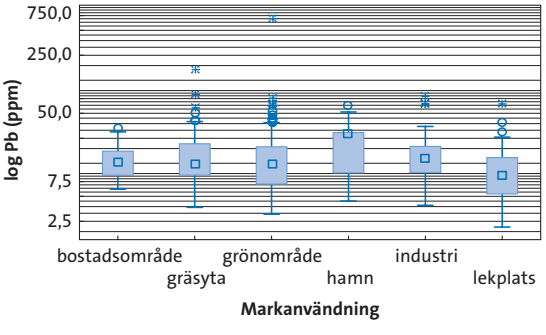

log Mo (ppm)
50,0
5,0
0,5
bostadsområde
gräsyta
grönområde
hamn
industri
lekplats
Markanvändning

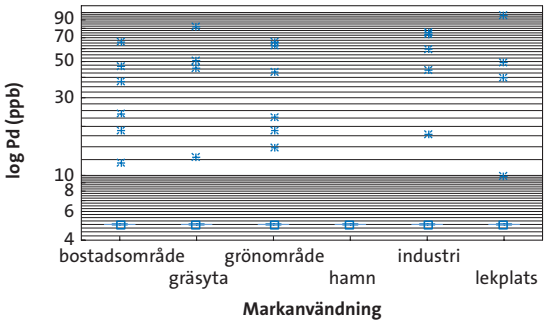

log Na (%)
0,045
0,035
0,025
0,015
0,005
bostadsområde
gräsyta
grönområde
hamn
industri
lekplats
Markanvändning

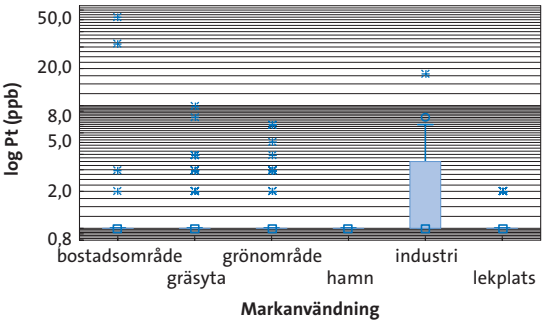

log Nb (ppm)
7
5
3
1
bostadsområde
gräsyta
grönområde
hamn
industri
lekplats
Markanvändning

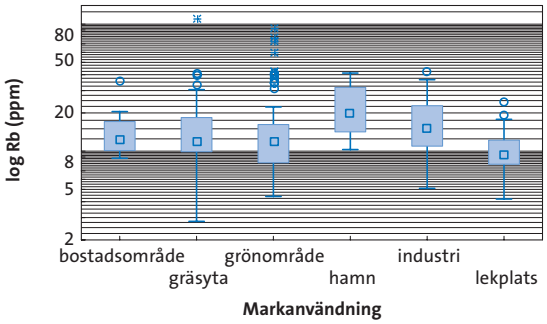

log Ni (ppm)
40,0
10,0
7,0
4,0
1,0
0,7
bostadsområde
gräsyta
grönområde
hamn
industri
lekplats
Markanvändning

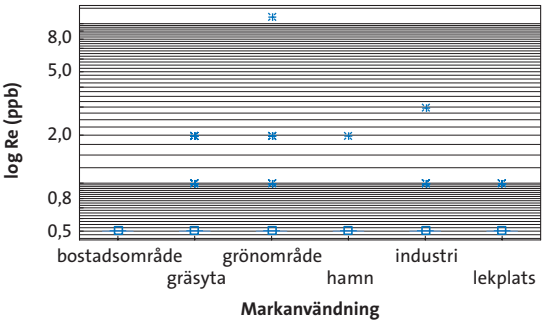

log P (%)
0,800
0,500
0,200
0,080
0,050
0,020
0,008
bostadsområde
gräsyta
grönområde
hamn
industri
lekplats
Markanvändning

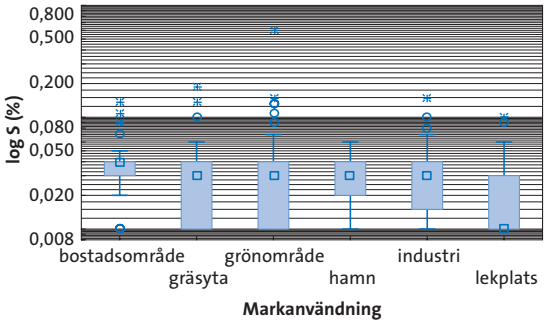

log Pb (ppm)
750,0
250,0
50,0
7,5
2,5
bostadsområde
gräsyta
grönområde
hamn
industri
lekplats
Markanvändning

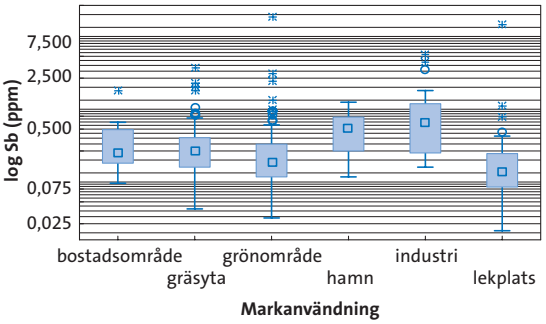

log Pd (ppb)
90
70
50
30
10
8
6
4
bostadsområde
gräsyta
grönområde
hamn
industri
lekplats
Markanvändning

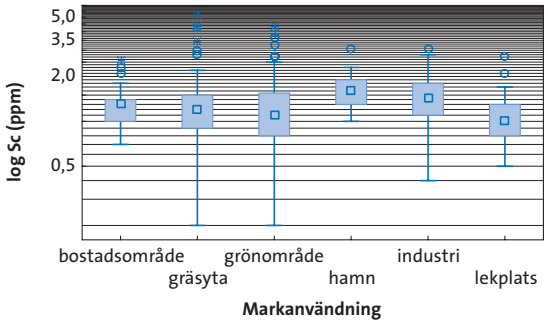

log Pt (ppb)
50,0
20,0
8,0
5,0
2,0
0,8
bostadsområde
gräsyta
grönområde
hamn
industri
lekplats
Markanvändning

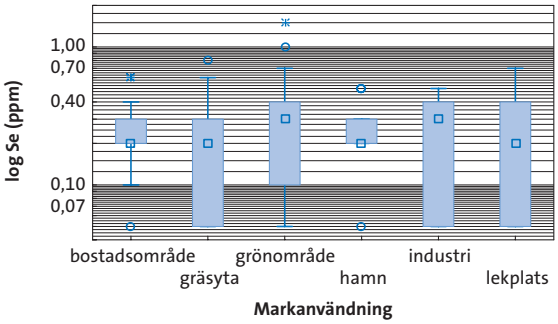

log Rb (ppm)
80
50
20
8
5
2
bostadsområde
gräsyta
grönområde
hamn
industri
lekplats
Markanvändning

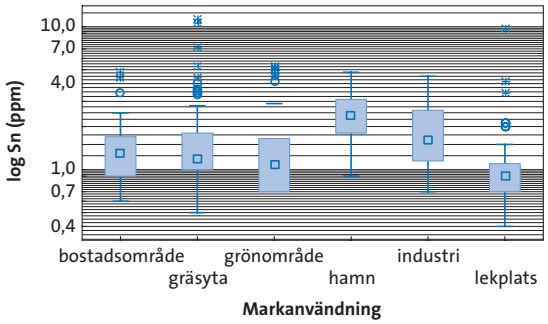

log Re (ppb)
8,0
5,0
2,0
0,8
0,5
bostadsområde
gräsyta
grönområde
hamn
industri
lekplats
Markanvändning

