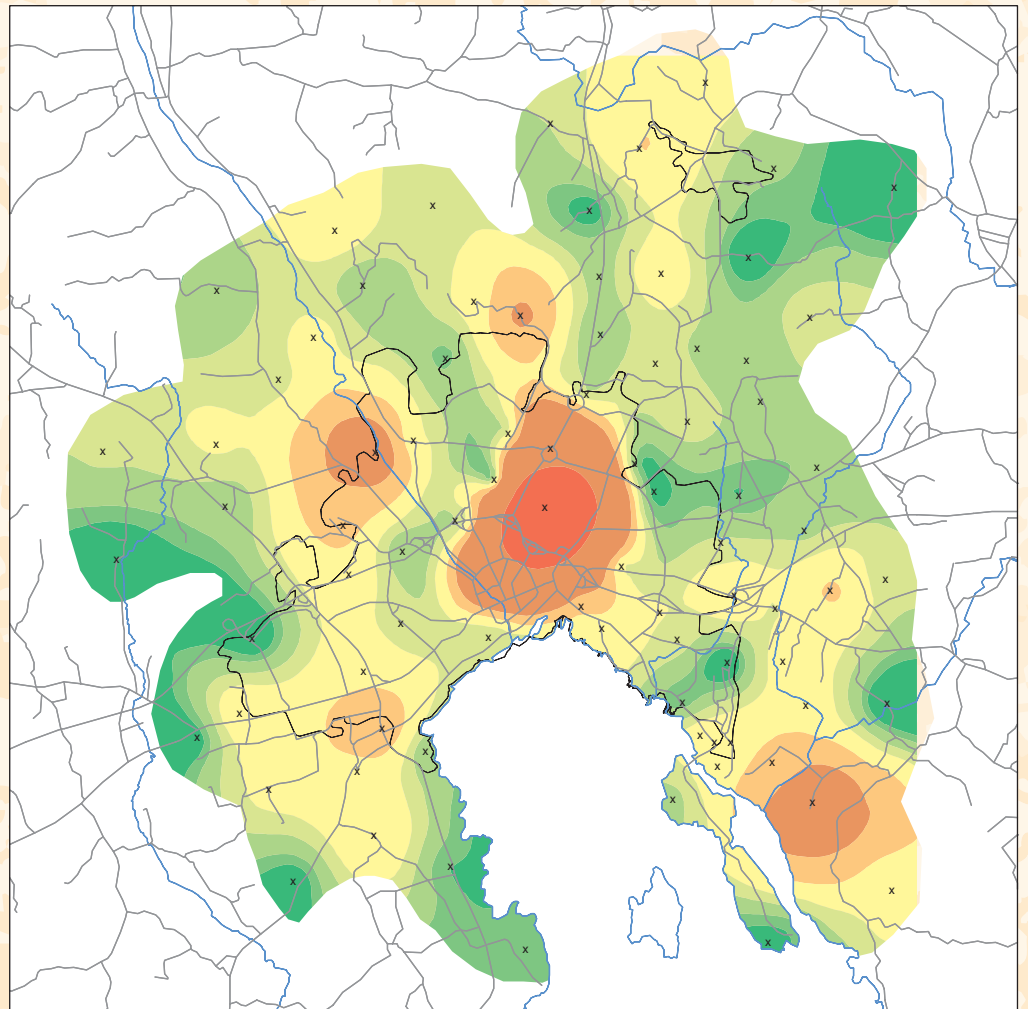


# Geokemiska kartan

## Markgeokemi

### Metaller i morän och andra sediment Västra Mälardalen med Västerås tätort

Madelen Andersson





Gk 4

# **Geokemiska kartan**

## **Markgeokemi**

**Metaller i morän och andra sediment**  
**Västra Mälardalen med Västerås tätort**

Madelen Andersson

Sveriges geologiska undersökning  
2004

ISSN 1404-3157  
ISBN 91-7158-695-4

Markgeokemiska kartor publicerades tidigare i SGUs serie Rapporter och meddelanden. För information om jordarter, berggrund, grundvatten och biogeokemi hänvisas till jordartskartor (SGU serie Ae & Ak), berggrundskartor (SGU serie Af & Ai), hydrogeologiska kartor (SGU serie Ag & Ah) samt biogeokemiska kartor (SGU serie Rapporter och meddelanden).

Närmare upplysningar erhålls genom

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING  
Box 670  
751 28 Uppsala  
Tel 018-17 90 00

Omslagsbild: Silver i ytlig jord i Västerås tätort.

© Sveriges geologiska undersökning

Tryck: Elanders Tofters, Östervåla 2004

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

<b>I. INNEHÅLLSFÖRTECKNING: Regional markgeokemi västra Mälardalen</b>	
Geokemisk kartering vid SGU .....	4
Användning av markgeokemiska data .....	4
Provtypen morän .....	6
Elementens förekomst och rörlighet .....	6
Geologiska förutsättningar .....	6
Markprocesser och buffring .....	7
Lakbarhet och associationer .....	8
De kemiska elementen i näringskedjan .....	9
Metodik .....	9
Provtagning .....	9
Provberedning .....	10
Analysering .....	10
Kvalitetskontroll av analyser .....	11
Elementkartor .....	11
Metallhalter .....	12
Geologin i området .....	12
Översiktlig bergartsbeskrivning .....	12
Malmmineraliseringar och industrimineral .....	14
Kvartär utveckling .....	14
Geokemi – elementens förekomst och associationer .....	17
Basfakta .....	17
Geokemiska mönster .....	18
Miljögeokemi .....	65
Summary .....	66
Referenser .....	67
<b>TABELLER</b> .....	68
Rikets percentiler, morän .....	68
Rikets percentiler, sediment .....	70
Undersökningsområde Västra Mälardalens percentiler, morän .....	71
Undersökningsområde Västra Mälardalens percentiler, sediment .....	73
Eskilstunas kommun, percentiler morän och sediment .....	74
Hallstahammars kommun, percentiler morän och halter i sediment .....	76
Kungsörs kommun, percentiler morän och halter i sediment .....	78
Köpings kommun, percentiler morän och sediment .....	80
Västerås kommun, percentiler morän och sediment .....	82
<b>II. INNEHÅLLSFÖRTECKNING: VÄSTERÅS tätort</b>	
Bakgrund .....	84
Antimon .....	87
Arsenik .....	89
Bly .....	92
Kadmium .....	95
Koppar .....	98
Krom .....	101
Molybden .....	104
Nickel .....	107
Silver .....	110
Tenn .....	112
Wolfram .....	113
Zink .....	116
Sammanfattning Västerås .....	119
Summary Västerås .....	120
Referenser .....	121

## GEOKEMISK KARTERING VID SGU

Den geokemiska karteringen vid SGU bedrivs i syfte att visa regional fördelning av huvudämnen och spårämnen samt pH i mark och vatten. Två huvudtyper av provtagningsmaterial används för att åskådliggöra detta. Den ena är oorganisk och utgörs i huvudsak av morän, som avspeglar markens naturliga och geologiskt relaterade kemiska sammansättning. Provtagning görs även av ett representativt urval av leror, silt och grövre sediment. Denna oorganiska karteringstyp kallas markgeokemisk kartering och täcker hittills Götaland och stora delar av Svealand och Norrland.

Den markgeokemiska databasen innehåller analysresultat och utgör en referenssamling av naturliga metallhalter där speciellt moränhalterna är geologiskt relaterade. Resultaten används bland annat för att fastställa bakgrundshalter för metaller, för att identifiera områden med hög naturlig metallbelastning, för att tillsammans med pH-värden indikera risk för metallmobilitet, för prospektering efter guld, basmetaller och industrimineral och för att värdera näringsstatus i skogsmark. Maximalt finns data från över 25 000 moränlokaler i Sverige.

Den andra provtypen är organisk och utgörs av bäckvattenväxter, som ger en indikation av biotillgängligheten av metaller i det vatten som omflyter växterna. Denna kartering kallas biogeokemisk kartering.

Föreliggande rapport är en fortsättning på den serie rapporter om markgeokemi som tidigare givits ut i SGUs publikationsserie Rapporter och meddelanden. Den aktuella markgeokemiskt karterade regionen ingår i SGU-projektet "Västra Mälardalen" med tyngdpunkten lagd på kommunerna Västerås, Hallstahammar, Eskilstuna, Köping och Kungsör. Ett särskilt kapitel beskriver förtydligande geokemiska undersökningar i tätorten Västerås.

Rapporten innehåller utdrag ur de geokemiska databaserna, och informationen har tagits fram med syftet att visa enskilda grundämnens regionala frekvens och distribution och att ge en översiktlig tolkning om orsakerna därtill. Viss statistisk information är också sammanställd kommunvis. De flesta analyserade element som uppfyller stipulerade krav på analyskvalitet redovisas.

Ansvarig för rapporten är Madelen Andersson och för tätorten Västerås även Sten-Åke Ohlsson. Övriga medarbetare har varit Harald Ressar, Mikael Carlsson och Birgitta Löwenhielm. Fackgranskning har gjorts av Kaj Lax och Lars Persson.

## ANVÄNDNING AV MARKGEOKEMISKA DATA

Markgeokemiska data används bland annat inom miljöövervakning, kommunal planering, markforskning, skogsbruk, mineralprospektering och medicinsk forskning. Med teman som försurning, recipientskydd, förorenad mark och malmetning anpassas kartor och information till olika relevanta verksamhetsområden. Eftersom provtypen avspeglar den naturliga metallhalten i marken kan de markgeokemiska resultaten med fördel användas som bakgrundsinformation vid undersökning av förorenad mark.

Kartorna visar den naturliga förekomsten av grundämnen i marken och ger information om halter av huvudkomponenter och spårämnen i miljön med avseende på det geologiska ursprunget. Antropogen påverkan bidrar ytterst sällan eller lite till de förekomster av metaller och andra element som uppmäts i skogs- och landsbygd. I Sverige anses ett undantag från detta vara områden runt Falun, som förorenats av gruvdriften och den långvariga framställningen av svavelsyra vid Falu Koppargruva till den grad att t.o.m C-horisonterna långt från själva gruvan förorenats (Ek m.fl. 2001). Endast om påverkansgraden är mycket kraftig kan sålunda påverkan ses, och då i allmänhet endast i utsläppskällans omedelbara närhet. Kända potentiella föroreningskällor undviks naturligtvis ändå i möjligaste mån vid provtagning. Man kan däremot fråga sig hur omfattande spridningen till miljön varit och är av människans långvariga

bruk av metaller. Redan för flera tusen år sedan bearbetades koppar och guld t.ex. till smycken och under hela den förindustriella epoken har keramik, glas, vapen, färgämnen och läkemedel tillverkats. Oavsiktlig och omfattande spridning av metaller som zink, tenn, bly, kobolt, kadmium, silver, arsenik, antimon m.fl. har därför under mycket lång tid cirkulerat i miljön.

Förekomst och spridningsmönster i moränens C-horisont bildar olika geokemiska provinser i en region, man kan säga att den geokemiska statusen varierar areellt. Till exempel innebär hög förekomst av nyttiga, basiska ämnen i mineraljorden oftast att pH är relativt högt, och att innehållet av vittringsbenägna mineral frigör tillräckligt med ämnen som växter och djur tillgodogör sig. Den geokemiska statusen är därför god. Inom andra regioner kan i stället nyttiga ämnen förekomma i låga halter eller med låg lakbarhet, samtidigt som pH kan vara lågt. Den geokemiska statusen är därmed betydligt sämre.

Många av de nyttiga spårämnena är samtidigt tungmetaller. Förekommer de med höga halter, eller i olika associationer, kan många av dem indikera mineralisering, vilket är av intresse för malmprospekteringen, men kan också, speciellt i regioner med lågt pH, betyda att skadliga metaller läcker ut till grundvattnet. Låga halter av ett essentiellt spårämne i marken indikerar risk för att en bristsituation på det nyttiga ämnet kan uppstå eller redan råder.

Som faktaunderlag passar användning av markgeokemiska data också in inom åtminstone fem av de av riksdagen angivna 15 miljömålen. Anledningen är att den geokemiska status som ett område har utgör en naturgiven faktor som påverkar markens försurningskänslighet, metallbelastning, strålningsrisk, föroreningsrisk m.m. Naturliga halter av metaller och andra grundämnen i berggrund och jordarter kan till exempel inte saneras bort, inte täckas över utan finns ständigt som en påverkansfaktor för yt- och grundvatten. Några exempel på geokemisk information som bör beaktas i miljömålen:

#### Miljömål 3. Bara naturlig försurning

- En regional undersökning av pH i markens opåverkade delar ger information om surhetsgraden i en region och ger också tillsammans med beräkning av försurningsresistensen en indikation på markens neutraliseringsförmåga och på områden där sannolikheten för aluminiumutlakning är stor.

#### Miljömål 4. Giftfri miljö

- Bakgrundshalter av metaller i ett län eller en kommun utgör basfakta vad gäller metallers överskridande av olika gränsvärden. Till exempel finns i olika delar av vårt land naturligt förekommande halter i marken av bl.a. As, Cd, Co, Pb, Ni och Zn som överstiger Naturvårdsverkets gränsvärden för känslig markanvändning.
- Avgränsningar kan göras av områden som har naturligt förhöjda halter av ett flertal metaller, men där enstaka metaller inte överskrider KM-värden.
- Information om naturlig förekomst i jordar av giftiga metaller som idag saknar gränsvärden, t.ex. Ag, Bi, Mo, Sb, Se, Sn, Tl och W.

#### Miljömål 6. Säker strålmiljö

- Regionala uran- och toriumkartor baserade på halter i mark och bioindikatorer ger information om potentiella strålningsrisker från mark och vatten.

#### Miljömål 9. Grundvatten av god kvalitet

- Risk för metalläckage till grundvattnet kan finnas i områden med lågt pH med hög lakbarhet av bl.a. zink, kadmium, mangan och nickel.
- Risk för läckage av uran till grundvattnet kan finnas i områden med högt pH och förhöjd uranhalt.
- Kalcium- och magnesiumrika områden indikerar god vattenkvalitet med naturligt skydd för hjärt- och kärlsjukdomar.

Miljömål 15. God bebyggd miljö

- Vid planering av nya bostadsområden och infrastrukturdragningar bör man beakta den geokemiska statusen i berörda regioner för att undvika framtida metalläckage.
- Vid all användning och brytning av naturmaterial som bergkross och morän bör man inhämta information om innehållet av metaller och deras lakbarhet för att undvika oavsiktlig spridning av metallrikt bergartsmaterial i miljön.

## PROVTYPEN MORÄN

Jordarten morän täcker berggrunden över så gott som hela Sverige, totalt anses ca 75 % av berggrunden vara täckt av morän (Sveriges Nationalatlas 1994). Moränen har generellt sett avsatts av flera inlandsisar, varav den senaste smälte för ca 14 000 (i söder) till ca 8 500 (i norr) år sedan. Isen eroderade berggrunden och transporterade iväg det nybrutna materialet tillsammans med varierande mängder äldre jordarter avlagrade före nedisningen.

Tre huvudtyper av morän förekommer: basalt deponerad morän, utsmältningsmorän samt flytmorän. Basalt deponerad morän avsätts under en aktiv glaciär (inlandsis) genom att material i princip skrapas av mot underlaget. Resultatet blir oftast en hårdpackad morän med mycket få strukturer. Den är ganska homogen vad avser utseende, textur och innehåll. Det antas att materialet i en morän av denna typ är ganska korttransporterat, denna moräntyp ger därför den bästa speglingen av den lokala berggrunden.

Utsmältningsmorän bildas när materialet sakta smälter fram ur is som vanligen är stagnant. Denna process kan medföra att moränen på vissa ställen tvättas ur på finmaterial och tunga mineral. Dessa kan sedan anrikas t.ex. runt stenar vilket medför att denna moräntyp kan vara ganska inhomogen. Eftersom den kan vara transporterad uppe på glaciären kan den dessutom ha sitt ursprung långt ifrån depositionsplatsen och därför ge en sämre spegling av den lokala berggrunden.

Flytmorän avsätts genom att vattenmättad morän skredar ut från t.ex. ett isberg. Den kan i detta sammanhang (geokemiska tolkningsmöjligheter) sägas ha samma egenskaper som utsmältningsmorän. Såväl utsmältnings- som flytmoräner täcker ibland basalt deponerade moräner.