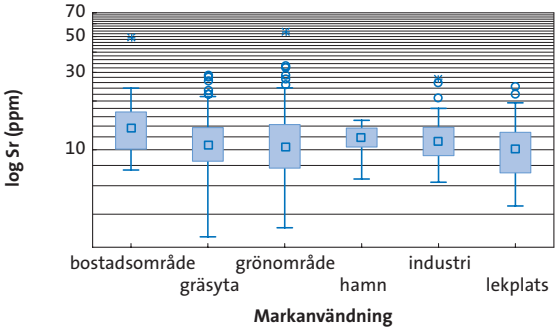

log S (%)
0,800
0,500
0,200
0,080
0,050
0,020
0,008
bostadsområde
gräsyta
grönområde
hamn
industri
lekplats
Markanvändning

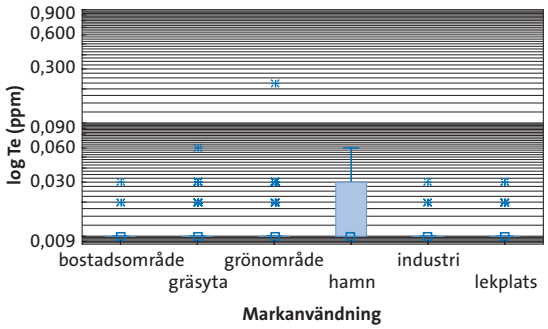

log Sb (ppm)
7,500
2,500
0,500
0,075
0,025
bostadsområde
gräsyta
grönområde
hamn
industri
lekplats
Markanvändning

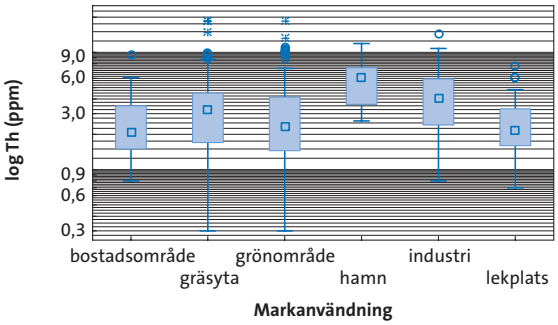

log Sc (ppm)
5,0
3,5
2,0
0,5
bostadsområde
gräsyta
grönområde
hamn
industri
lekplats
Markanvändning

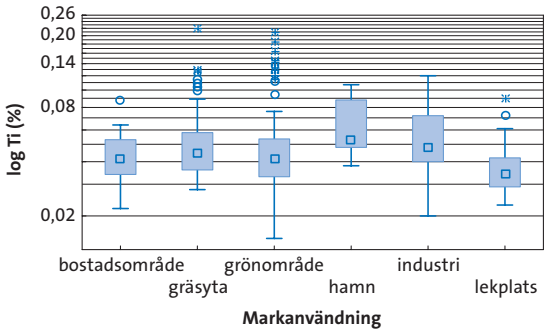

log Se (ppm)
1,00
0,70
0,40
0,10
0,07
bostadsområde
gräsyta
grönområde
hamn
industri
lekplats
Markanvändning

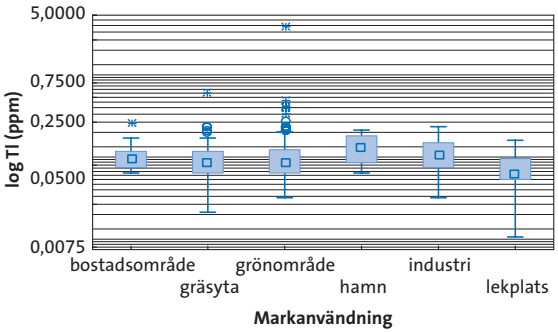

log Sn (ppm)
10,0
7,0
4,0
1,0
0,7
0,4
bostadsområde
gräsyta
grönområde
hamn
industri
lekplats
Markanvändning

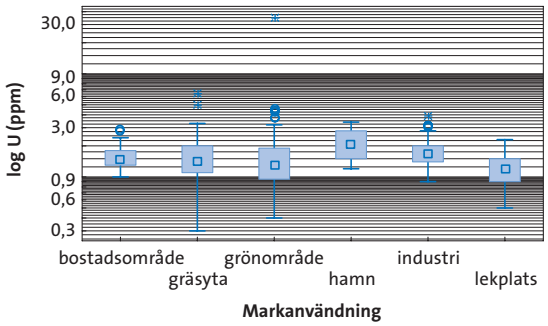

log Sr (ppm)
70
50
30
10
bostadsområde
gräsyta
grönområde
hamn
industri
lekplats
Markanvändning

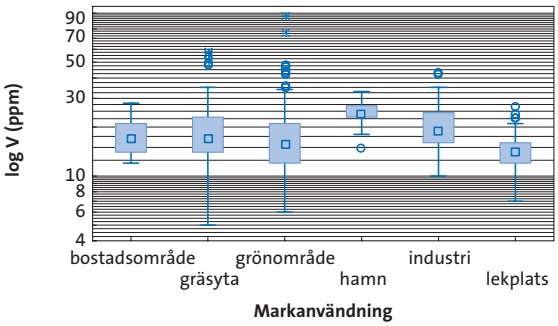

log Te (ppm)
0,900
0,600
0,300
0,090
0,060
0,030
0,009
bostadsområde
gräsyta
grönområde
hamn
industri
lekplats
Markanvändning

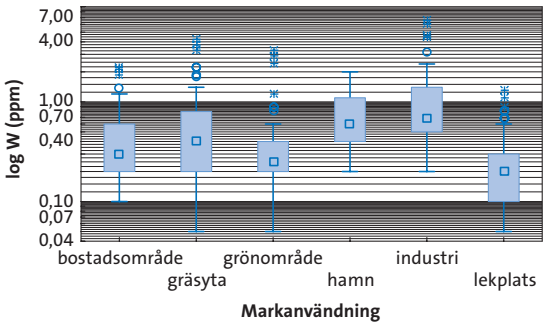

log Th (ppm)
9,0
6,0
3,0
0,9
0,6
0,3
bostadsområde
gräsyta
grönområde
hamn
industri
lekplats
Markanvändning

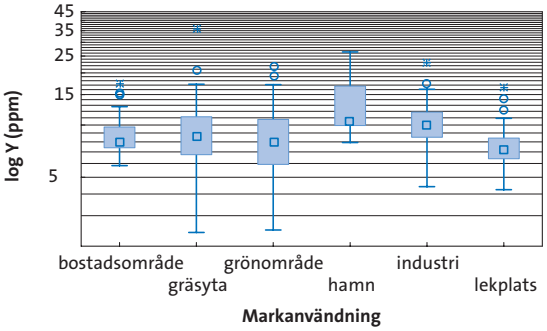

log Ti (%)
0,26
0,20
0,14
0,08
0,02
bostadsområde
gräsyta
grönområde
hamn
industri
lekplats
Markanvändning

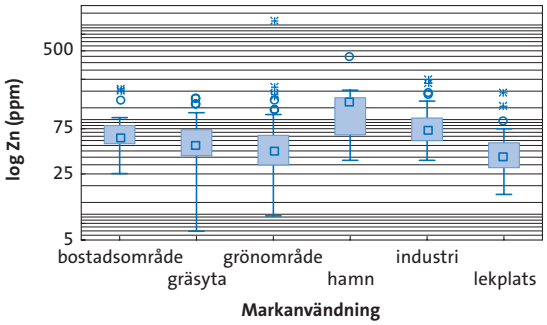

log Tl (ppm)
5,0000
0,7500
0,2500
0,0500
0,0075
bostadsområde
gräsyta
grönområde
hamn
industri
lekplats
Markanvändning

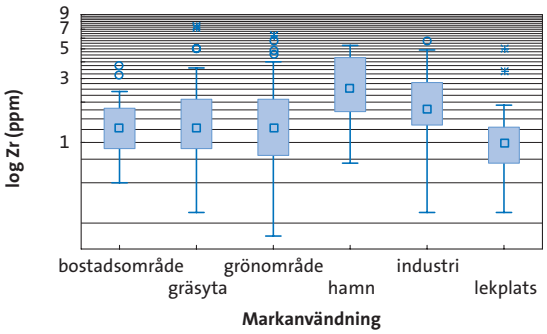

log U (ppm)
30,0
9,0
6,0
3,0
0,9
0,6
0,3
bostadsområde
gräsyta
grönområde
hamn
industri
lekplats
Markanvändning


log V (ppm)
90
70
50
30
10
8
6
4
bostadsområde
gräsyta
grönområde
hamn
industri
lekplats
Markanvändning

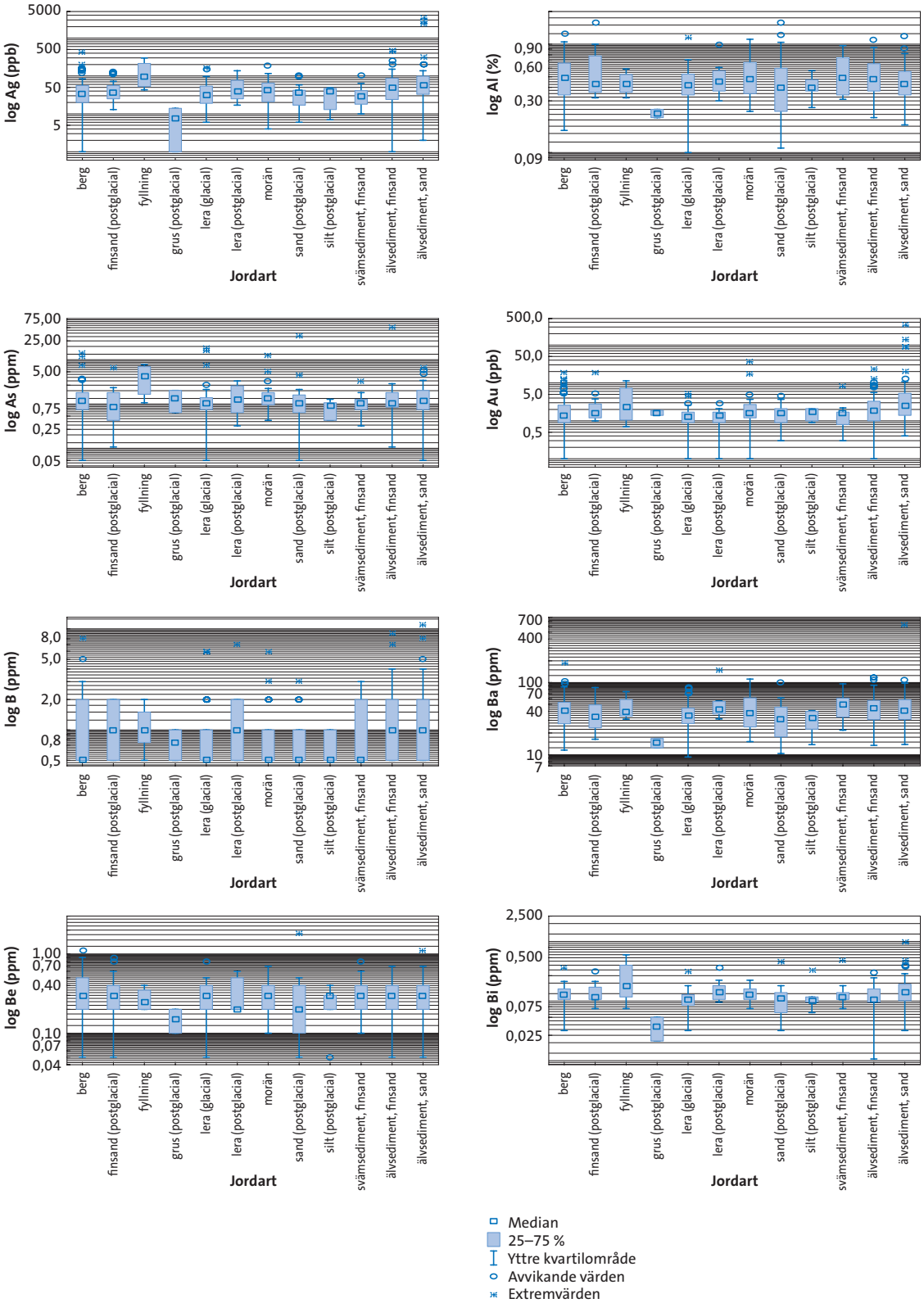

log W (ppm)
7,00
4,00
1,00
0,70
0,40
0,10
0,07
0,04
bostadsområde
gräsyta
grönområde
hamn
industri
lekplats
Markanvändning

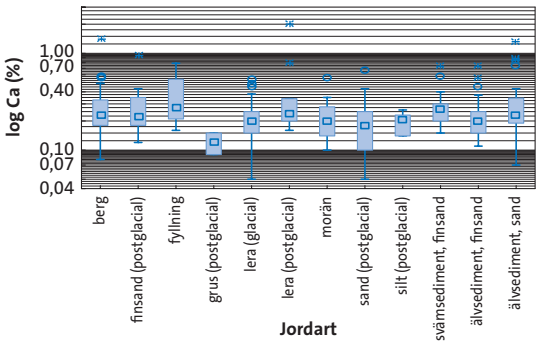

log Y (ppm)
45
35
25
15
5
bostadsområde
gräsyta
grönområde
hamn
industri
lekplats
Markanvändning

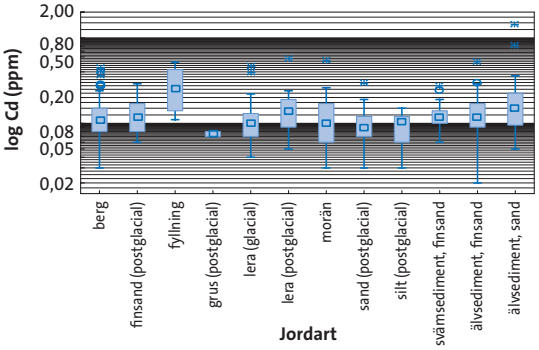

log Zn (ppm)
500
75
25
5
bostadsområde
gräsyta
grönområde
hamn
industri
lekplats
Markanvändning

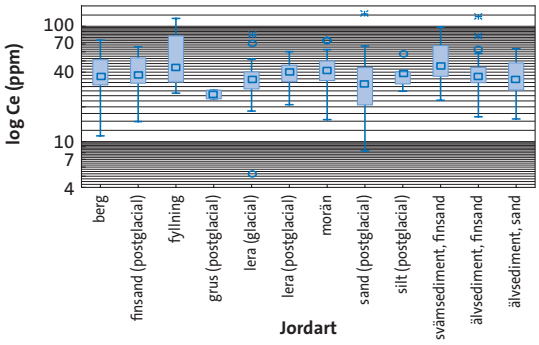

log Zr (ppm)
9
7
5
3
1
bostadsområde
gräsyta
grönområde
hamn
industri
lekplats
Markanvändning

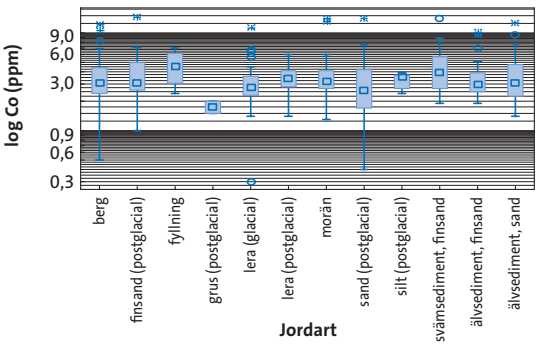
Distribution av grundämnen i förhållande till underlagrande jordart