Normalt har en basalt deponerad morän en jämn eller regelbundet strömlinjeformad överyta. Utsmältningsmoräner och flytmoräner bildar ett mer oregelbundet småkulligt landskap och innehåller strukturer av olika slag med omväxlande grovt och finkornigt material. Om utsmältningsprocessen sker långsamt blir dock resultatet en ganska massiv utsmältningsmorän som kan vara svår att skilja från en basalt deponerad morän. I detta fall blir inte heller utvättningen av finmaterial och tunga mineral så utpräglad.

Transportlängden, som är en viktig parameter vid framför allt morängeokemisk malmprospektering, kan för moräner variera kraftigt. Det är här viktigt att skilja på transportlängder för olika kornstorleksfraktioner i moränerna. Allt eftersom eroderade bergartsfragment nöts ner minskar t.ex. förekomsten av en bergart i blockfraktionen medan representationen i finare fraktioner ökar.

## ELEMENTENS FÖREKOMST OCH RÖRLIGHET

### Geologiska förutsättningar

Berggrundens kemiska sammansättning varierar beroende på de ingående bergarternas sammansättning och proportioner. Halterna av många metaller är jämförelsevis låga i de kiselrika (sura) bergarter som dominerar den svenska berggrunden. I basiska bergarter finns däremot

högre innehåll av bl.a. järn, magnesium, kobolt, koppar, krom och nickel. Finns skifferinslag blir halterna ofta betydligt högre eller mycket höga för en del spårämnen, t.ex. uran. I tabell 1 visas bergartstillhörighet för element i vanligt förekommande bergarter i Sverige.

**Tabell 1.** Bergartstyper med associerade element.

Bergarter	Förhöjda halter
Graniter	Au, Ba, Be, Bi, Cl, K, La, Mo, Pb, Rb, Sn, Th, Tl, U, W, Y, Zr
Sura vulkaniska bergarter (porfyrier m.fl.)	Ag, As, Cd, Cu, Hg, Pb, Se, Zn
Basiska bergarter (grönstenar m.fl.)	Ca, Fe, Mg, Mn, P, Ag, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, S, Sr, Ti, V, Zn
Skiffrar	Al, Ag, As, Au, Ba, Bi, Cd, Cl, Co, Cu, La, Li, Mo, Ni, Pb, Rb, S, Sb, Sn, Se, Th, Tl, U, W, Y, Zn

Eftersom jordarten morän består av bergartsfragment med varierande kemisk sammansättning varierar också innehållet av huvudämnen och spårämnen. Moränen i ett område har också transporterats mer eller mindre långt och har därför ofta en något annorlunda sammansättning än den underliggande berggrunden. Tydligast syns detta där t.ex. ett granitiskt berggrundsområde har en ovanliggande morän med inslag av basiska bergarter. Kartbilden får då mindre områden med högre halter av t.ex. magnesium i en annars magnesiumlåg region.

Tilläggas kan, att man med sura bergarter menar att bergarten har hög halt av kisel, inte att bergarten har låga pH-värden. Ren finmald kvarts, som är extremt kiselrik, har höga pH-värden.

## Markprocesser och buffring

Vertikalt i marken varierar den kemiska sammansättningen bl.a. på grund av de markprocesser som bildar markprofilen. Vilken typ av markprofil som bildas beror på ett flertal faktorer, bland dem kan nämnas jordart, mineralinnehåll, markanvändning och vegetation. Den vanligaste markprofilen i svensk skogsmark är podsol, som utvecklas i näringsfattiga marker. I dess översta mineraljordshorisont, blekjorden, har kemiska och biologiska processer lakat ur de flesta huvudämnen och metaller. Några av dessa, t.ex. järn och aluminium, har fällt ut i den underliggande, ofta rostfärgade, B-horisonten. Halterna av ämnen i dessa båda markskikt orsakas delvis av naturliga, geologiskt betingade markmineral, eller mineral och föreningar som bildats vid vittring. En del ämnen kan dock tillföras via luft och nederbörd. Denna föroreningsfaktor tilltar i betydelse i befolkningstäta eller industriintensiva områden. Under B-horisonten, i C-horisonten, har markprocesserna stabiliserats, marken befinner sig i jämvikt och grundämnena förekommer så gott som uteslutande i primära bergartsmineral.

En annan vanlig markprofil är brunjordar, som utvecklas i mer näringsrik mark. I dessa saknas blekjorden och B-horisonten har en annan karaktär med högre halt organiskt material. Brunjordar kan också vara något mäktigare än podsoler, men det är i princip ingen skillnad på materialet i C-horisonten utom att det är mer näringsrikt.

Om markens buffringsförmåga är låg sjunker pH när försurande vätejoner tillförs, antingen via naturliga processer eller antropogen försurning. Vid låga pH-värden ökar urlakningen av näringsämnen, aluminium och lättlösliga metaller, t.ex. kadmium, och dessa transporteras ut i vattendragen. Andra ämnen som fosfor och molybden binds däremot hårdare i marken. Buffring vid måttligt låga pH-värden, 6,2–4,2, sker genom att vätejonerna byts ut mot joner av kalcium, magnesium och kalium, vilka då lakas ur. Om tillgången på dessa joner är stor, t.ex. om berggrunden består av kalksten, är denna buffring mycket effektiv. I urbergsområden är dock detta buffringssystem oftast av underordnad betydelse. Detta beror på att även om granit och gnejs innehåller kalciummineral, t.ex. plagioklas, är vittringsbenägenheten lägre. Sjunker pH under 4,5 sker buffringen med aluminiumjoner som då istället tillförs markvattnet,

ofta tillsammans med bl.a. kadmium, nickel, mangan och zink. Indikationer på vilket buffringssystem som råder, kan beräknas med hjälp av två pH-värden. Den så uppkomna försurningsresistensen visar den procentuella del av ett prov som inte berörs av en pH-sänkning vid tillförsel av vätejoner. Är försurningsresistensen total, dvs. 100 %, råder med all sannolikhet karbonatbuffring. När försurningsresistensen är under 100 % har i stället det effektiva aluminiumbuffringssystemet trätt i kraft. Om tillgången på lättlösliga aluminiummineral är låg sker silikatvittring och jonbytesbuffring istället, vilket är positivt för markvattnet som får tillskott av gynnsamma joner, men förrådet i marken minskar naturligtvis. Detta buffringssystem är ganska långsamt, vilket indikeras av lägre försurningsresistens (runt 90 %). Någon klar gräns mellan de olika buffringssystemen går ej att fastlägga, eftersom de olika systemen överlappar varandra. Neutralisationsprocesserna beror bland annat på markens vittringsbenägenhet och på den katjonbildande förmågan.

### Lakbarhet och associationer

Ett mått på elementens rörlighet är deras lakbarhet, som varierar kraftigt beroende på vilka mineral de sitter bundna i. Hög lakbarhet för ett element anger att en procentuellt stor del av den totala tillgången på elementet blir lösligt vid en tillsats av syra, i detta fall salpetersyra. Detta anger elementets tillgänglighet på sikt för växterna, och för markens neutralisationsförmåga. En låg lakbarhet anger däremot att elementet är hårt bundet i markmineralen och svåråtkomligt.

Olika markmineral har i sin naturliga miljö olika benägenhet att vittra sönder, och det är genom vittring som elementen frigörs. Markmineralen kan därför grupperas efter sin vittringsbenägenhet i stigande grad från de nästan helt vittringsresistenta mineralen kvarts, rutil, titanit och zirkon < kalifältspat, muskovit, natriumrika plagioklaser < hornblände, biotit, klorit, vissa pyroxener < epidot, apatit, olivin, granat, pyroxener och kalciumrika plagioklaser och slutligen de mycket lättvittrade karbonaterna, t.ex. kalcit.

Ett och samma element kan dock uppträda i flera olika mineral och vara olika hårt bundet. Ett sådant element är kalcium, som återfinns i de flesta nämnda mineralen, från den vittringsresistenta titaniten till den mycket lättvittrade kalciten (som bildar bergarten kalksten). Kalium förekommer så gott som enbart i antingen de svårvittrade kalifältspaterna eller i mer lättvittrade biotit, medan magnesium främst återfinns i sådana mineral som vittrar tämligen lätt, dvs. i hornbländegruppen och uppåt. Variationer i lakbarheten av elementen i morän ger därför information om provens mineralogiska sammansättning.

Tillgången av elementen beror således på mineralinnehållet i moränen och miljön moränen befinner sig i, dvs. pH, och om miljön är oxiderande eller reducerande. Genom att kombinera information om ett elements totala spridning i moränen med dess lakbarhet, får man en indikation om en regions geokemiska status.

Förhållandet mellan olika element kan också avslöja lite om mineralinnehållet i marken. Elementen kalcium och strontium är normalt starkt geokemiskt associerade genom sina närliggande jonradier. Det kemiska släktskapet gör att strontium kan ersätta kalcium i mineralens kristallgitter, och strontium förekommer därför i de flesta mineral som innehåller kalcium. I magmatiska bergarter varierar dock förhållandet, eller kvoten, mellan dem beroende på i vilket kristallisationskede bergartens mineral bildats. I ett tidigt kristallisationskede i en svalnande magma dominerar kalciumjonen över strontiumjonen. Detta innebär att andelen kalcium i förhållande till andelen strontium är högre i apatit och pyroxen, eftersom dessa mineral bildas först i den stelrande magman. I senare skeden bildas plagioklaser, och förhållandet mellan elementen ändras så att andelen kalcium minskar medan strontium ökar. Genom att studera mönstret för kvoten mellan dessa element, kan man därför också få en indikation på det mineralogiska innehållet i moränen, förutsatt att moränerna inte består av en alltför komplex blandning av olika bergarter.

## DE KEMISKA ELEMENTEN I NÄRINGSKEDJAN

De kemiska elementen som cirkulerar i miljön härstammar till stor del från marken. Markbundna mineral vittrar och frigör element som sedan kan tas upp av växter och djur. Allt levande är beroende av ett flertal olika grundämnen för att upprätthålla vitala biologiska funktioner. För att organismerna inte skall bli lidande krävs en god balans av tillskott – alltför låga halter kan ge upphov till bristrelaterade sjukdomar medan alltför höga halter å andra sidan kan ge toxiska effekter.

Bristrelaterade eller toxiska sjukdomar hos människor som direkt kan relateras till markens innehåll av grundämnen har dokumenterats på många håll i världen. I Sverige är sådana samband inte vanliga, till stor del beroende på att den kost som idag konsumeras ofta härstammar från många olika håll varför den lokala markens påverkan inte blir så stark. Det bör alltså betonas att sambanden mellan markkemi och människors hälsa är komplexa och ibland svårutredda. Samband som trots allt har påpekats eller antagits i Sverige är bl.a. markradon–lungcancer, selenbrist–hjärtsjukdomar och kadmium i dricksvatten–barndiabetes. Något som anses ha samband med lägre frekvens av uppkomna hjärt- och kärlsjukdomar är närvaron av hårt vatten, dvs. där kalcium och speciellt magnesium är överrepresenterat i dricksvattnet. Dyliga samband har internationellt konstaterats vara relativt vanliga (Karppanen 2002). Under senare tid har även förekomst av uran i dricksvatten identifierats som en riskfaktor (Kurtzio m.fl. 2002), och källan till detta uran är berg- och jordartsrelaterat.

De naturliga ekosystem som omger oss är starkt beroende av den lokala marken och dess innehåll av kemiska element. Oftast har ekosystemen anpassat sig till de förhållanden som råder, men såväl snabba som långsamma miljöförändringar kan innebära starka påfrestningar. Störningar i ekosystemen kan inträffa om belastningar såsom kraftig förorening av tungmetaller eller sura regn påverkar balansen av metaller och näringsämnen.

Av de karterade elementen har bl.a. följande dokumenterat skadliga effekter på levande organismer, om elementet förekommer i ”rätt” form och halterna är tillräckligt höga: aluminium, antimon, arsenik, bly, kadmium, kobolt, koppar, krom, mangan, molybden, nickel, silver, tallium, tenn, uran, vanadin, vismut och zink. Det bör påpekas att även om halter av potentiellt skadliga element i denna rapport klassas som höga på den skala som används, innebär detta inte automatiskt att risk för negativ miljöpåverkan föreligger. Dels kan elementen vara relativt hårt bundna till mineral, dels kan förekomst av element med antagonistisk effekt (t.ex. kadmium–selen) påverka eventuella risker. För konkreta riskbedömningar krävs normalt omfattande undersökningar.

## METODIK

### Provtagning

För karteringsändamål insamlas moränprover med kriterierna att de ska vara representativa för regionen och att om möjligt tillhöra typen sandig eller sandig-siltig morän. Dessutom skall potentiellt förorenade områden undvikas.

Avståndet mellan proverna är ca 2,5 km, vilket innebär att det insamlas ungefär 15 prover per kvadratmil. Vid provtagningen genomgrävs markprofilen för hand med spade och spett. Man får därigenom god möjlighet att upptäcka om provet av någon anledning är olämpligt att ta, på grund av svallning, växttrötter, djupt gående markprocesser, underliggande sediment etc. (fig. 1). Provet, som uppgår till ca 0,8 kg, tas sedan ett stycke ner i C-horisonten (normalt 0,7–1,2 meter) genom att material slås loss på några ställen i gropens botten. Analyserna från dessa prover utgör därför en relativt homogen och jämförbar statistisk population, där förutsättningarna för grundämnenas haltvariation bygger på olikheter i ursprunglig kemisk sammansättning.

Sedimentproverna tas på 1 m djup men geografiskt har de oftast inte samma utbredning som moränprover. En skillnad mellan de båda provtyperna är att vid tolkning av geokemiska mönster är det betydligt färre faktorer som påverkar moränens metallhalt än vad gäller sediment. Moränens C-horisont är så gott som uteslutande geologiskt relaterad, medan ett flertal faktorer som skilda markförhållanden och oxiderande eller reducerande miljö påverkar sedimentens metallstatus.

### Provberedning

Moränproverna vakuumtorkas och siktas på nylonsikt med 0,063 mm maskvidd. Anledningen till att proverna fraktioneras före analys, är att den så kallade finfraktionen (<0,063 mm) så gott som uteslutande innehåller monomineralkorn. Grövre fraktioner består av dubbelkorn, vilket ökar haltvariationen vid upprepad provtagning och analys. Det är därmed betydligt svårare att ta representativa prover och att få reproducerbarhet i analyserna. Finfraktionen behöver inte heller malas före analys, vilket annars kan ge oönskad kontaminering av proven.

Ett urval av moränproven analyseras även på fraktionen <2,0 mm. Detta görs för att erhålla information om sambanden mellan ämneshalter i de två fraktionerna, eftersom fraktionen <2,0 mm ofta föredras inom miljö- och skogssektorn. Sedimentproven siktas endast på nylonsikt med 2 mm maskvidd.

I samband med siktningen testas samtliga prover med saltsyra (HCl) för att detektera eventuellt kalkinnehåll. Fraktionerna över 0,063 mm samt den mängd material <0,063 mm som inte behövs för analysen, sparas i en provbank för eventuella framtida analyser.

### Analysering

Ett fyrtiotal grundämnen analyseras och ämnens haltvariation bygger på olikheter i ursprunglig kemisk sammansättning av jordarterna. Analyserna görs av morän med kornstorlek <0,063 mm och av morän och sediment med kornstorlek <2 mm med hjälp flera olika analysmetoder. Moränfraktionen <0,063 mm samt morän och sediment <2 mm analyseras med uppslutning i 7M HNO<sub>3</sub> (salpetersyra) och ICP-MS, moränfraktionen <0,063 mm dessutom med XRF (röntgenfluorescens) och med uppslutning i kungsvatten och ICP-MS. Jordarternas surhetsgrad anges efter en pH-bestämning av proverna med uppslamning i avjoniserat vatten. Med ytterligare en pH-mätning efter tillsättning av vätejoner i form av utspädd svavelsyra (0,005 M), beräknas provets förmåga att motstå surt markvatten, dvs. dess buffertkapacitet eller försurningsresistens (hädanefter används begreppet försurningsresistens). Värt att notera är att pH ligger 0,5–1 enhet lägre i fraktionen <0,063 mm, jämfört med pH mätt i fraktionen <2,0 mm. Detta beror med all sannolikhet på att den finare fraktionen innehåller fler partiklar per gram torkat prov vilket ger större sammanlagd partikelyta och det är vid markpartiklar vätejoner adsorberas. Större sammanlagd partikelyta medför alltså fler vätejoner som i sin tur medför lägre pH-värde. Eftersom pH-skalan är logaritmisk innebär varje sänkning med en pH-enhet att halten vätejoner i lösningen ökar tiofalt.