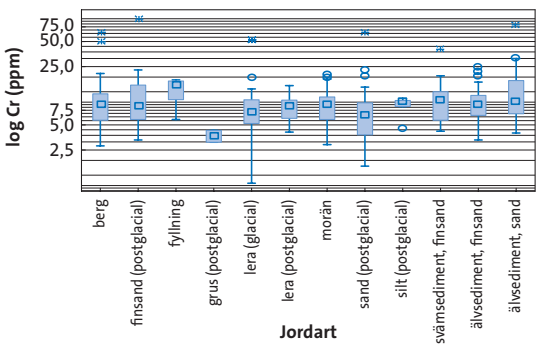


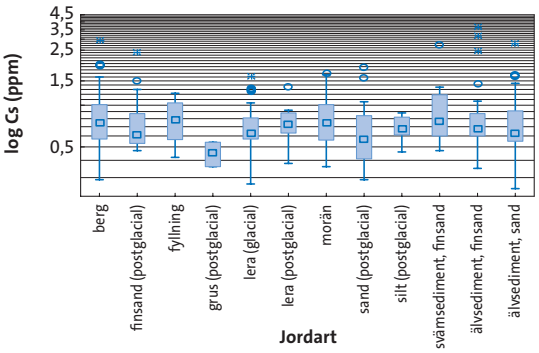

log Ca (%)
1,00
0,70
0,40
0,10
0,07
0,04
berg
finsand (postglacial)
fyllning
grus (postglacial)
lera (glacial)
lera (postglacial)
morän
sand (postglacial)
silt (postglacial)
svämsediment, finsand
älvsediment, finsand
älvsediment, sand
Jordart

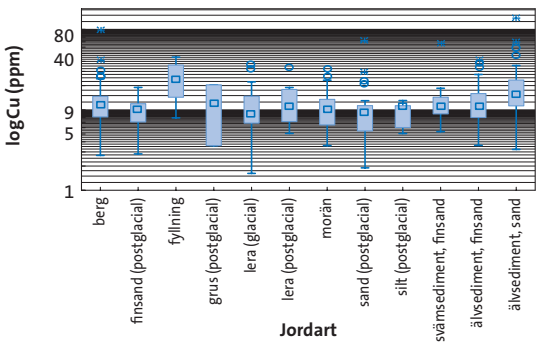

log Cd (ppm)
2,00
0,80
0,50
0,20
0,08
0,05
0,02
berg
finsand (postglacial)
fyllning
grus (postglacial)
lera (glacial)
lera (postglacial)
morän
sand (postglacial)
silt (postglacial)
svämsediment, finsand
älvsediment, finsand
älvsediment, sand
Jordart

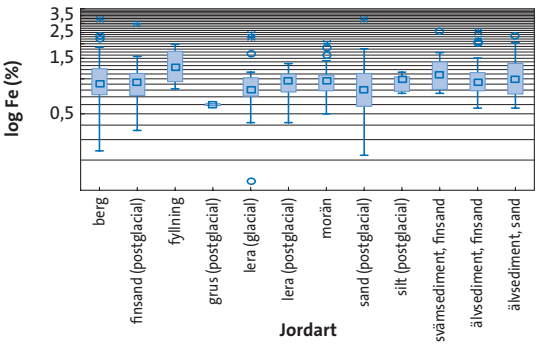

log Ce (ppm)
100
70
40
10
7
4
berg
finsand (postglacial)
fyllning
grus (postglacial)
lera (glacial)
lera (postglacial)
morän
sand (postglacial)
silt (postglacial)
svämsediment, finsand
älvsediment, finsand
älvsediment, sand
Jordart

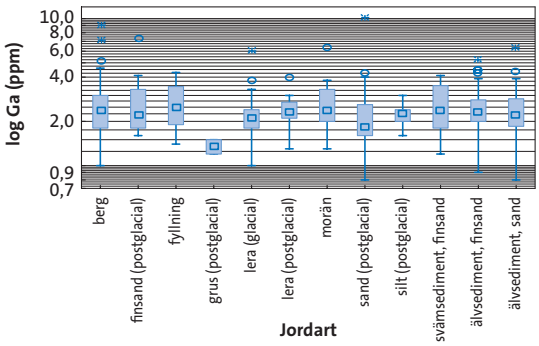

log Co (ppm)
9,0
6,0
3,0
0,9
0,6
0,3
berg
finsand (postglacial)
fyllning
grus (postglacial)
lera (glacial)
lera (postglacial)
morän
sand (postglacial)
silt (postglacial)
svämsediment, finsand
älvsediment, finsand
älvsediment, sand
Jordart

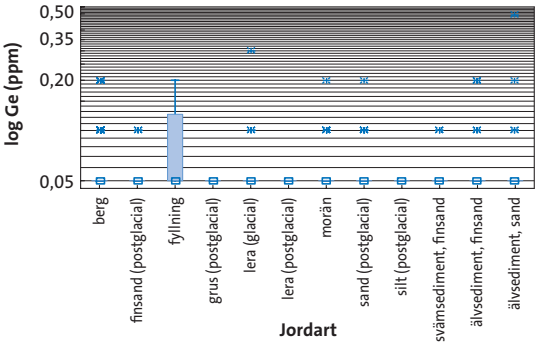

log Cr (ppm)
75,0
50,0
25,0
7,5
5,0
2,5
berg
finsand (postglacial)
fyllning
grus (postglacial)
lera (glacial)
lera (postglacial)
morän
sand (postglacial)
silt (postglacial)
svämsediment, finsand
älvsediment, finsand
älvsediment, sand
Jordart

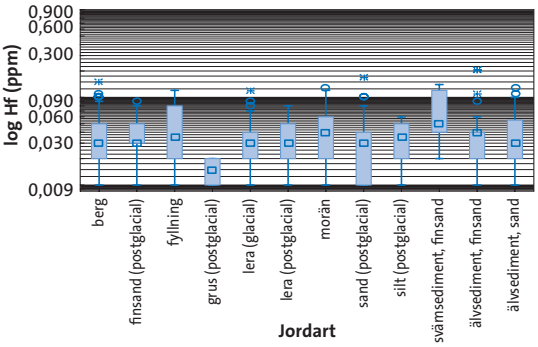

log Cs (ppm)
4,5
3,5
2,5
1,5
0,5
berg
finsand (postglacial)
fyllning
grus (postglacial)
lera (glacial)
lera (postglacial)
morän
sand (postglacial)
silt (postglacial)
svämsediment, finsand
älvsediment, finsand
älvsediment, sand
Jordart

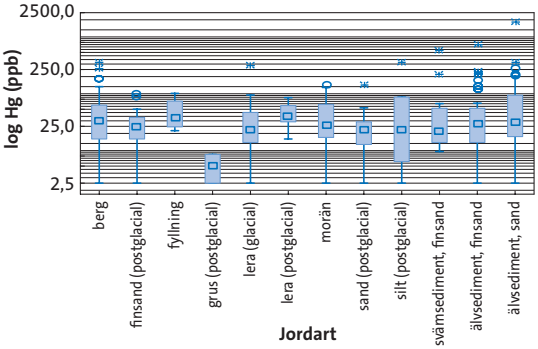

logCu (ppm)
80
40
9
5
1
berg
finsand (postglacial)
fyllning
grus (postglacial)
lera (glacial)
lera (postglacial)
morän
sand (postglacial)
silt (postglacial)
svämsediment, finsand
älvsediment, finsand
älvsediment, sand
Jordart

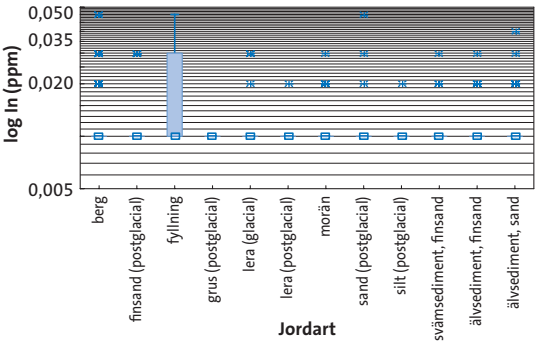

log Fe (%)
3,5
2,5
1,5
0,5
berg
finsand (postglacial)
fyllning
grus (postglacial)
lera (glacial)
lera (postglacial)
morän
sand (postglacial)
silt (postglacial)
svämsediment, finsand
älvsediment, finsand
älvsediment, sand
Jordart

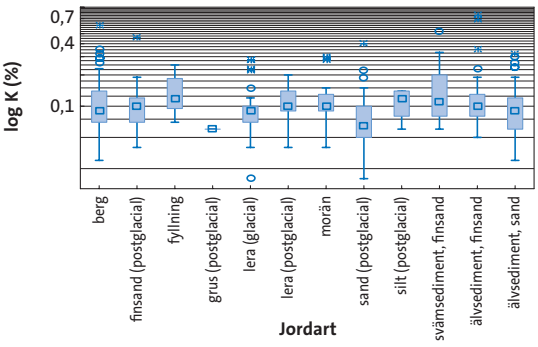

log Ga (ppm)
10,0
8,0
6,0
4,0
2,0
0,9
0,7
berg
finsand (postglacial)
fyllning
grus (postglacial)
lera (glacial)
lera (postglacial)
morän
sand (postglacial)
silt (postglacial)
svämsediment, finsand
älvsediment, finsand
älvsediment, sand
Jordart

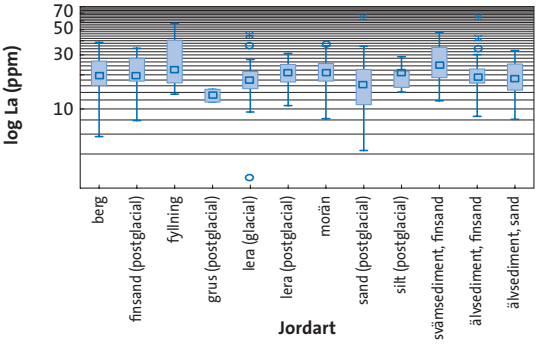

log Ge (ppm)
0,50
0,35
0,20
0,05
berg
finsand (postglacial)
fyllning
grus (postglacial)
lera (glacial)
lera (postglacial)
morän
sand (postglacial)
silt (postglacial)
svämsediment, finsand
älvsediment, finsand
älvsediment, sand
Jordart

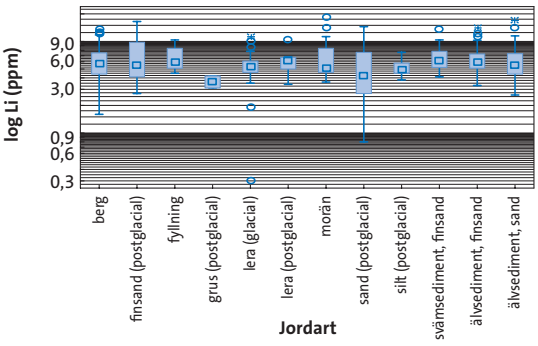

log Hf (ppm)
0,900
0,600
0,300
0,090
0,060
0,030
0,009
berg
finsand (postglacial)
fyllning
grus (postglacial)
lera (glacial)
lera (postglacial)
morän
sand (postglacial)
silt (postglacial)
svämsediment, finsand
älvsediment, finsand
älvsediment, sand
Jordart

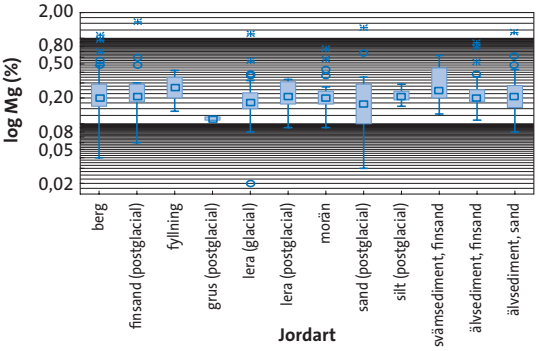

log Hg (ppb)
2500,0
250,0
25,0
2,5
berg
finsand (postglacial)
fyllning
grus (postglacial)
lera (glacial)
lera (postglacial)
morän
sand (postglacial)
silt (postglacial)
svämsediment, finsand
älvsediment, finsand
älvsediment, sand
Jordart

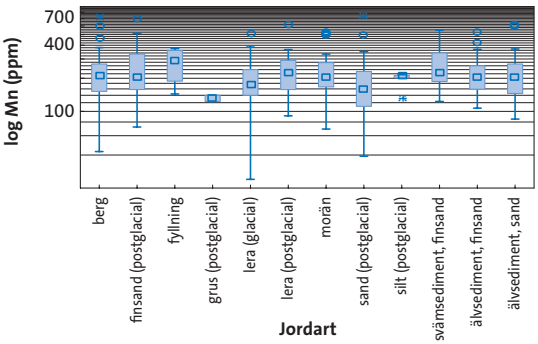

log In (ppm)
0,050
0,035
0,020
0,005
berg
finsand (postglacial)
fyllning
grus (postglacial)
lera (glacial)
lera (postglacial)
morän
sand (postglacial)
silt (postglacial)
svämsediment, finsand
älvsediment, finsand
älvsediment, sand
Jordart

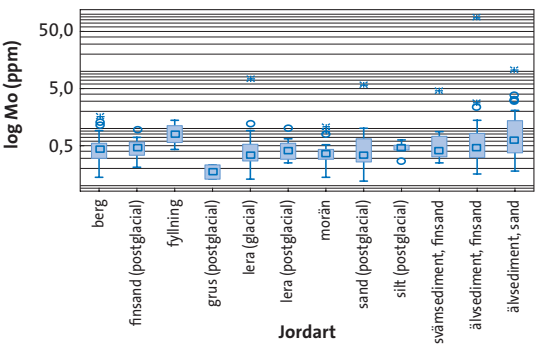

log K (%)
0,7
0,4
0,1
berg
finsand (postglacial)
fyllning
grus (postglacial)
lera (glacial)
lera (postglacial)
morän
sand (postglacial)
silt (postglacial)
svämsediment, finsand
älvsediment, finsand
älvsediment, sand
Jordart

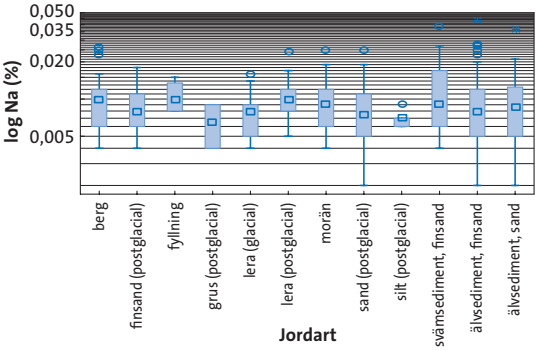

log La (ppm)
70
50
30
10
berg
finsand (postglacial)
fyllning
grus (postglacial)
lera (glacial)
lera (postglacial)
morän
sand (postglacial)
silt (postglacial)
svämsediment, finsand
älvsediment, finsand
älvsediment, sand
Jordart

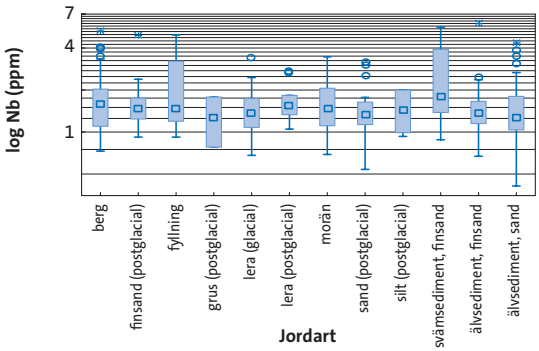

log Li (ppm)
9,0
6,0
3,0
0,9
0,6
0,3
berg
finsand (postglacial)
fyllning
grus (postglacial)
lera (glacial)
lera (postglacial)
morän
sand (postglacial)
silt (postglacial)
svämsediment, finsand
älvsediment, finsand
älvsediment, sand
Jordart