Parametrar av fullgod eller tillfredsställande analytisk kvalitet som ingår i den geokemiska referenssamlingen är: pH, pH1, Ag, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, As, Au, BaO, Be, Bi, CaO, Cd, Cl, Co, Cr, Cu,



Fig. 1. Typisk grop för markgeokemisk provtagning av morän.

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O, La, Li, MgO, MnO, Mo, Na<sub>2</sub>O, Ni, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Pb, Rb, S, Sb, Se, Sn, Sr, Th, TiO<sub>2</sub>, Tl, U, V, W, Y, Zn och Zr. Utöver dessa finns dessutom ett fåtal grundämnen av sämre kvalitet, t.ex. Br, som i vissa fall kan användas som indikativa.

## KVALITETSKONTROLL AV ANALYSER

Vid all hantering av analyser är en omfattande kvalitetskontroll nödvändig. Varianser, dvs. haltvariationer, kan uppstå och uppstår i princip i varje enskilt skede vid en geokemisk kartering. Genom att undersöka dubbelprov (replik) tagna i fält undersöks den s.k. totalvariansen. I denna ingår varianser som uppkommer p.g.a. småskalig inhomogenitet i moräners sammansättning (som normalt är relativt liten, undantaget guld som uppvisar en s.k. kluster- eller nuggeteffekt) och varianser uppkomna vid torkning, siktning, uppvägning, uppslutning och analys. Även analysvariansen undersöks, detta med hjälp av internt standardprov.

Med hjälp av statistisk och visuell granskning kan fel upptäckas och åtgärdas. För offentliggörande av grundämnenas analyser krävs att dessa har kvalitetsklassats som tillfredsställande och däröver. Olika varianter på kvalitetskontroll tillämpas vid geokemiska undersökningsprojekt även av andra länders motsvarighet till SGU.

## ELEMENTKARTOR

I föreliggande rapport redovisas ett antal analysparametrar i form av singelelementkartor och beräknade (tematiska) kartor utvisande prognos för baskatjonbildning och försurningsresistens huvudsakligen i kartskala 1:1 miljon. Utöver de presenterade kartorna finns för metallerna guld, koppar, bly, zink, kobolt, nickel, krom och vanadin s.k. plot-on-demand-kartor i skala 1:250 000. Plot-on-demand-kartorna visar metallernas totalhalter utom för guld där kungsvattenlakade halter används. I A3-format finns kartor och kortfattad text för pH och några av de metaller som anses relevanta för området. Informationen i A3-format visar salpetersyralakad frekvens av metallerna i aktuellt undersökningsområde och ställer undersökningsområdets metallhalter i relation till de gränsvärden för känslig markanvändning som Naturvårdsverket tagit fram. För beställning av dessa eller för kartframställning i andra skalor eller av andra element kontakta Kundtjänst på SGU.

De uppfärgade kartorna i denna rapport är gjorda efter att de geografiskt oregelbundet placerade analysvärdena gjorts om till ett regelbundet punktnät (grid) med interpolerade värden. Den färgade ytan visar därmed endast en matematiskt beräknad halt (eller annan parameter), och skall därför behandlas med viss försiktighet. Detta innebär också att den färgade ytan kommer att täcka även områden med andra sediment än morän, och i sådana områden kan avvikelser mellan reell och beräknad halt vara signifikanta. För att få en uppfattning om provtagningstäthet för morän respektive sediment, är varje provlokal markerad som en punkt på färgkartorna. Färgskalorna för markgeokemiska elementkartor är satta från grönt (låga halter) till rött (höga halter), för tematiska kartor används andra färgskalor för att undvika sammanblandning. Oberoende av färgskala är det viktigt att påpeka att höga halter eller andra värden inte automatiskt innebär att t.ex. någon risk för negativ miljöpåverkan föreligger – färgskalan används främst för att sätta olika geokemiska regioner i relation till varandra. Klassindelningar med percentiler på färgkartorna grundar sig på rikets klassindelning, om ej annat anges, som baserats på landets hela referenssamling för respektive element och analystyp. För de enskilda kommunerna är det ett illustrativt sätt att se hur kommunens halter av metaller ligger jämfört med landet i övrigt.

I tabellbilagan (s. 68–83) ges jämförande percentiler för det aktuella kartområdet respektive de enskilda kommunerna.

## METALLHALTER

Naturliga metallhalter överstiger ibland gräns- och riktvärden för förorenad mark. För de flesta metaller inträffar detta relativt sällan, men speciellt elementen arsenik, kadmium och nickel uppträder på grund av geologiska orsaker ibland i halter som på vissa ställen i landet kraftigt överstiger riktvärdet för känslig markanvändning. En skillnad mellan SGUs markvärden i morän och Naturvårdsverkets gränsvärden för känslig markanvändning (KM-värden, Naturvårdsverket 1999) är att de förra mäts i fraktion <0,063 mm, medan de senare mäts i fraktion <2 mm. Analysmetoden är dock densamma med salpetersyralakning av prov. Schablonmässigt kan man räkna med att halterna i moränfraktion <2 mm är ca 2/3 av halterna i fraktion <0,063 mm. SGU-värden som ligger strax över KM-värdet skall därför ses som indikativa. Sedan 1999 har dock SGU analyserat en del av moränproven även på fraktionen <2 mm, och resultaten visar att korrelationen för tungmetaller mellan de två fraktionerna är utmärkt. Generellt kan man multiplicera analysvärden från finfraktionen i morän med faktor 0,7 för jämförelse med KM-värdena, medan man direkt kan jämföra SGUs sedimentprov som siktas på fraktion <2 mm. Erfarenhetsmässigt vet man också att om en punkt har kraftigt förhöjd metallhalt är sannolikheten mycket stor för att finna ännu högre metallhalter i närområdet. Det är därför fullt möjligt att på de markgeokemiska kartorna använda KM-värden som jämförandevärden när man skall bedöma ett områdes metallbelastning.

## GEOLOGIN I OMRÅDET

För utförlig information om berggrund och jordarter i undersökningsområdet hänvisas till andra produkter i SGUs publikationsserier. Kortfattat beskrivs geologin som är relevant för den geokemiska tolkningen, se översiktlig berggrundskarta (fig. 2).

### Översiktlig bergartsbeskrivning

Svekofenniska ytbergarter i form av kiselrika metavulkaniter påträffas nordväst, väster och söder om Mälaren, de senare som band med utsträckning i öst-västlig riktning (gul färg på kartan). Inlagringar av urkalksten förekommer i samband med dessa och särskilt i malmfälten (Riddarhyttefältet respektive Salatrakten) väster och norr om det karterade området ingår också sulfidmineraliseringar i denna bergartssekvens (mörkblå).

Gnejsomvandlade metaareniter (bl.a. gråvackor) utgör sedimentådergnejsjer och bildar ställvis stora sammanhängande enheter som i sydöstra delen av Västerås kommun och södra delen av Eskilstuna kommun och söderut (ljusblå). Omvandlingen har i stora delar varit betydande, grundämnen har kommit i lösning, rört sig och lagts fast igen i nya mineralformer.

Svekofenniska djupbergarter i form av granit, granodiorit och tonalit (s.k. urgraniter), som ofta är gnejsiga och delvis omvandlade (migmatitiserade) återfinns i stort sett i hela undersökningsområdet (ljusbrun). I bergarter av granodioritisk sammansättning förekommer mörka mineral som biotit och hornblände. Kalifältspat är det dominerande fältspatmineralet i granit, medan plagioklas är det i granodiorit. Tonalit och kvartsdiorit saknar i princip kalifältspat, medan plagioklasinnehållet är stort. I samtliga dessa bergarter, med undantag av i kvartsdioritiska sammansättningar, förekommer ungefär lika kvartshalter. I tonalit och kvartsdiorit dominerar hornblände bland de mörka mineralen.

Norr om Mälaren uppträder gabbro, en basisk bergart med kalciumrik plagioklas samt mörka mineral som exempelvis pyroxen, hornblände, biotit och ibland olivin (grön). Även titanit, magnetit, epidot och apatit finns och ställvis pyrit.

Yngre är den porfyriska Fellingsbrograniten, som påträffas väster om Köping och norr om Hallsthammar liksom s.k. yngre graniter som kan påträffas söder om Mälaren och väster om

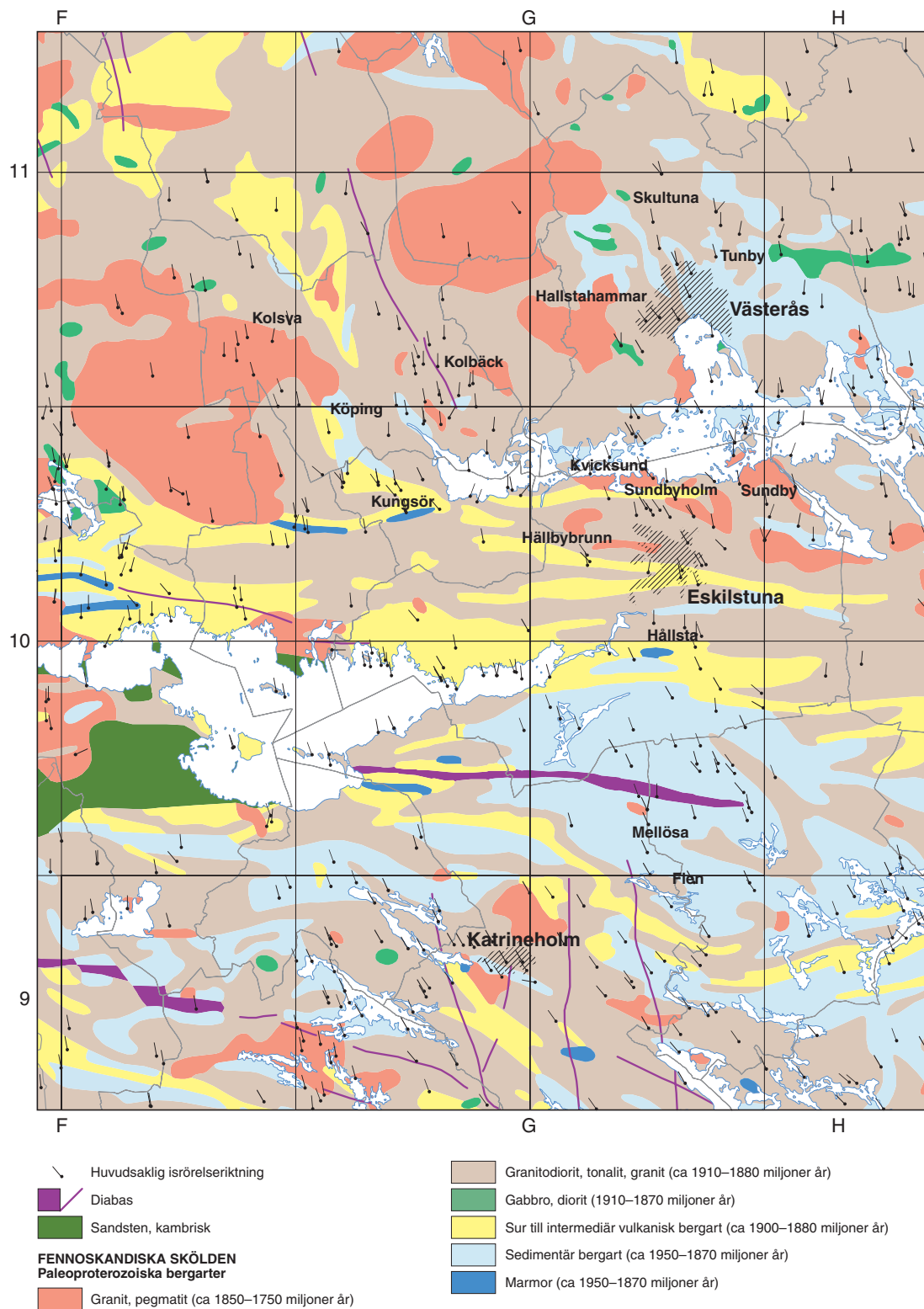


Fig. 2. Översiktlig berggrundskarta.

Västerås, där en mer pegmatitrik variant även uppträder (rödbrun). Kvarts, kalifältspat, plagioklas, biotit, hornblände och någon gång pyroxen eller muskovit återfinns i graniterna. Dessa bergarter är också tämligen rika på kalium och zirkonium. De uppvisar ställvis en hög strålning. Pegmatiterna kan också innehålla bland annat magnetit, muskovit, epidot och granat.

Diabaser av olika ålder återfinns främst i södra delen av undersökningsområdet, öster om Hjälmaran, och då främst i form av gångar i öst–västlig och nordnordvästlig riktning (lila). Diabasen innehåller oftast kalciumrik plagioklas, hornblände, pyroxen, olivin och magnetit, alltså i stort sett samma mineral som gabbro.

## **Malmmineraliseringar och industrimineral**

Inom området förekommer ett fåtal kända mineraliseringar, exempelvis Alnäs molybdengruva nordväst om Västerås. Några små sulfidrika partier i granit och gnejser har också noterats, t.ex. öster om Toftsjön i norra delen av Västerås kommun och norr om Tunby i norra delen av Västerås stad. Vid Svarthällsgruvan väster om Kungsör, finns s.k. svartmalm (järnmalm som huvudsakligen består av magnetit) med bl.a. blyglans och zinkblände i skarnmineralisering.

I de öst–västliga stråk med metavulkaniska bergarter som finns söder om Mälaren uppträder ställvis en del kismineraliseringar, t.ex. i östra delen av Eskilstuna kommun. Sydväst om Flen, även det i stråk av metavulkanit, återfinns en del nedlagda järnmalmgruvor.

Nyttosten som kvarts och fältspat har också brutits, exempelvis i Kolsva, som räknas som Sveriges största fältspatbrott där brytning började i mitten av 1800-talet, men som i stort sett är utbruten. Bergarterna som brytning ägt rum i är ofta pegmatit, yngre granit eller gnejsig granit.

## **Kvartär utveckling**

Morän och lera är de dominerande jordarterna inom undersökningsområdet och de förekommer i ungefär lika stor utsträckning (fig. 3). Hela området var täckt av vatten efter inlandsisens avsmältning och moränen har därför under landhöjningens gång utsatts för svallning vars intensitet främst beror på terrängläget. På de högsta höjderna är svallningsgraden ofta påtaglig.

Isrörelseriktningen i form av isräfflor indikerar en rörelse som i norra delen är från nordnordväst, i södra delen mer nordvästlig. I de östra delarna finns riktningar från nordnordost. Runt de stora rullstensåsarna kan man ibland se en vridning av isrörelsen in mot de kalvningbukter som sannolikt fanns i anslutning till isälvarnas mynningar.

Isrörelseriktning i form av uthållighet i de geokemiska elementmönstren kan utgöra ett komplement till den räffelbild som finns, och vid mer noggranna studier i vissa områden troligen användas som indikation av transportlängd.

## **Morän**

Den vanligaste moräntypen i undersökningsområdet är sandig. Det finns även grusig-sandig morän, vanligast i västra delen, eller t.o.m. stenig morän som förekommer i nordöstra delen av området. Blockrik eller storblockig morän påträffas också på många håll inom området, bland annat i den norra delen.

Moränernas ytformer är i regel starkt beroende av berggrundsytans brutenhet och vanligen är moränytan småkuperad. Ändmoräner är vanligt förekommande norr och söder om Mälaren. De utgörs ofta av tydliga moränvallar som sticker upp ett par meter i omgivande lerområden. De har sällan någon nämnvärd utsträckning, men är utbildade parallellt med inlandsisens frontlinje. Ändmoränerna skiljer sig inte generellt i sammansättningen från flackare moränytor.