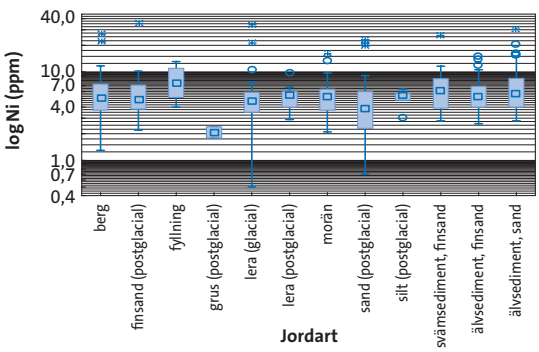

log Mg (%)
2,00
0,80
0,50
0,20
0,08
0,05
0,02
berg
finsand (postglacial)
fyllning
grus (postglacial)
lera (glacial)
lera (postglacial)
morän
sand (postglacial)
silt (postglacial)
svämsediment, finsand
älvsediment, finsand
älvsediment, sand
Jordart

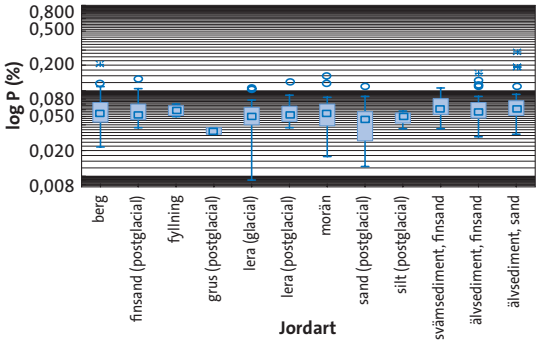

log Mn (ppm)
700
400
100
berg
finsand (postglacial)
fyllning
grus (postglacial)
lera (glacial)
lera (postglacial)
morän
sand (postglacial)
silt (postglacial)
svämsediment, finsand
älvsediment, finsand
älvsediment, sand
Jordart

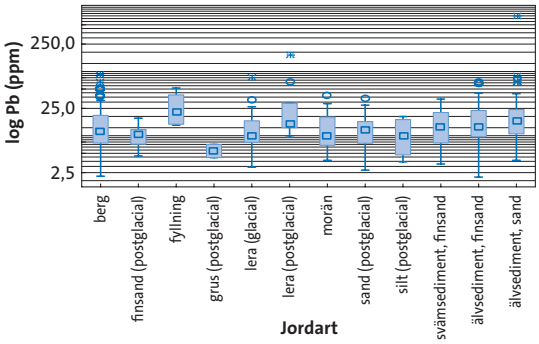

log Mo (ppm)
50,0
5,0
0,5
berg
finsand (postglacial)
fyllning
grus (postglacial)
lera (glacial)
lera (postglacial)
morän
sand (postglacial)
silt (postglacial)
svämsediment, finsand
älvsediment, finsand
älvsediment, sand
Jordart

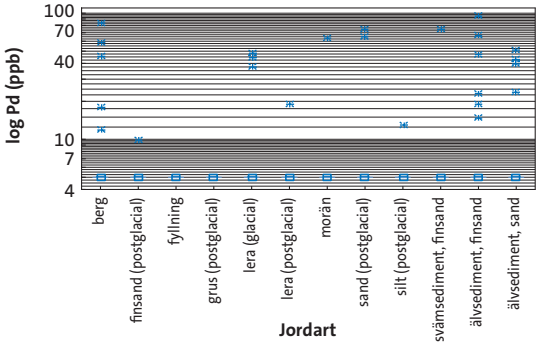

log Na (%)
0,050
0,035
0,020
0,005
berg
finsand (postglacial)
fyllning
grus (postglacial)
lera (glacial)
lera (postglacial)
morän
sand (postglacial)
silt (postglacial)
svämsediment, finsand
älvsediment, finsand
älvsediment, sand
Jordart

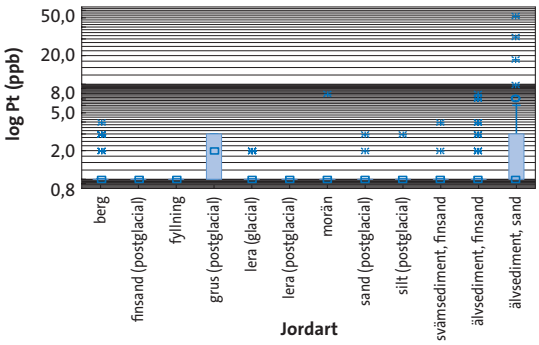

log Nb (ppm)
7
4
1
berg
finsand (postglacial)
fyllning
grus (postglacial)
lera (glacial)
lera (postglacial)
morän
sand (postglacial)
silt (postglacial)
svämsediment, finsand
älvsediment, finsand
älvsediment, sand
Jordart

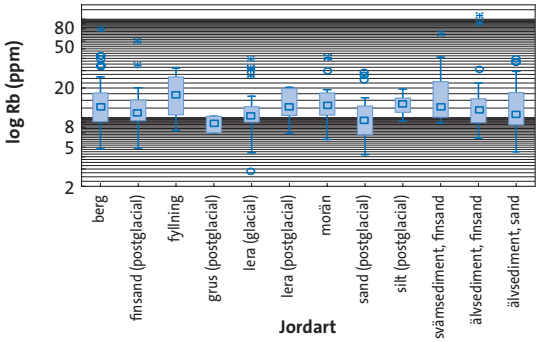

log Ni (ppm)
40,0
10,0
7,0
4,0
1,0
0,7
0,4
berg
finsand (postglacial)
fyllning
grus (postglacial)
lera (glacial)
lera (postglacial)
morän
sand (postglacial)
silt (postglacial)
svämsediment, finsand
älvsediment, finsand
älvsediment, sand
Jordart

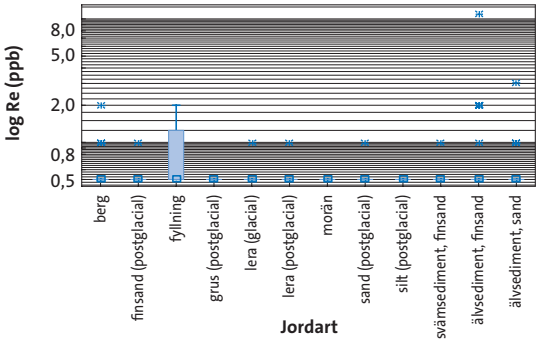

log P (%)
0,800
0,500
0,200
0,080
0,050
0,020
0,008
berg
finsand (postglacial)
fyllning
grus (postglacial)
lera (glacial)
lera (postglacial)
morän
sand (postglacial)
silt (postglacial)
svämsediment, finsand
älvsediment, finsand
älvsediment, sand
Jordart

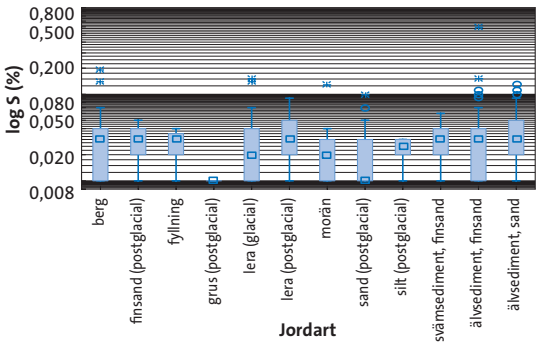

log Pb (ppm)
250,0
25,0
2,5
berg
finsand (postglacial)
fyllning
grus (postglacial)
lera (glacial)
lera (postglacial)
morän
sand (postglacial)
silt (postglacial)
svämsediment, finsand
älvsediment, finsand
älvsediment, sand
Jordart

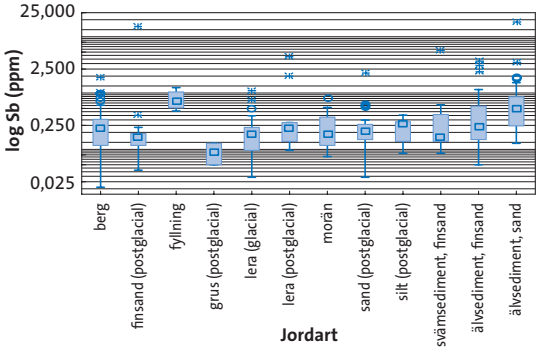

log Pd (ppb)
100
70
40
10
7
4
berg
finsand (postglacial)
fyllning
grus (postglacial)
lera (glacial)
lera (postglacial)
morän
sand (postglacial)
silt (postglacial)
svämsediment, finsand
älvsediment, finsand
älvsediment, sand
Jordart

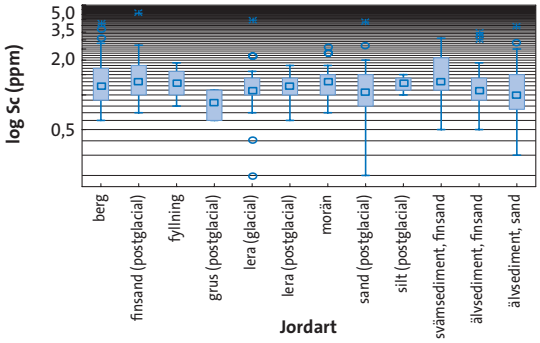

log Pt (ppb)
50,0
20,0
8,0
5,0
2,0
0,8
berg
finsand (postglacial)
fyllning
grus (postglacial)
lera (glacial)
lera (postglacial)
morän
sand (postglacial)
silt (postglacial)
svämsediment, finsand
älvsediment, finsand
älvsediment, sand
Jordart

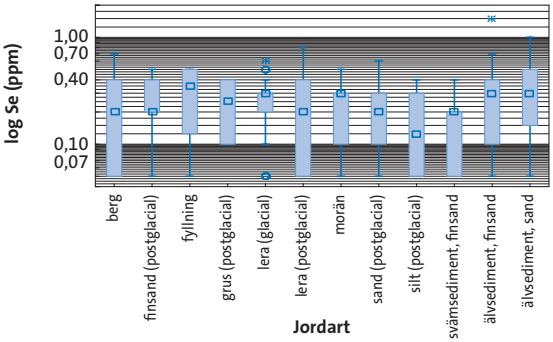

log Rb (ppm)
80
50
20
8
5
2
berg
finsand (postglacial)
fyllning
grus (postglacial)
lera (glacial)
lera (postglacial)
morän
sand (postglacial)
silt (postglacial)
svämsediment, finsand
älvsediment, finsand
älvsediment, sand
Jordart

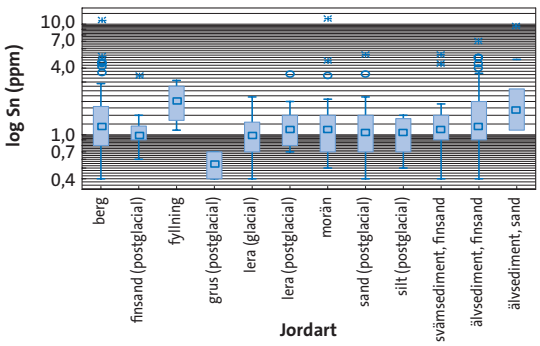

log Re (ppb)
8,0
5,0
2,0
0,8
0,5
berg
finsand (postglacial)
fyllning
grus (postglacial)
lera (glacial)
lera (postglacial)
morän
sand (postglacial)
silt (postglacial)
svämsediment, finsand
älvsediment, finsand
älvsediment, sand
Jordart

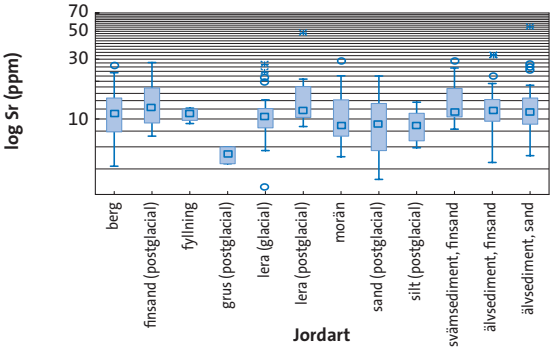

log S (%)
0,800
0,500
0,200
0,080
0,050
0,020
0,008
berg
finsand (postglacial)
fyllning
grus (postglacial)
lera (glacial)
lera (postglacial)
morän
sand (postglacial)
silt (postglacial)
svämsediment, finsand
älvsediment, finsand
älvsediment, sand
Jordart

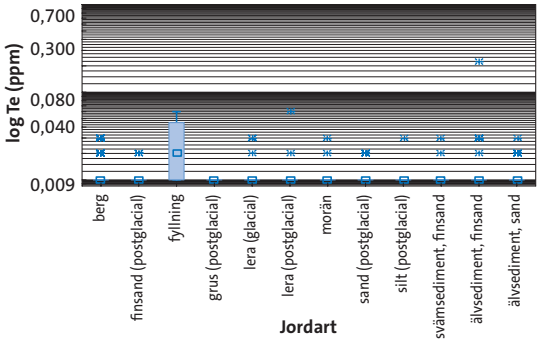

log Sb (ppm)
25,000
2,500
0,250
0,025
berg
finsand (postglacial)
fyllning
grus (postglacial)
lera (glacial)
lera (postglacial)
morän
sand (postglacial)
silt (postglacial)
svämsediment, finsand
älvsediment, finsand
älvsediment, sand
Jordart

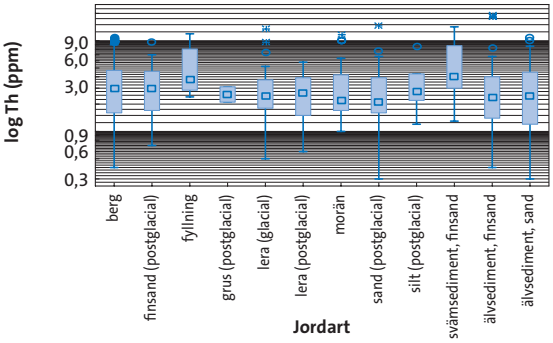

log Sc (ppm)
5,0
3,5
2,0
0,5
berg
finsand (postglacial)
fyllning
grus (postglacial)
lera (glacial)
lera (postglacial)
morän
sand (postglacial)
silt (postglacial)
svämsediment, finsand
älvsediment, finsand
älvsediment, sand
Jordart

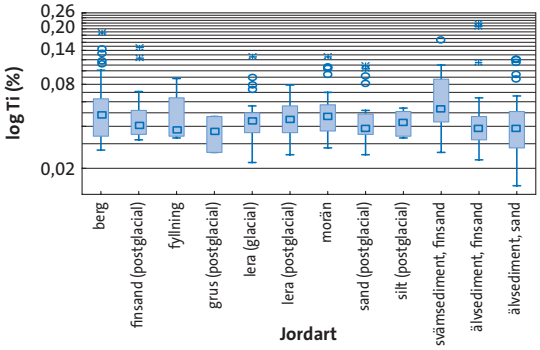

log Se (ppm)
1,00
0,70
0,40
0,10
0,07
berg
finsand (postglacial)
fyllning
grus (postglacial)
lera (glacial)
lera (postglacial)
morän
sand (postglacial)
silt (postglacial)
svämsediment, finsand
älvsediment, finsand
älvsediment, sand
Jordart