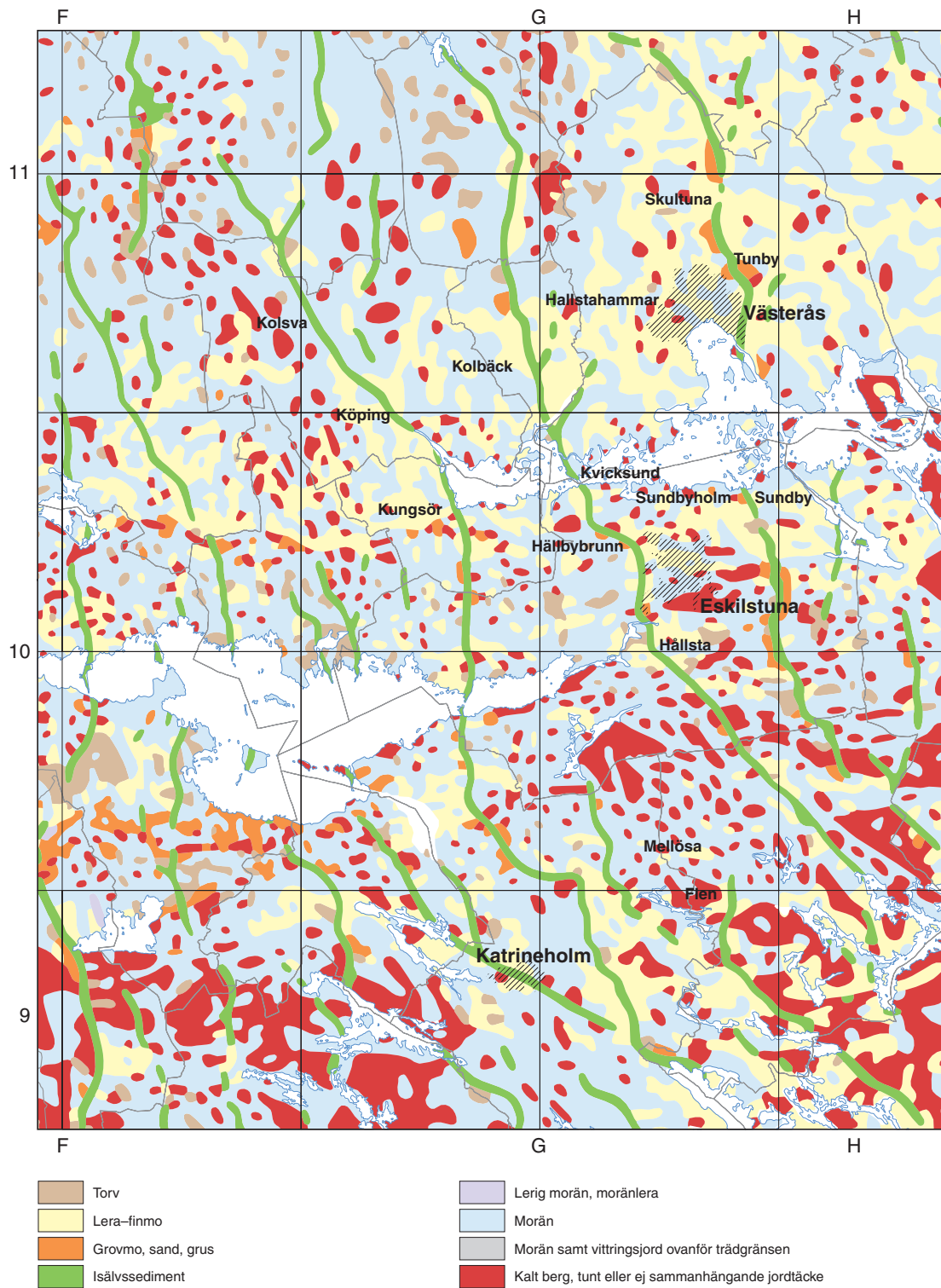


Fig. 3. Översiktlig jordartskarta.

Moränerna bildar också ryggar som är utbildade i isrörelsens huvudriktning. De är därför nästan alltid utsträckta nordväst–sydost. Ibland syns en häll i den norra delen av moränryggen som därför betraktas som en läsidesbildning. Exempel på en större sådan finns väster om Köping. Ytan på läsidesmoräner kan vara blockrika medan sänkorna emellan är normalblockiga.

### ***Isälvsavlagringar***

Isälvsavlagringarna i undersökningsområdet har bildat de åsar av mellansvensk typ som återfinns över hela området. Till huvudåsarna ansluter också ofta biåsar. Från väster mot öster ses Köpingsåsen, Strömsholmsåsen och Badelundaåsen. Samtliga börjar norr om undersökningsområdet, sträcker söderut i isrörelseriktningen och kan följas även söder om Mälaren. I söder finns också markerade stråk med isälvsmaterial, bland annat Katrineholmsåsen, som grenar sig och vars nordliga del går under benämningen Köpingsåsen på norra sidan om Hjälmaran.

### ***Glacial lera***

Den glaciala leran förekommer i två utbildningsformer. Den ena är en rödaktig lera som är homogen eller har tunna moskikt. Den andra är mörkgrå och uppträder vanligen mellan den rödaktiga leran och postglacial lera. Vissa skillnader finns mellan de båda lertyperna. Den mörkgrå leran är finkornigare och innehåller mer järn och organiskt material, men det finns inga skillnader i lermineralogi eller svavelhalt. Orsaken är med all sannolikhet markförhållanden, att den mörka leran har mer reducerande miljö (Magnusson 1979). Mäktigheten hos glacialleran är mycket varierande. Vanligast är ett par meter, men mäktigheter på upp till 15 m finns också.

### ***Postglacial lera***

Den postglaciala leran överlagrar ofta glacialleran. Färgen är grå till blågrå, ibland med sulfidbandning. Leran har bildats genom svallning och omlagring av finkorniga sediment och också genom svallning av morän. Leran indelas i finlera eller grovlera beroende på lerhalt. Runt Mälaren och väster om Mälaren finns stora sammanhängande arealer med postglacial lera. Till de postglaciala finsedimenten hör också finmo och mjåla, som ibland kan finnas i anslutning till åsarna.

### ***Svallsediment***

Svallsediment förekommer ofta i anslutning till åsarnas sidor och särskilt vid Badelundaåsen har sand och grovmo förts ut och avlagrats på lera. Även i moränområden med svallat ytskikt kan man iaktta arealer med sand och grovmo som svallats ur moränen och avsatts i lägre liggande terräng.

### ***Svämsediment***

Svämsediment kan förekomma i smala bårder runt vattendragen i området, men de har vanligtvis inte stor areell utbredning. De har ofta högt organiskt innehåll och överlagrar andra sediment i mer eller mindre tunna skikt. Även tunna lager av lera och mo kan ingå.



## Geokemiska mönster

Olika bergarter har olika mineralinnehåll vilket ofta avslöjar sig i form av distinkta geokemiska mönster. Dessa mönster, dvs. områden med höga eller låga elementhalter, kallas anomalier. I undersökningsområdet har flera av bergarterna liknande mineralbild och elementuppsättning och uppträder dessutom i mindre enheter tvärs inlandsisens rörelseriktning. Detta tillsammans med att isen omlagrat och transporterat såväl gamla jordarter som lossbrutet bergartsmaterial och avsatt det som morän, gör att de geokemiska mönstren är sammansatta, vävs in i varandra och ger i den här redovisningen endast möjlighet till generella tolkningar.

Elementfördelningen i regionen avseende morän visar i form av geokemiska mönster en del skillnader i jämförelse med hela landet. Generellt har regionens moräner något högre innehåll av beryllium, bly, klor, rubidium, silver, tenn, torium, uran och vismut och ett lägre innehåll av antimon, barium, fosfor, kalcium, natrium, strontium och zirkon. Denna fördelning av elementen indikerar det rika innehållet av glimrar och lermineral i moränerna medan innehållet är lägre av t.ex. amfibol och pyroxener.

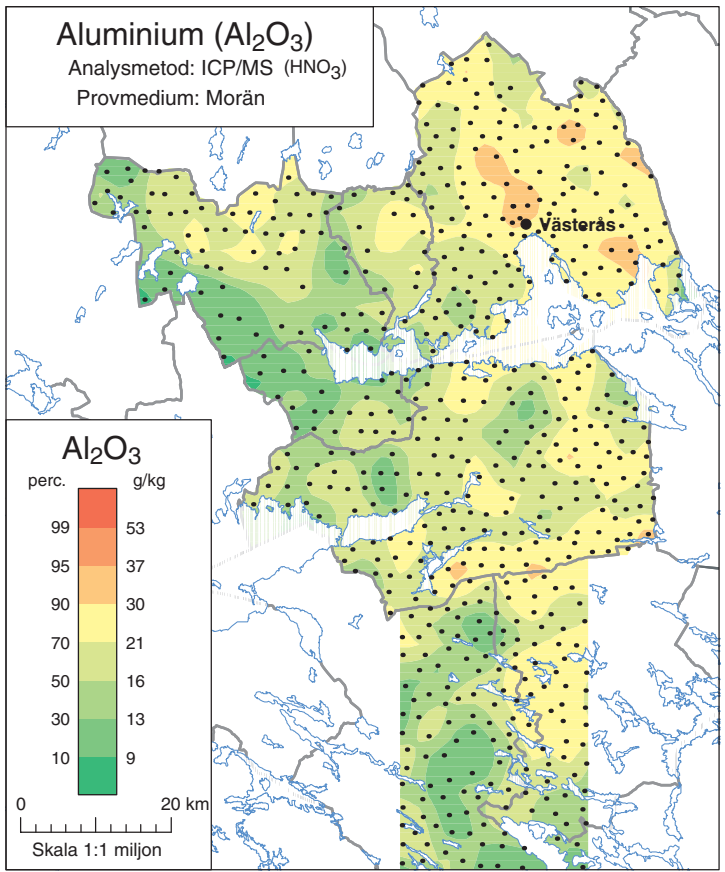
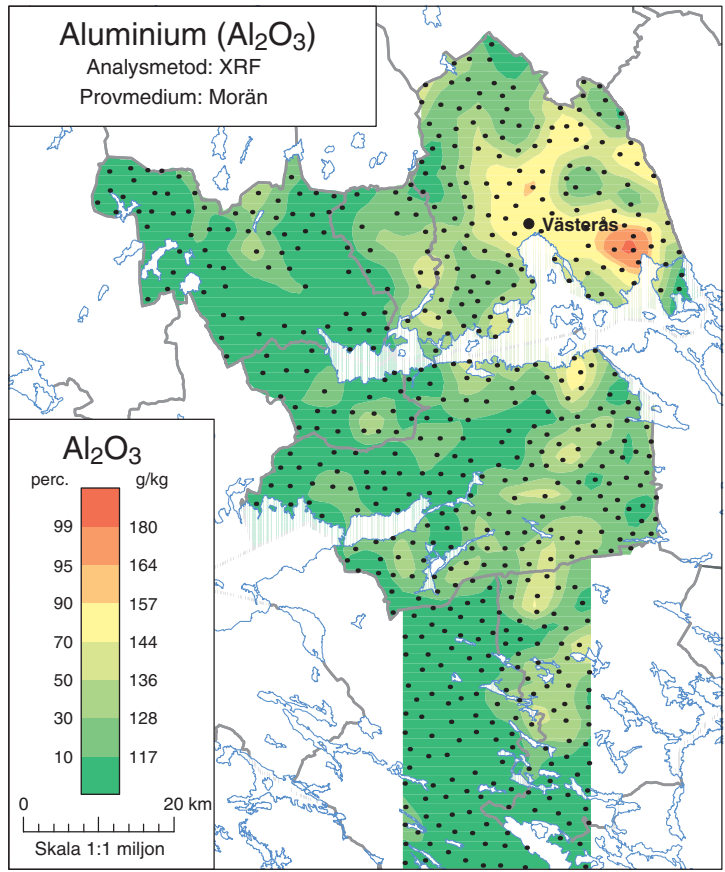
Kopplingen mellan bergarter och element kan exempelvis ses i mönstret för uran i Västerås kommun där radioaktiva mineral i de yngre graniterna ger anomalier av uran i moränen i västra delen av kommunen. Granitiskt bergartsmaterial ger sig också till känna som förhöjningar bland annat av bly, tenn och molybden, också främst i den västra delen. De med granit närbesläktade pegmatitområdena har ofta förhöjningar på ett flertal olika element – bland dem tenn, bly, vismut, klor m.fl. Morän med innehåll av kvartsrika bergarter och med lågt innehåll av basiska mineral avslöjas också som lågområden för magnesium, krom, nickel, vanadin m.fl. Metasedimentgnejser är rikare på basiska mineral och får därmed förhöjningar av dessa element. Arsenik, kobolt, koppar, svavel, selen m.fl. följer metasedimentgnejsområdena ganska väl. Inslag av kism mineral kan förekomma i graniter, vulkaniter, basiter och även i metasedimentära bergarter. Därav följer att regionen kan ha förhöjningar i moränen av metaller associerade till kism mineral, t.ex. zink, bly, kadmium och nickel som härrör från olika bergartsled.

### *Aluminium (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)*

De flesta bergarter innehåller aluminium i någon form och vanligen i mineral som fältspater, glimrar och lermineral. Silikatmineral som är bildade genom omvandling av aluminiumrika sedimentleror har normalt de högsta halterna och sådana är vanliga t.ex. i kvartsiter, gnejser och skifferar. Ljus glimmer (muskovit) är generellt mer rik på Al än mörk glimmer (biotit). För industriell framställning av aluminium är silikatmineralen andalusit, kyanit och sillimanit intressanta, alla med sammansättningen Al<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub>.

Huvudelementet aluminium uppträder i undersökningsområdets moräner med totalhalter som i relation till övriga landet är ganska låga. De syralakade halterna ligger på en medelhög nivå. I områden där totalhalterna är förhöjda är också syralakade halter förhöjda. Förhöjningar av högre eller lägre grad förekommer där moränerna har störst inslag av omvandlade sedimentbergarter, som t.ex. i områdena med sedimentådergnejser i Västeråstrakten och norr och öster därom samt i de östra och södra delarna av Eskilstuna kommun. Omvandlingsmineralet sillimanit är också vanligt förekommande i dessa bergarter. Lakbarheten för elementet är hög i några områden, exempelvis norr om Hjälmaran, där sannolikt intrusiv av metabasit innehåller aluminiumbärande lättlösliga mineral som ingår i moränen. Låga halter förekommer i de västra och södra delarna av undersökningsområdet där inslagen av granitiska bergarter och sura metavulkaniter dominerar moränsammansättningen.

Lerornas aluminiumhalter ligger på en medelhög nivå jämfört med landet i övrigt. Några kraftiga förhöjningar finns inte.