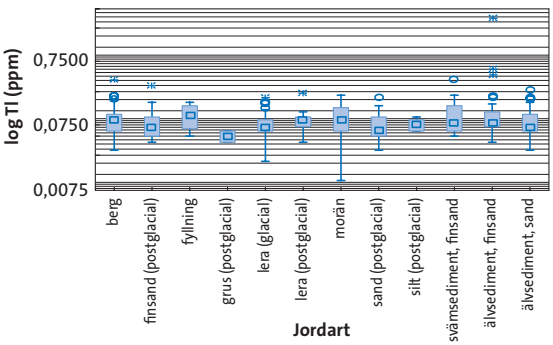

log Sn (ppm)
10,0
7,0
4,0
1,0
0,7
0,4
berg
finsand (postglacial)
fyllning
grus (postglacial)
lera (glacial)
lera (postglacial)
morän
sand (postglacial)
silt (postglacial)
svämsediment, finsand
älvsediment, finsand
älvsediment, sand
Jordart

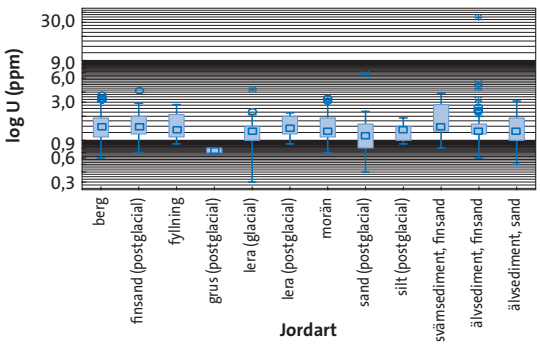

log Sr (ppm)
70
50
30
10
berg
finsand (postglacial)
fyllning
grus (postglacial)
lera (glacial)
lera (postglacial)
morän
sand (postglacial)
silt (postglacial)
svämsediment, finsand
älvsediment, finsand
älvsediment, sand
Jordart

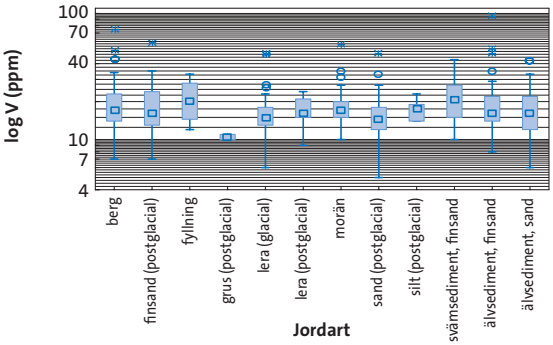

log Te (ppm)
0,700
0,300
0,080
0,040
0,009
berg
finsand (postglacial)
fyllning
grus (postglacial)
lera (glacial)
lera (postglacial)
morän
sand (postglacial)
silt (postglacial)
svämsediment, finsand
älvsediment, finsand
älvsediment, sand
Jordart

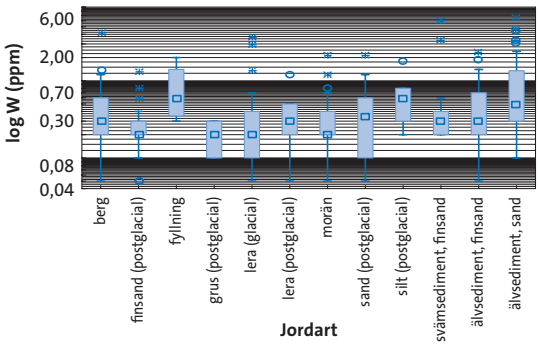

log Th (ppm)
9,0
6,0
3,0
0,9
0,6
0,3
berg
finsand (postglacial)
fyllning
grus (postglacial)
lera (glacial)
lera (postglacial)
morän
sand (postglacial)
silt (postglacial)
svämsediment, finsand
älvsediment, finsand
älvsediment, sand
Jordart

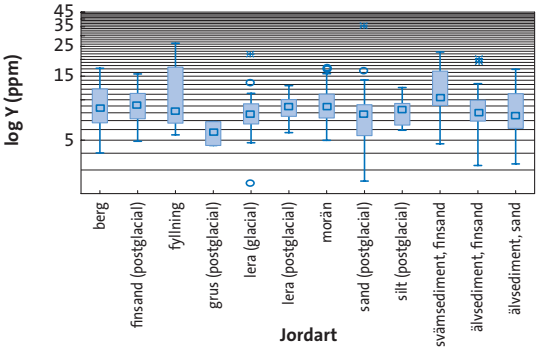

log Ti (%)
0,26
0,20
0,14
0,08
0,02
berg
finsand (postglacial)
fyllning
grus (postglacial)
lera (glacial)
lera (postglacial)
morän
sand (postglacial)
silt (postglacial)
svämsediment, finsand
älvsediment, finsand
älvsediment, sand
Jordart

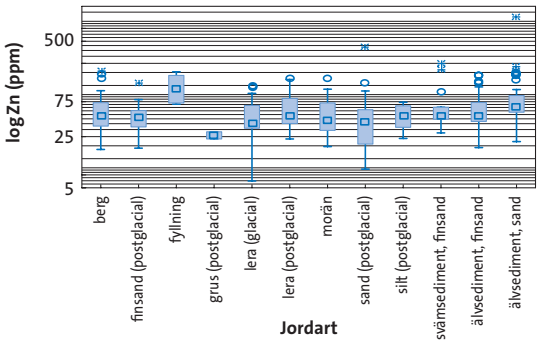

log Tl (ppm)
0,7500
0,0750
0,0075
berg
finsand (postglacial)
fyllning
grus (postglacial)
lera (glacial)
lera (postglacial)
morän
sand (postglacial)
silt (postglacial)
svämsediment, finsand
älvsediment, finsand
älvsediment, sand
Jordart

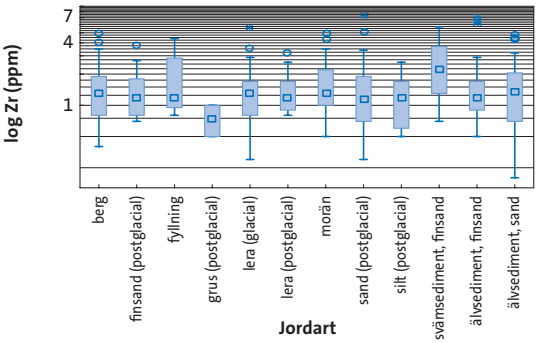

log U (ppm)
30,0
9,0
6,0
3,0
0,9
0,6
0,3
berg
finsand (postglacial)
fyllning
grus (postglacial)
lera (glacial)
lera (postglacial)
morän
sand (postglacial)
silt (postglacial)
svämsediment, finsand
älvsediment, finsand
älvsediment, sand
Jordart


log V (ppm)
100
70
40
10
7
4
berg
finsand (postglacial)
fyllning
grus (postglacial)
lera (glacial)
lera (postglacial)
morän
sand (postglacial)
silt (postglacial)
svämsediment, finsand
älvsediment, finsand
älvsediment, sand
Jordart


log W (ppm)
6,00
2,00
0,70
0,30
0,08
0,04
berg
finsand (postglacial)
fyllning
grus (postglacial)
lera (glacial)
lera (postglacial)
morän
sand (postglacial)
silt (postglacial)
svämsediment, finsand
älvsediment, finsand
älvsediment, sand
Jordart


log Y (ppm)
45
35
25
15
5
berg
finsand (postglacial)
fyllning
grus (postglacial)
lera (glacial)
lera (postglacial)
morän
sand (postglacial)
silt (postglacial)
svämsediment, finsand
älvsediment, finsand
älvsediment, sand
Jordart


log Zn (ppm)
500
75
25
5
berg
finsand (postglacial)
fyllning
grus (postglacial)
lera (glacial)
lera (postglacial)
morän
sand (postglacial)
silt (postglacial)
svämsediment, finsand
älvsediment, finsand
älvsediment, sand
Jordart


log Zr (ppm)
7
4
1
berg
finsand (postglacial)
fyllning
grus (postglacial)
lera (glacial)
lera (postglacial)
morän
sand (postglacial)
silt (postglacial)
svämsediment, finsand
älvsediment, finsand
älvsediment, sand
Jordart