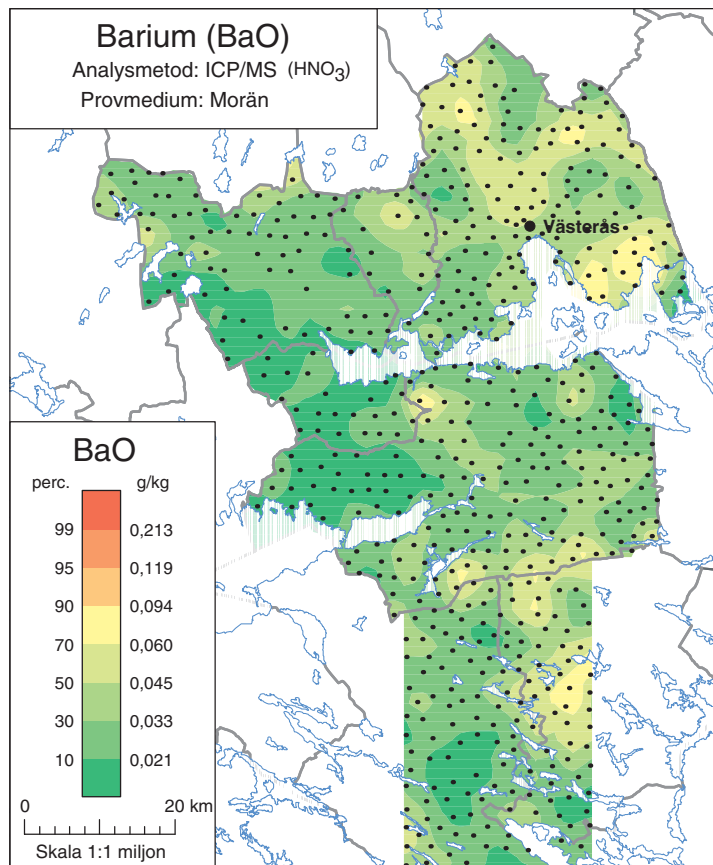
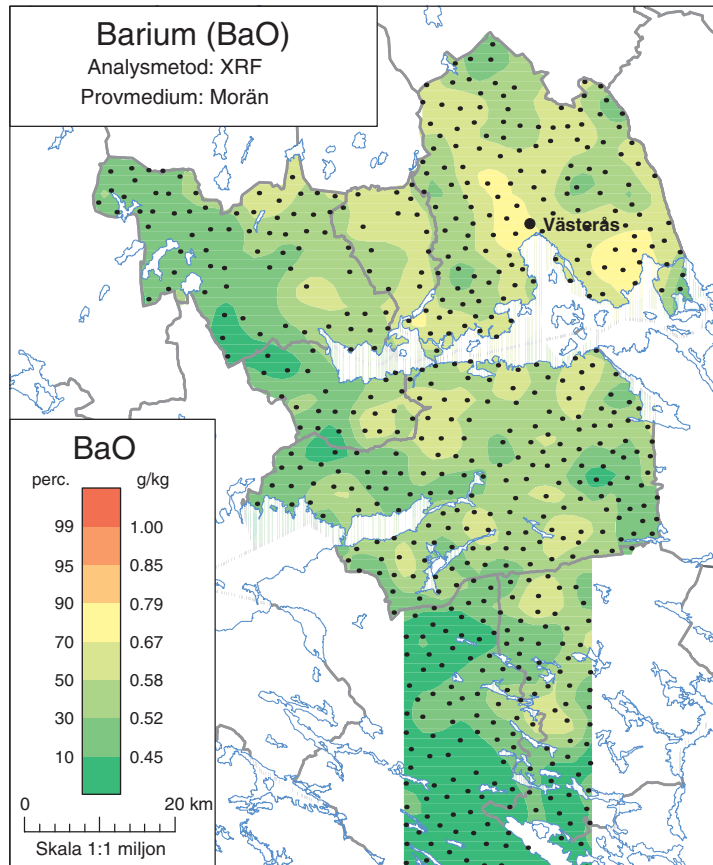


### **Barium (BaO)**

I områdets bergarter är det granodioriter, sedimentådergnejser och metadiabas som har störst bariuminnehåll. Även den porfyrisk graniten innehåller en del barium medan innehållet är lågt i amfibolit och gabbro. Mineralogiskt förekommer barium främst i fältspater och biotit, men kan även bilda baryt ( $\text{BaSO}_4$ ), ett mineral som ofta förekommer i samband med sulfidmineraliseringar. Geokemiskt associeras barium med kalium och kan lätt ersätta kalium i bergartsbildande mineral. Vid vittring adsorberas elementet av hydroxider och oxider, faller ut till sulfater och karbonater eller binds till lermineral.

Jämfört med landet i övrigt är totalhalterna av barium i morän relativt låga och likaså de syralakade halterna. De geokemiska mönstren följer varandra ganska väl med måttliga förhöjningar i Västeråstrakten och öster därom som kan knytas till sedimentådergnejserna där. Den porfyrisk graniten (Fellingsbrograniten) och dess moräner norr om Hallstahammar har också gett förhöjningar i bariummönstret för båda analysmetoderna. Däremot finns i östra delen av Eskilstuna kommun en del gångförekomster med metadiabas, som enligt bergartsanalyser är rika på barium. Området markeras inte alls för totalhalterna av barium, men är svagt förhöjt av syralakat barium, vilket anger att barium här ingår i mineral med god löslighet.

Lerorna har medelhöga bariumphalter jämfört med landet i övrigt och spridda förhöjningar över området ses tillsammans med bl.a. magnesium.

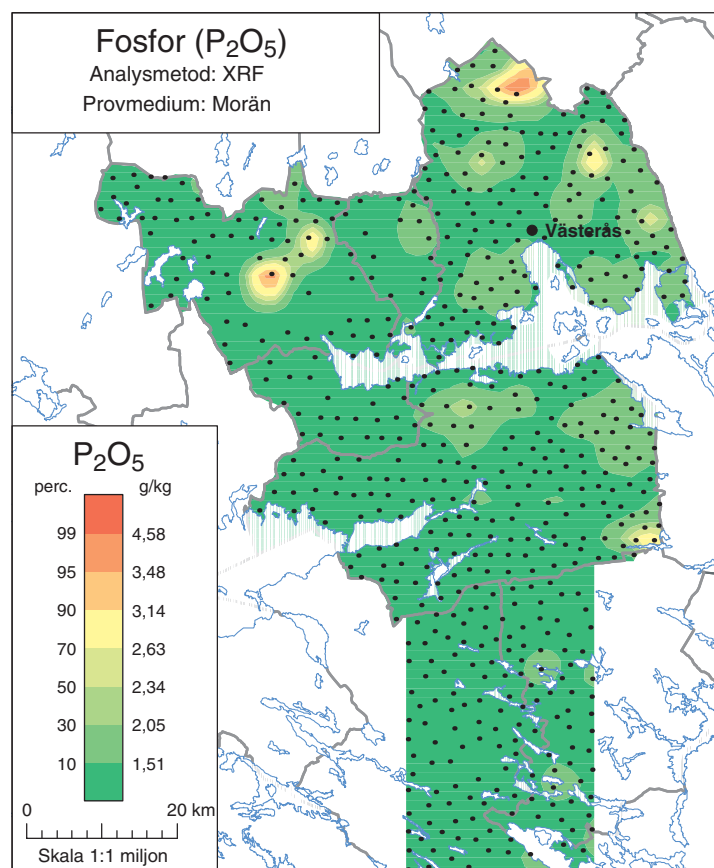


## Fosfor ( $P_2O_5$ )

Högst fosforhalter återfinns vanligtvis bland basiska bergarter. Lite lägre är halterna i sediment-ådergnejsler och graniter. Mineralogiskt uppträder fosfor i apatit, monazit och andra fosfater, men kan också ingå i fältspater, glimrar, pyroxener, granat m.fl. Apatit,  $Ca_5(PO_4)_3(F,Cl,OH)$ , och andra fosforhaltiga mineral kan uppträda i pegmatiter.

I undersökningsområdets moräner är totalhalter liksom syralakade halter av fosfor låga jämfört med landet i övrigt. Lakbarheten för elementet är hög vilket anger att elementet ingår i lösliga mineral, troligen främst i apatit som vanligtvis är huvudkällan för fosfor. De geokemiska mönstren är också likartade. Svagt förhöjda halter av fosfor som kan kopplas till basiskt bergartsinslag i moränerna finns bl.a. vid Skultuna, vid länsgränsen mot Uppland och nordväst om Eskilstuna. Områden där även pegmatitblandning kan ha gett fosfortillskott kan ses sydväst om Västerås och vid Sörfjärden öster om Eskilstuna. Något starkare förhöjningar återfinns mellan Kolsva och Köping i ett område med gnejsig granit, samt i den nordligaste delen av Västerås kommun i ett område med förekomster av såväl basiska bergarter som pegmatiter. Moräner som domineras av graniter, metavulkaniter och sedimentgnejs har låga fosforhalter i sina moräner.

Även lerorna har tämligen låga fosforhalter. Söder om Hallstahammar och norr om Västerås återfinns lätt förhöjda halter.

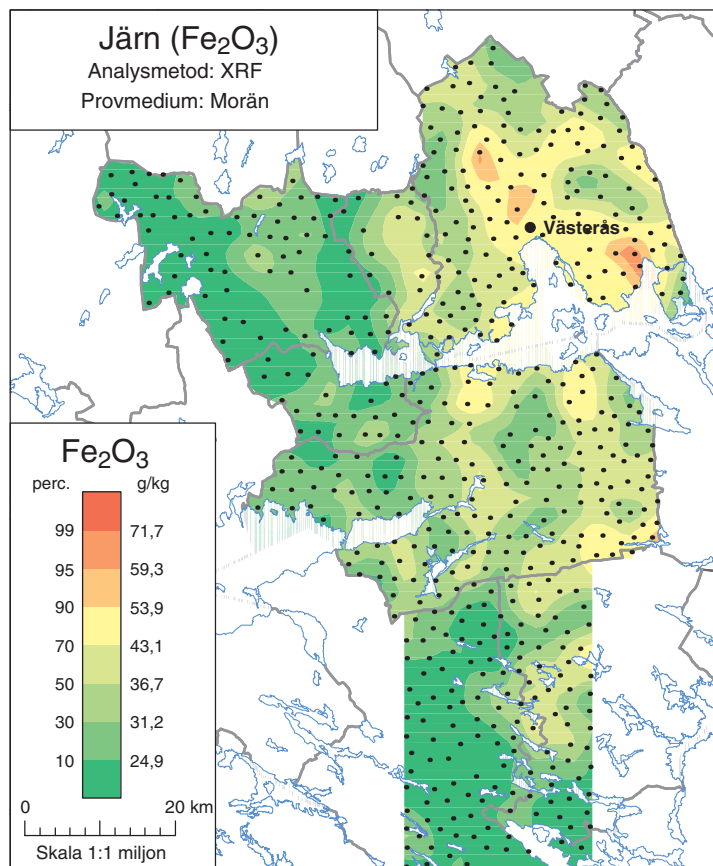


## Järn ( $Fe_2O_3$ )

Huvudelementet järn ingår i de flesta bergarter och uppträder i flera olika, vanliga mineralgrupper: amfiboler, pyroxener, glimrar (särskilt mörk glimmer) och olivin. Järn ingår även i sulfidmineral, t.ex. arsenikkis, kopparkis och svavelkis och i oxider som t.ex. järnmalmsmineralen magnetit ( $Fe_3O_4$ ) och hematit ( $Fe_2O_3$ ). De högsta koncentrationerna i bergarter återfinns i ultramafiska bergarter och järninnehållet minskar med ökande surhetsgrad hos bergarterna.

Totalhalterna och även de syralakade halterna av järn i moränerna är tämligen normala jämfört med landet i övrigt. De geokemiska mönstren för de båda analysmetoderna är också lika. Järn bildar tillsammans med bland annat Mg, Mn, V, Ni och Co en "mafisk" elementgrupp där förhöjningar vanligtvis uppträder i samma moränområden. Precis som för nickel och kobolt, markeras det basiska inslaget i gnejsområdena norr om Mälaren med högst järnförhöjningar i moränen. Mindre områden med metabasiter söder om Mälaren har också förhöjningar av flera av elementen i den mafiska gruppen.

Järnhalterna i lerorna är medelhöga jämfört med landet i övrigt.

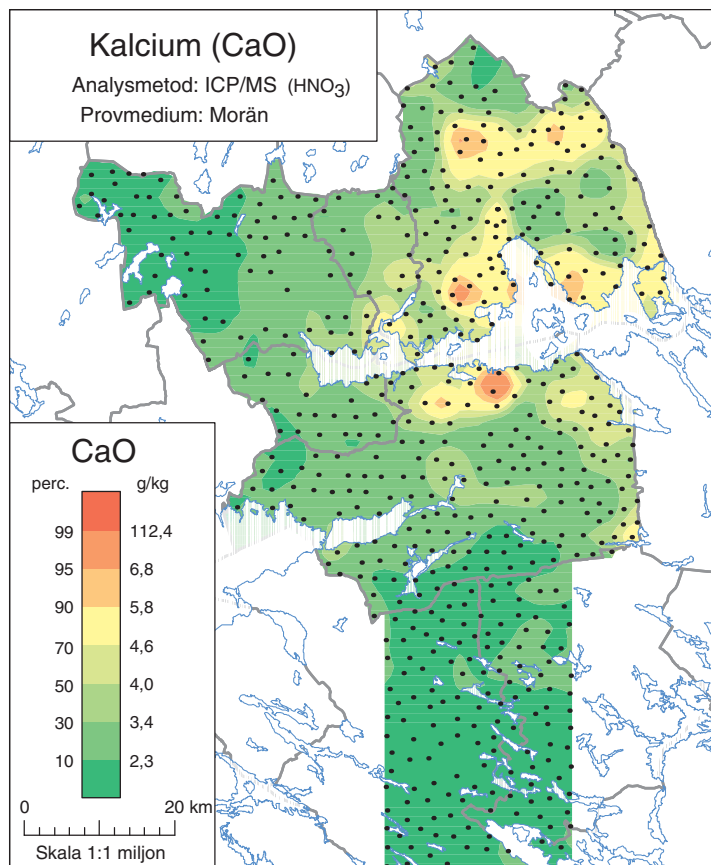


## Kalcium (CaO)

I bergarter förekommer huvudelementet kalcium i flera vanliga mineral, exempelvis karbonater, amfiboler, pyroxener, apatit, fältspater. Kalksten har de högsta halterna, därefter basiska bergarter och glimmerrika led i sedimentådergnejser. Graniter och pegmatiter har lågt kalciuminnehåll.

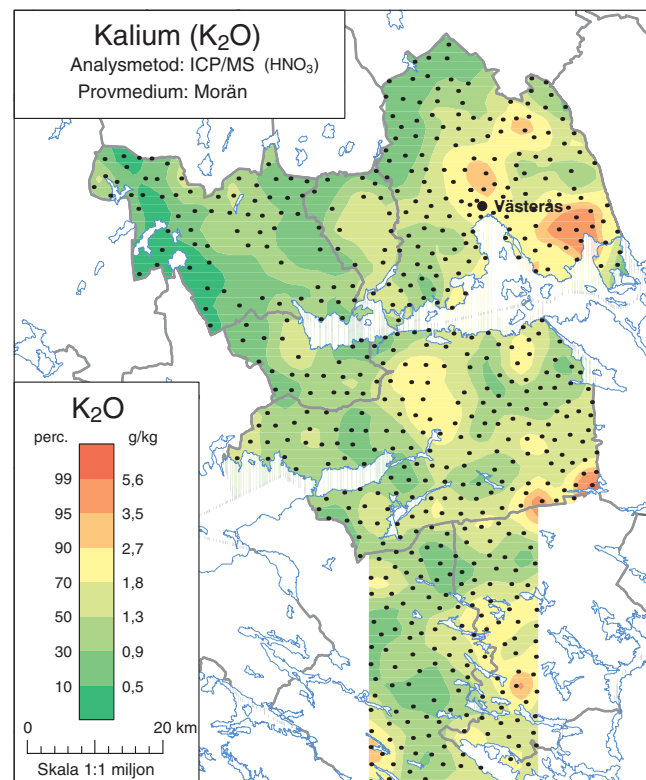
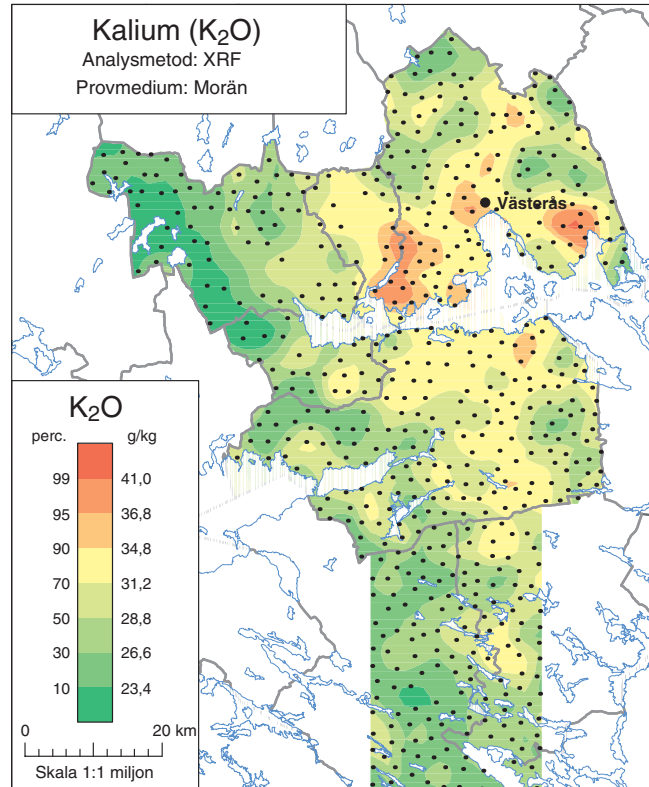
Undersökningsområdets moräner har mycket låga totalhalter av kalcium jämfört med landet i övrigt och även de syralakade halterna ligger generellt på en ganska låg nivå. De förhöjningar som finns kan kopplas till massiv av gabbro, exempelvis i Skultunatrakten och Hällbybrunn, likaså mellan Kolbäck och Västerås. De gabbromassiv som finns i östra delen av Västerås har dock ej gett spår i moränen. Urkalksten, som uppträder ställvis särskilt söder om Mälaren har ej heller gett tydliga spår i moränerna, även om en mycket svag väst-östlig förhöjning söder om Eskilstuna möjligen kan knytas till dessa. I nordöstra delen av Eskilstuna kommun är det basiska inslaget i granodioriter högre än i gnejserna väster därom, vilket kan ses i moränens geokemiska mönster för kalcium med något högre halter i de förra.

Lerorna kännetecknas av högst kalciumhalter i östra delen av undersökningsområdet och något högre kalciuminnehåll norr om Mälaren. Inslaget av kalcium förefaller vara bergartsrelaterat; i de ”sura” västra delarna är kalciumhalterna låga. Halterna är för övrigt jämförbara med övriga landet.



## Kalium ( $K_2O$ )

Kalium är en huvudbeståndsdel i ett flertal bergarter, framför allt i kiselrika varianter som graniter och pegmatiter. Även sedimentådergnejserna har ofta höga kaliumhalter. Kalium ingår i kalifältspater och glimmermineral, och är därmed vida spritt i många bergartsmiljöer. Geo-



kemiskt är det associerat med rubidium och barium och särskilt rubidium ersätter ofta kalium i mineralens kristallgitter. Generellt sett är det i svårösliga mineral som kalium ingår. Vid vittring har kalium en benägenhet att bindas till lermineral.

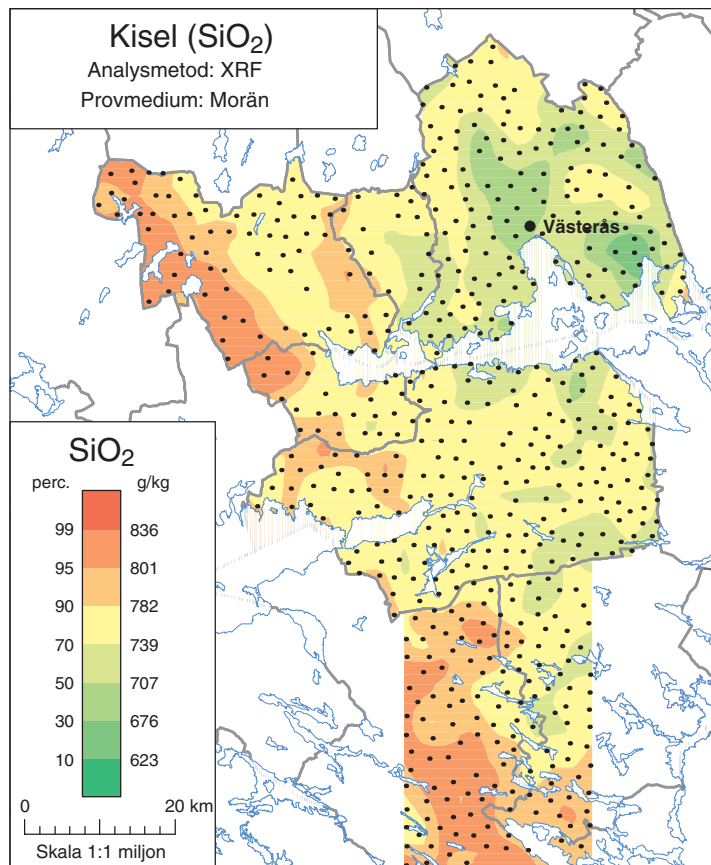
I undersökningsområdets moräner är kaliums totalhalter respektive syralakade halter i stort sett jämförbara med övriga landet och de geokemiska mönstren är snarlika. Granitrika moränområden som mellan Hallstahammar och Västerås har kaliumförhöjningar och likaså i Eskilstunatrakten och sydost om Kungsör. Dessa förhöjningar framhävs i kartan över kaliums totalhalter (xrf). Även runt exempelvis Västerås är kaliumhalten förhöjd, men här är elementet främst bundet i mer lättlösliga mineral i sedimentådergnejser, vilket gör att förhöjningen även framkommer på kartan över syralakat kalium.

Kaliumhalterna i lerorna ligger på en lägre nivå än i landet i övrigt.

### Kisel ( $\text{SiO}_2$ )

Elementet kisel är en av huvudkomponenterna i bergarter och det grundämne som uppträder med högst halter tillsammans med aluminium i bergartsbildande mineral. Alla silikatmineral är uppbyggda av kisel och det vanligaste, kvarts, är ett mycket svårösligt mineral som i princip består vid vittring. Kisel ingår också i hög grad i olivin, muskovit och fältspat och i en mångfald andra mineral. I bergarter är kiselhalterna högst i arenitiska bergarter, därefter i graniter. Basiska bergarter har betydligt lägre halter och i kalksten är halterna mycket låga.

Totalhalterna av kisel är lägre jämfört med landet i övrigt. Förhöjningar uppträder i anslutning till granitiska bergarter och metavulkaniter, medan basiskt inslag i moränerna utgör lågområden för kisel. De areellt utbredda granodioriternas moräner har låga kiselhalter, exempelvis i trakten av Västerås och Eskilstuna och i båda kommunernas östra delar.

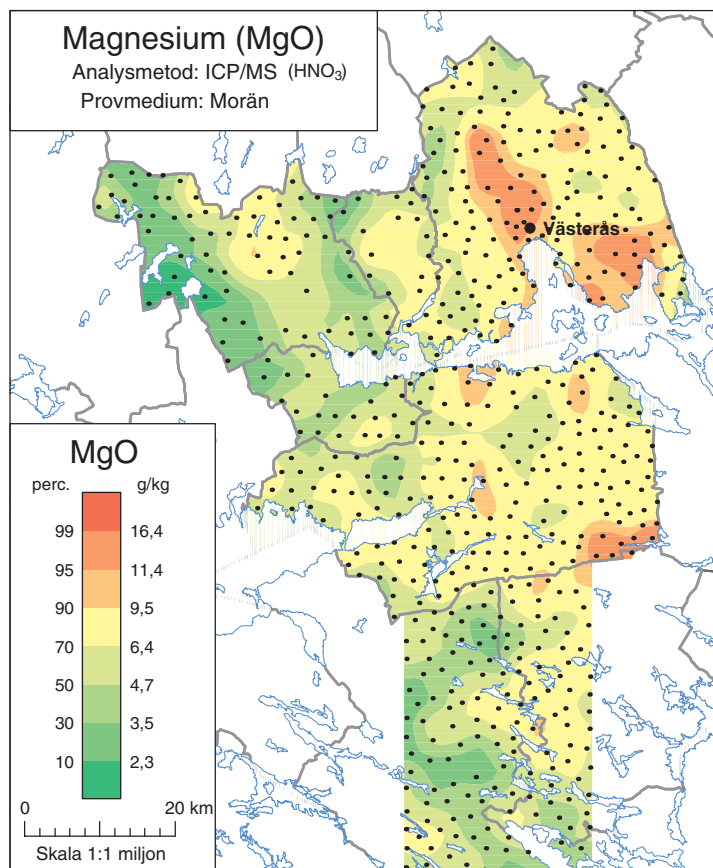


## Magnesium (MgO)

Magnesium förekommer i basiska eller mafiska bergarter i högre halter än i de flesta andra bergarter, och normalt tillsammans med element som Fe, Ti, Cr, Ni m.fl. Magnesium ingår i många bergartsbildande mineral, exempelvis i pyroxener, amfiboler, olivin, granat och till stor del i mörk glimmer (biotit). Magnesium bildar även karbonater och ingår i dolomit. Magnesium ingår till största delen i mineral som vittrar lätt och har därför hög löslighet. I många mineral kan elementet ersätta järn och kalcium.

Både totalhalterna och de syralakade halterna av magnesium är jämförbara med landet i övrigt och de geokemiska mönstren uppvisar samma drag. Morän med inslag av bergarter som granodiorit, gabbro och sedimentgnejs har högre magnesiuminnehåll än där granitiskt innehåll dominerar. Norr om Kolsva markeras exempelvis basiskt innehåll i moränerna i en region som i övrigt är vulkanitrik.

Lerornas magnesiumhalter är medelhöga jämfört med landet i övrigt. Elementet är förhöjt tillsammans med bland annat järn och aluminium i stort sett runt Mälaren.

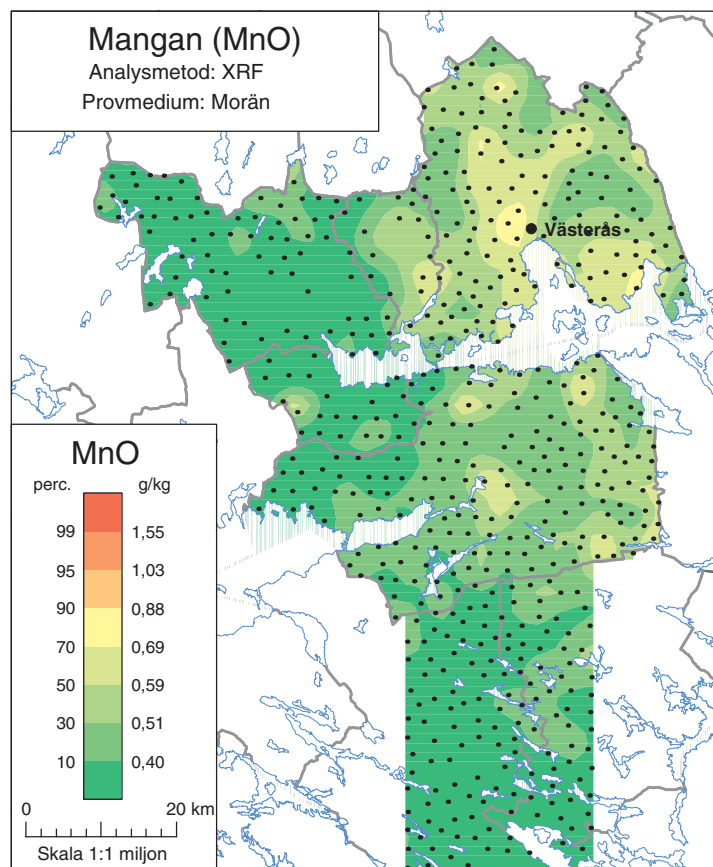


## Mangan (MnO)

De högsta manganhalterna förekommer i basiska bergarter, därefter i sedimentgnejsar och kalkstenar. Lågst innehåll har kiselrika bergarter som graniter, granodioriter, pegmatit och metaareniter. Mangan uppträder i ett flertal bergartsbildande mineral t.ex. pyroxener, amfiboler och glimrar och kan ersätta bl.a. Fe och Mg i kristallgittren. Ett flertal manganmineral är kända, t.ex. pyrolusit ( $\text{MnO}_2$ ), och brytning av metallen görs oftast tillsammans med järn.

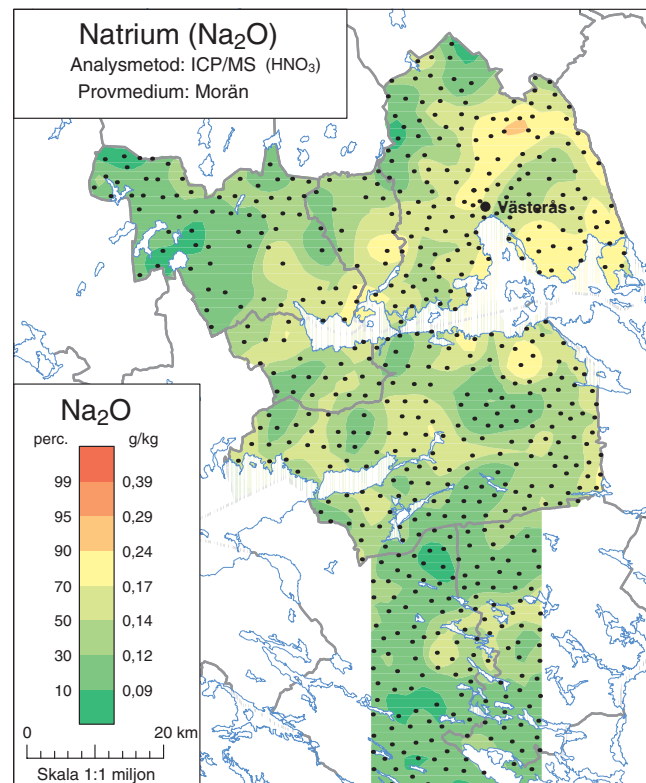
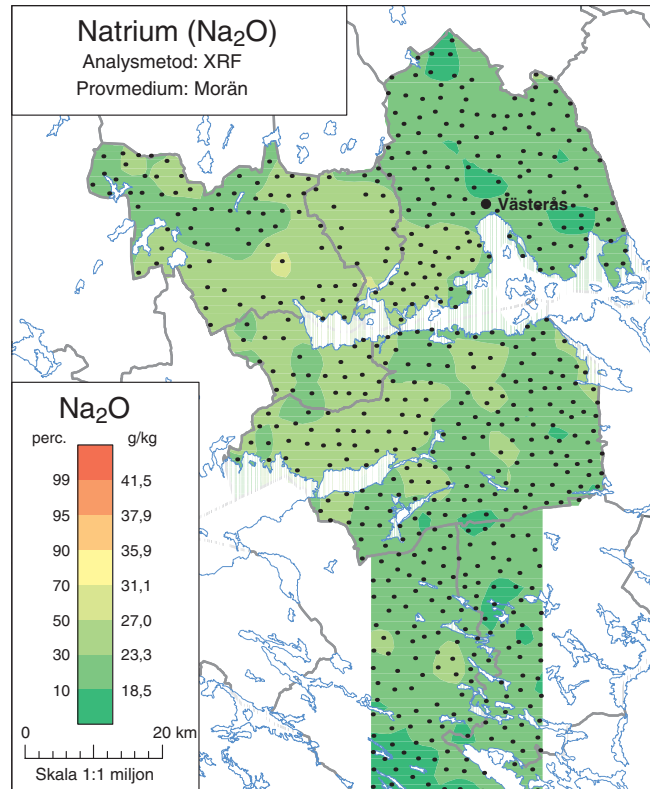
Totalhalterna av mangan i morän är något låga i området jämfört med övriga landet, medan de syralakade halterna ligger på medelhög nivå. De geokemiska mönstren för totalhalterna respektive de syralakade halterna är tämligen lika, och lakbarheten för elementet är generellt tämligen hög. Förhöjningar finns i områden med basiskt bergartsinslag och i isrörelseriktningarna från dessa, t.ex. vid Eskilstuna och i området mellan Västerås och Skultuna. Generellt är moränområden med inslag av metavulkaniter, gnejsiga graniter och sedimentgnejs lågområden för metallen, men inslag av små basiska enheter och innehåll av en del manganhaltiga mineral avslöjas med förhöjningar i moränen av syralakat mangan. Ett sådant område återfinns norr om Köping (framträder dock ej på kartan över mangans totalhalter). Inslag av urkalksten i moränen har troligen gett de fläckvisa förhöjningar som kan ses sydväst om Eskilstuna och i det sydvästligaste hörnet av undersökningsområdet. Sydost om Eskilstuna, där kalksten också uppträder är däremot manganinnehållet lågt, sannolikt domineras moränen av bergarter som metavulkaniter och gnejsig granit.

Lerorna har måttliga manganförhöjningar jämfört med landet i övrigt och främst i de östra delarna.



## Natrium ( $\text{Na}_2\text{O}$ )

Natrium förekommer främst i olika fältspater som i plagioklasseriens olika mineral och kan där vara olika hårt bundet. I mer löslig form finns natrium i amfiboler och pyroxener. Även glimrar är bärare av natrium. Huvudelementet ingår därmed i såväl basiska bergarter som mer kiselrika.



Huvudelementet har mycket låga totalhalter i undersökningsområdets moräner och även de syralakade halterna ligger på en lägre nivå jämfört med landet i övrigt. De geokemiska mönstren är ganska olika och totalhalternas natriumbild ger en tydlig markering med svaga förhöjningar i moränområden med granitisk dominans som mellan Västerås och Köping och sydost om Kungsör. Närvaron av mer basiskt bergartsinnehåll i moränen ger syralakat natrium ett geokemiskt mönster som tillsammans med kalium och kalcium visar förhöjningar bland annat nordost och sydost om Västerås. Elementkombinationen indikerar att plagioklaser i moränerna kan vara bärare av elementen.

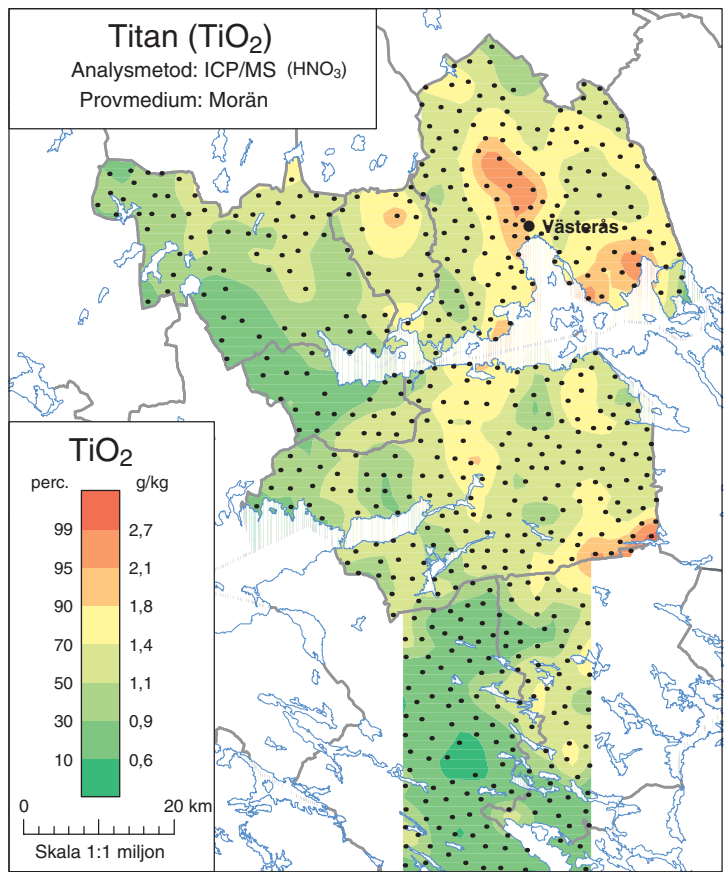
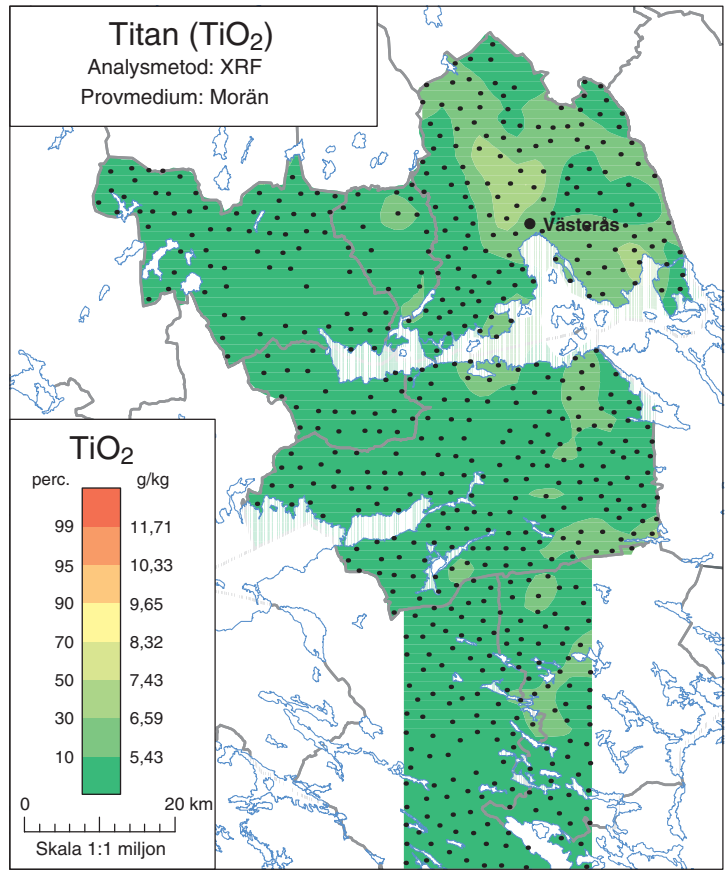
Natriumhalterna i lerorna är jämförbara med landet i övrigt. Förhöjningarna är störst runt Mälaren och väster därom. I norr och söder är halterna lägre.

### ***Titan (TiO<sub>2</sub>)***

Titan förekommer med höga halter i bergarter som gabbro, diorit, amfibolit och diabas och med lägre halter i metasediment och graniter. Elementet uppträder i mineral som titanit, rutil och ilmenit, men förekommer också i glimrar och granater och i mörka, mafiska mineral som amfibol och pyroxen. Titan kan också ersätta Al och Fe i kristallgittren och kan uppträda tillsammans med bl.a. Mn, Mg, Fe, V och S i silikater och sulfider. Det kan också förekomma i vissa pegmatiter och graniter tillsammans med U, Th, P, Sn, W, Li, Be m.fl. Vid vittring av titanmineral anses elementet mycket svårösligt men kan ur titanit lakas tämligen effektivt. Är titan biotitbundet lakas elementet till över 50 % (Snäll & Liljefors 2000).

Totalhalterna för TiO<sub>2</sub> i morän är mycket låga i undersökningsområdet, medan de syralakade halterna ligger på medelhöga nivåer jämfört med landet i övrigt. Titans geokemiska mönster visar förhöjningar i samma områden oberoende av analysmetod, men de syralakade halterna ger en mer nyanserad bild av innehållet i moränerna. Starkast förhöjning återfinns i Västeråstrakten och kan kopplas till basiskt bergartsinslag, möjligen med tillskott också från de glimmerrika metagråvackorna. Förhöjningen uppträder väl avgränsad från graniterna i området. Sydost om Västerås är titan förhöjt i anslutning till granodioriternas moräner. Både norr och söder om Mälaren återfinns förhöjningar utsträckta i isrörelsens dokumenterade riktningar och övertvårande såväl graniter som vulkaniter. Basiska inslag och diabaser som förekommer i stort sett från Skultuna söderut via Kvicksund ner till Hållsta, söder om Eskilstuna, kan delvis ha gett moränerna titaninnehåll. Diabas uppträder för övrigt ganska frekvent från Kungsör söderut och mot sydost vilket också titanförhöjningarna gör. Däremot verkar diabaserna söder om Eskilstuna kommun inte reflekteras med titan i moränen.

Lerorna har ganska måttliga titanhalter jämfört med landet i övrigt och inga direkt höga värden har mätts upp.

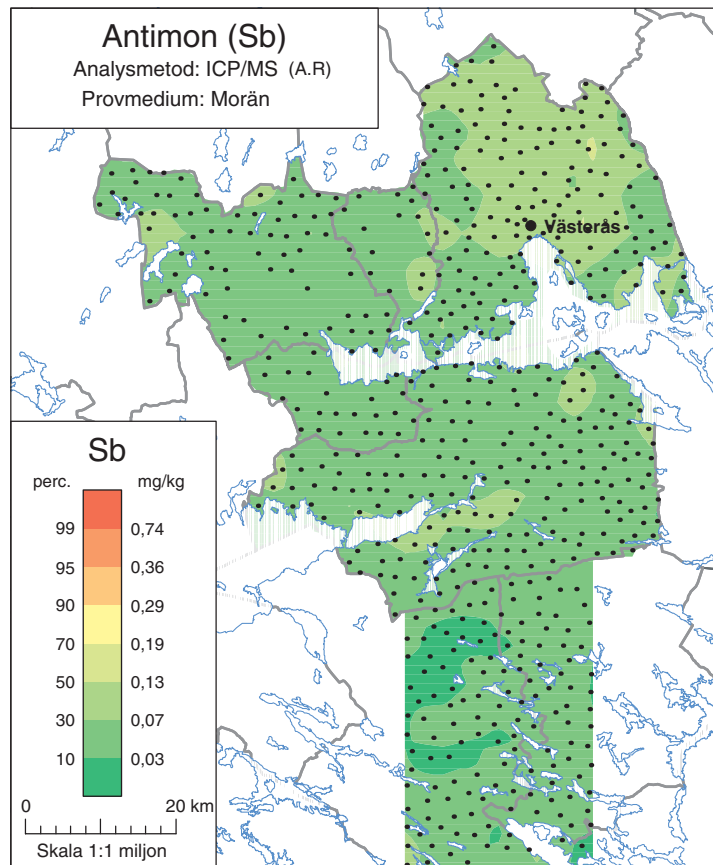


### Antimon (Sb)

Antimon förekommer med höga halter (upp till 2 mg/kg) i metaargillitiska sedimentbergarter. I andra bergarter är halterna oftast under 1 mg/kg. Metasediment och basiska bergarter kan innehålla en del Sb, men i graniter och vulkaniter är halterna vanligtvis mycket låga. Geochemiskt är antimon närbesläktat med arsenik och vismut och förekommer ofta tillsammans med andra sulfider och i mineraliseringar såväl med dessa element som med Ag, Au, Cu m.fl.

Halterna i undersökningsområdets moräner är mycket låga, generellt är det i de metasedimentära och basiska bergartsområdena norr om Mälaren som elementet har de högsta halt-nivåerna. Distinkta gränser syns också i norr mellan berggrundsytorna och deras moräner vad avser graniter och grönstensmassiv och i isrörelseriktningen från bergmassiven. Detta syns väl nordväst och sydväst om Västerås och vid kommungränsen öster om Västerås. Elementet uppvisar i den östra halvan av undersökningsområdet viss mönsterlikhet med arsenik och delvis med vismut även om halterna ligger på helt skilda nivåer.

Lerorna är ej undersökta med avseende på antimon.

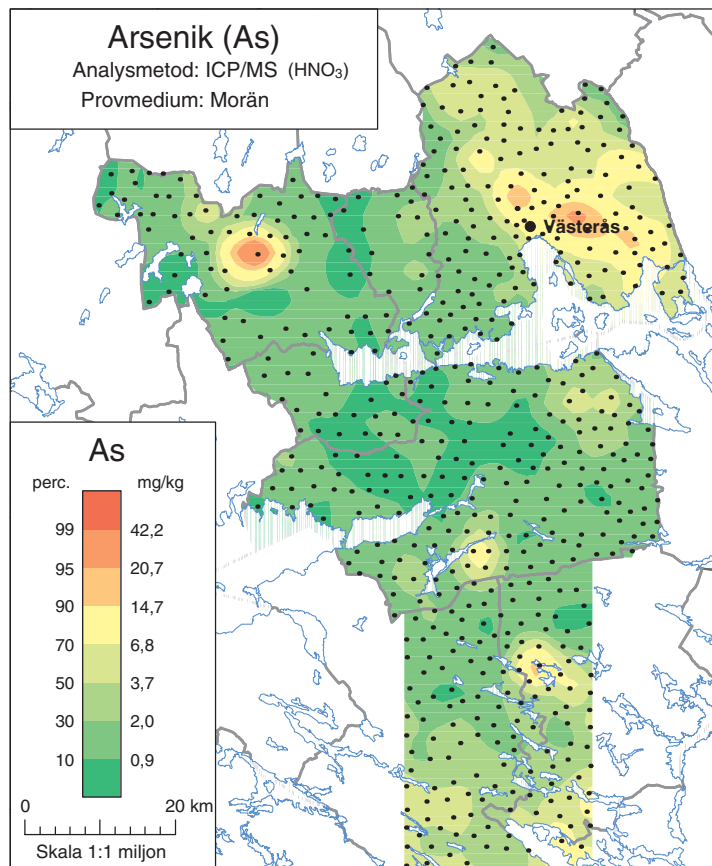


## Arsenik (As)

Arsenik kan förekomma i en mängd olika mineral, bl.a. som arsenikkis ( $\text{FeAsS}$ ) och uppträder ofta i anslutning till sulfidmineraliseringar. I bergarter är det i sura metavulkaniter och meta-sediment man finner de högsta halterna. Arsenik är närbesläktat med antimon och vismut och används ibland som indikatorelement för guld.

Arsenikhalterna i undersökningsområdets moräner är i stort sett ganska låga, men ett par anomalier med höga halter finns också. Förhöjda halter av As förekommer norr om Mälaren i anslutning till just metasediment och metavulkaniter. Dels i Västerås och öster därom, dels vid Kolsva, där ett högt arsenikvärde återfinns. Söder om Mälaren är arsenikhalterna generellt sett lägre, medan de ökar något igen i söder, där gnejsomvandlade sedimentbergarter åter förekommer. Där moränerna har högt inslag av granitiska bergarter är arsenikhalterna låga.

Lerorna har i stora områden tämligen låga arsenikhalter. Sammanhängande områden med lite högre halter återfinns främst norr om Mälaren.

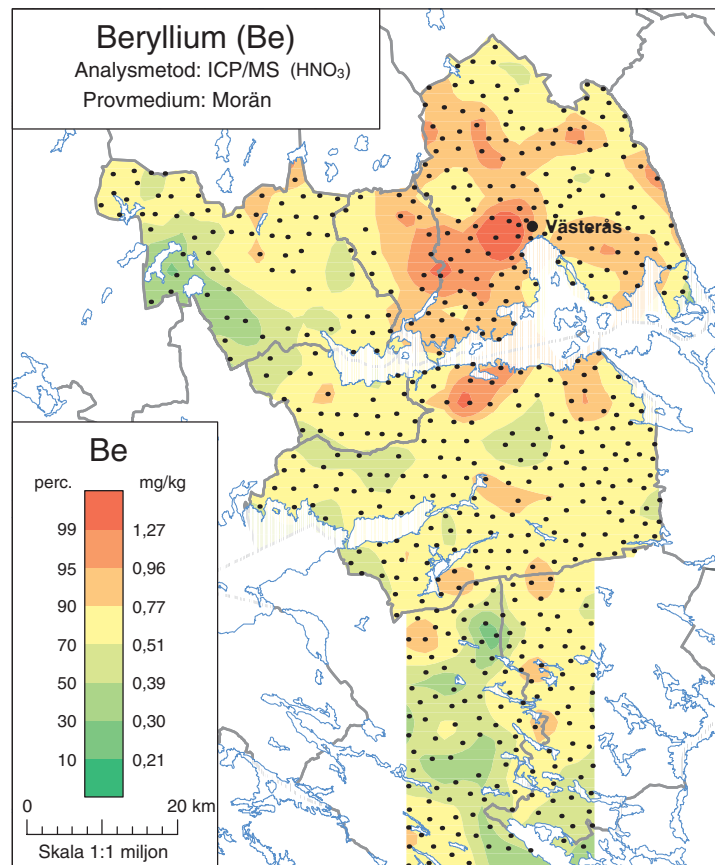


## Beryllium (Be)

Elementet beryllium förekommer bland annat i graniter, pegmatiter och sedimentådergnejser. Beryllium kan vara associerat med bl.a. litium och rubidium i pegmatiter och uppträda tillsammans med Cu, Pb, Zn, Mo, W m.fl. i skarnbildningar. Beryllium kan ingå i mineral som pyroxener, glimrar, plagioklas och lermineral och bildar också egna mineral, t.ex. beryll. Elementet kan därmed återfinnas i såväl basisk som sur bergartsmiljö. Vid vittring binds beryllium lätt till organiskt material och till lermineral där det kan ersätta bland annat aluminium.

De syralakade berylliumhalterna i undersökningsområdets moräner ligger på högre nivåer än landet i övrigt på grund av det stora inslag moränerna har av bergarter som elementet kan ingå i. Den kraftiga förhöjningen som återfinns väster om Västerås kan exempelvis kopplas till pegmatitmassiv.

Lerorna har något högre berylliumhalter än landet i övrigt. Lägst är halterna norr om Västerås.

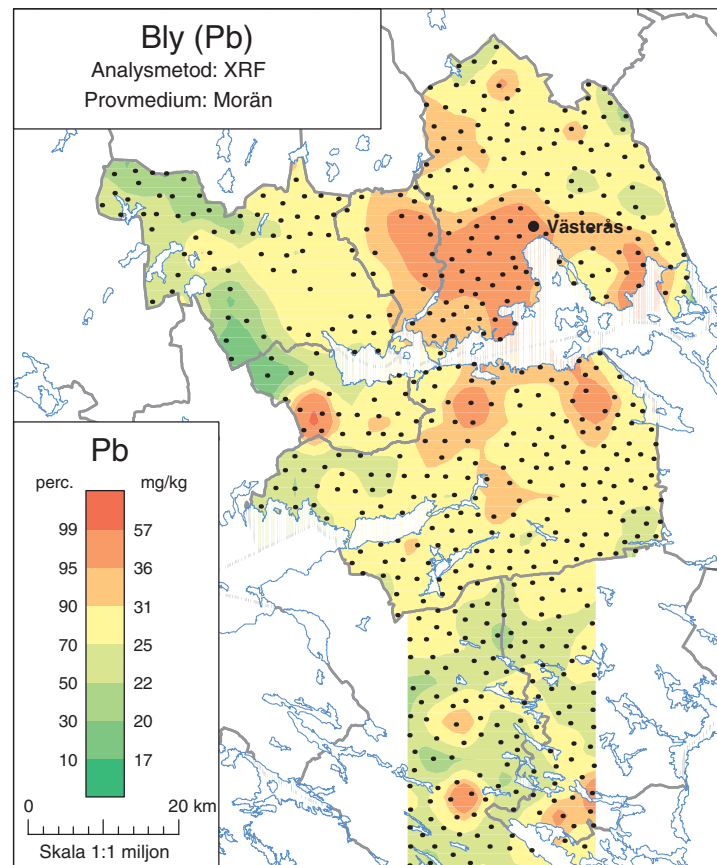


## Bly (Pb)

Bly förekommer i regel med förhöjda halter i sedimentgnejsjer, graniter och pegmatiter, men kan också uppträda i metaarenit, kalksten och dolomit. Basiska bergarter har däremot låga halter. Bly är bundet till svavel och till silikater, framför allt i fältspater där det kan ersätta K eller Sr och i viss mån Ca, men metallen kan också ingå i glimrar, plagioklas och magnetit. Blyglans (PbS) är den viktigaste egna mineralformen för metallen.

Totalhalterna för bly i undersökningsområdets moräner är medelhöga och de syralakade halterna jämförbara med landet i övrigt. Där moränerna har inslag av kiselrika bergarter som yngre graniter och pegmatiter förekommer förhöjda blyhalter, exempelvis väster om Västerås och nordväst respektive nordost om Eskilstuna samt i södra delen av undersökningsområdet. Sydväst om Kungsör finns en blyanomali vid Svarthällsgruvan, en fyndighet med svartmalm där också skarnmineral, svavelkis, zinkblände och blyglans påträffats.

Generellt har lerorna i Eskilstuna kommun högre blyhalter än omgivande regioner.



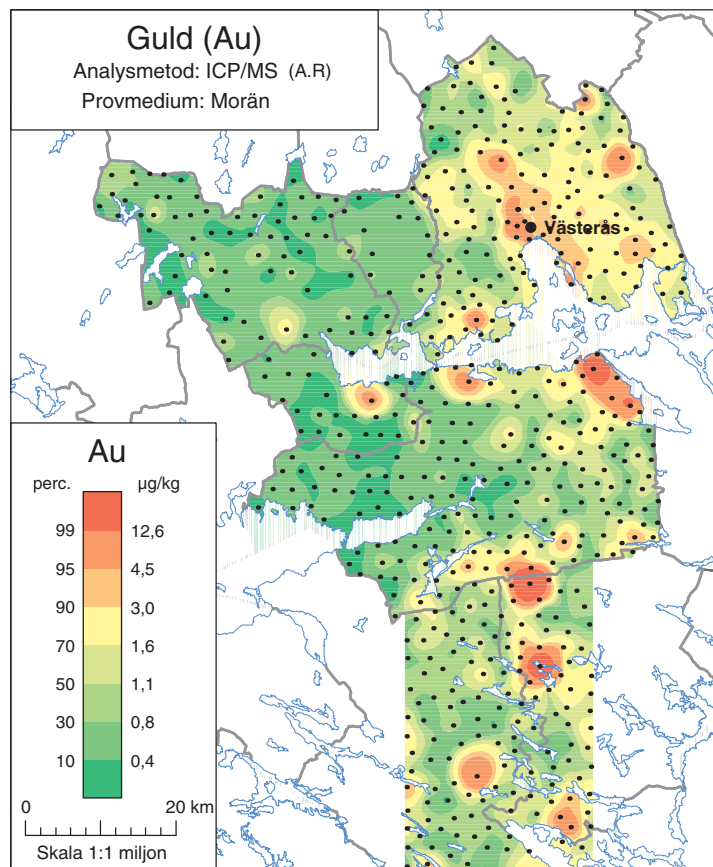
## Guld (Au)

Guld är en ädelmetall som uppträder ytterst sparsamt i naturen, halterna ligger normalt under 1 ppb ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ). Ibland kan geologiska processer anrika Au till halter och mängder som kan brytas och utvinnas, ibland i form av rena guldmalmer, men lika ofta som biprodukt vid utvinning av andra metaller (t.ex. Cu, Zn, Ni, Pt och Pd). Ingen speciell bergart är känd för att föra guld, men i kontaktzoner, i hydrotermala gångar ofta tillsammans med kvarts eller där berggrunden är störd av deformation kan det vara gynnsamt att söka metallen.

Tidigare var guld svårt att analysera p.g.a. de ytterst låga halterna i marken. Idag finns snabba och säkra metoder för de låga guldhalterna. Problem ligger istället i provtagningen, eftersom guld, till skillnad från många andra mineralbundna element, inte ligger jämnt utspridd i moränen utan ofta uppträder med s.k. nuggeteffekt – som små korn. Detta gör det vanskligt att bedöma ett område som är punktvis förhöjt på guld.

Det geokemiska mönstret för guld i undersökningsområdet visar en del fläckvisa förhöjningar, ibland tillsammans med andra element som exempelvis vid Mellösa i Flens kommun där också koppar är förhöjt. Norr därom återfinns områdets högsta guldvärde,  $104 \mu\text{g}/\text{kg}$ , i en väst-östlig zon med i övrigt svaga förhöjningar av guld. Från SGUs mineral- och berggrunds-databas kan man inhämta information om att sydost om denna lokal med högsta guldvärde ligger Grufgöle som är en mineralisering med pyrit uppblandad med ren kvarts i en gnejshäll (Erdmann 1864). En sådan mineralogisk miljö torde vara gynnsam även för guld.

Lerorna är ej undersökta avseende guld.

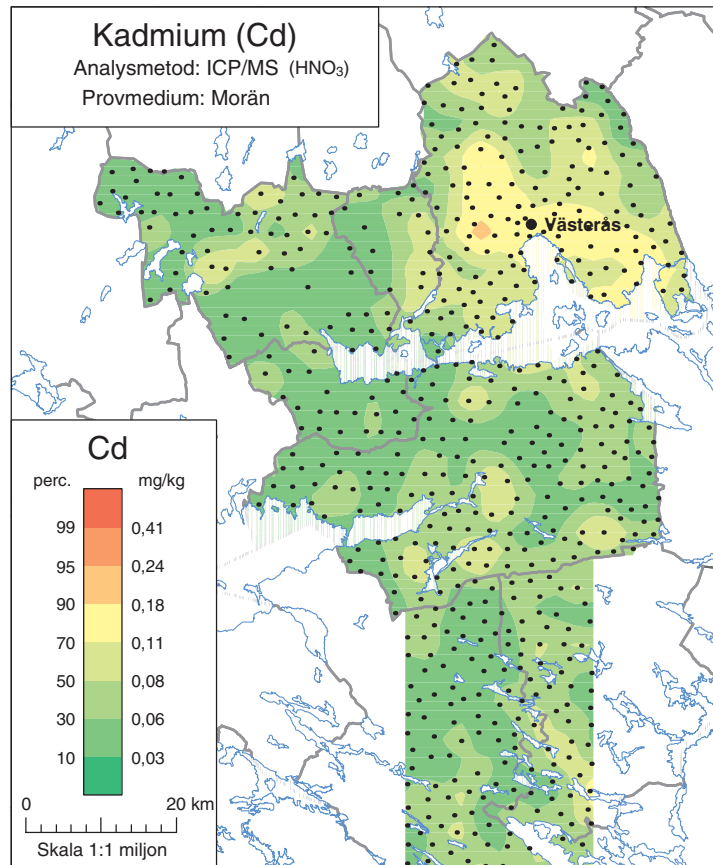


## Kadmium (Cd)

Kadmium förekommer med höga halter i metasediment och i basiska bergarter, medan graniter och pegmatiter har låga halter. Metallen återfinns i mineral som amfibol och biotit och i zinkmineral. Kadmium är geokemiskt associerat med zink och elementen följer varandra i den geokemiska cykeln. Vid vittring är båda elementen tämligen lätttrörliga.

Undersökningsområdets kadmiumhalter ligger på ganska låg nivå, men med tydliga förhöjningar. Högst halter återfinns norr om Mälaren, i områdena med sedimentådergnejser. Mönsterlikheten med zink är stor och liksom för flera element är kopplingen till glimmerrika sedimentbergarter uppenbar.

Lerorna har högre halter i undersökningsområdet jämfört med landet i övrigt. Viss mönsterlikhet finns mellan kadmium och zink i lerorna men inte lika tydligt som i moränen. Söder om Mälaren, vid Sundby och öster därom, uppträder höga kadmiumhalter i flera närliggande lokaler.

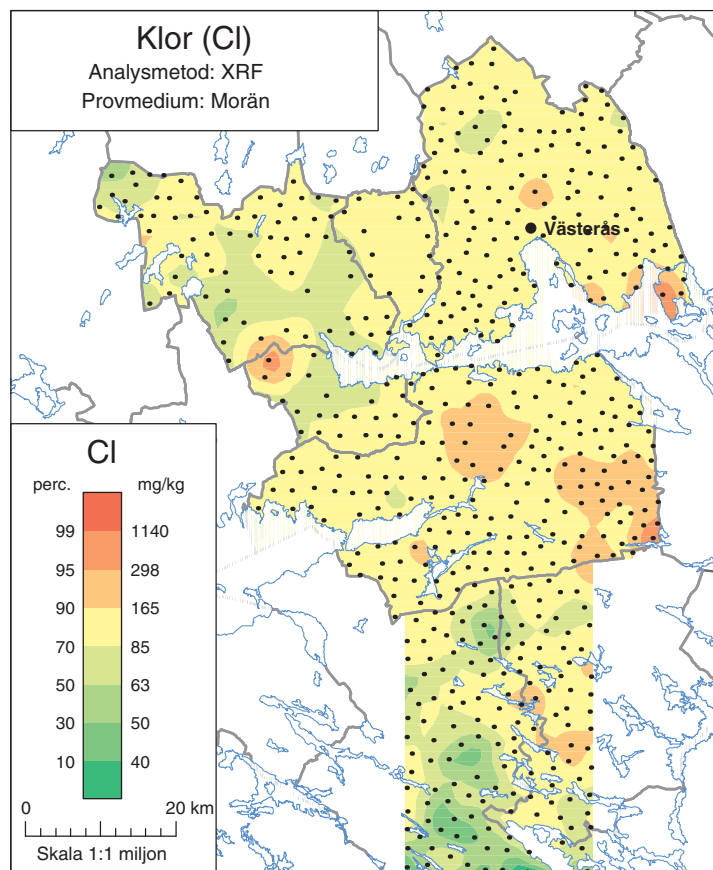


## Klor (Cl)

Elementet klor förekommer i såväl basiska som sura bergarter. Sedimentgnejser, metavulkaniter, graniter och kalkstenar har vanligen högre klorhalter än metaareniter och ultramafiska bergarter. Mineral som apatit  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F},\text{Cl},\text{OH})$  och silikatet sodalit,  $\text{Na}_8\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}\text{Cl}_2$ , kan vara bärare av elementet, liksom glimrar och hornblände.

Totalhalten av klor är medelhög i undersökningsområdet jämfört med övriga landet. Generellt återfinns förhöjningar i moränen av klor i hela Eskilstunas, Västerås och Hallstahammars kommuner samt i delar av övriga områden. I vissa delar där fosfor är förhöjt i samma områden kan man anta att klor kan härröra från apatit, som öster om Kolsva och i delar av Västerås och Eskilstuna kommuner. Men hela området har varit täckt av hav och det är inte osannolikt att moränerna kan ha fått tillskott av klor från hav och havsvindar.

Lerorna är ej undersökta med avseende på klor.

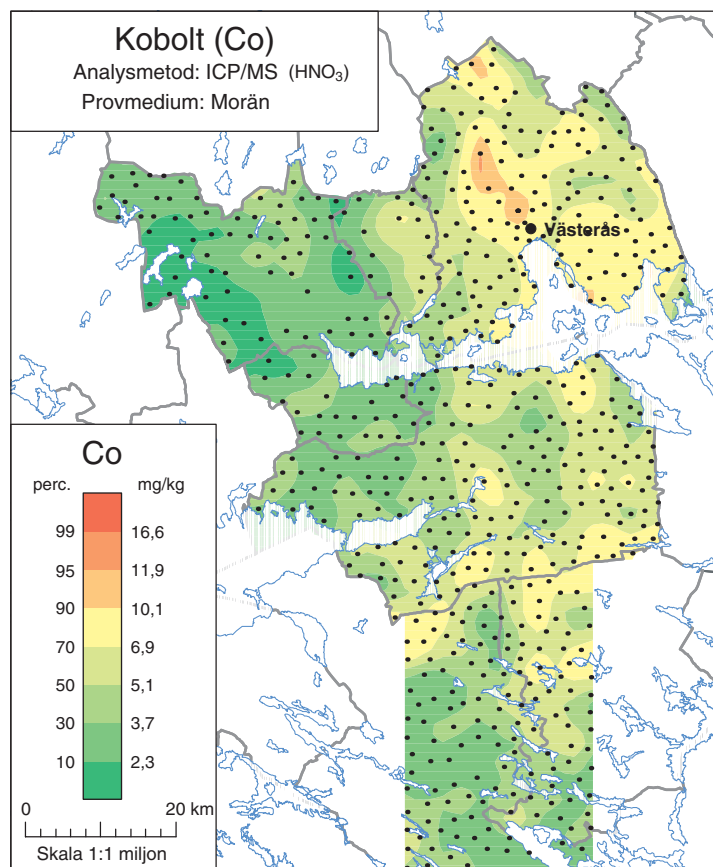


## Kobolt (Co)

Kobolt förekommer med höga halter i ultramafiska bergarter och därefter i basiska bergarter som amfibolit, gabbro och diabas. Granitiska bergarter har lågt innehåll. Den mest spridda förekomsten för kobolt mineralogiskt är mörka järn- och magnesiumsilikater och metallen associeras därför ofta med Fe och Mg tillsammans med Ni. Kobolt kan även förekomma tillsammans med Fe och Ni i sulfidform. Vid vittring binds kobolt till järn- och manganoxider, till lermineral och till organiskt material och ämnets rörlighet är tämligen låg.

Totalhalterna av Co i morän är synnerligen låga i undersökningsområdet och de syralakade halterna ligger på låg till medelhög nivå jämfört med landet i övrigt. De förhöjningar som kan ses i sedimentådergnejsområdet nordväst och sydost om Västerås är starkast där inslagen av gabbro är störst som exempelvis i trakten av Skultuna. Svaga markeringar med kobolt i morän finns även i trakten av Flen och längst ner i sydvästra hörnet där också små massiv med basiska bergarter uppträder.

Lerornas kobolthalter är i stort sett jämförbara med landet i övrigt.

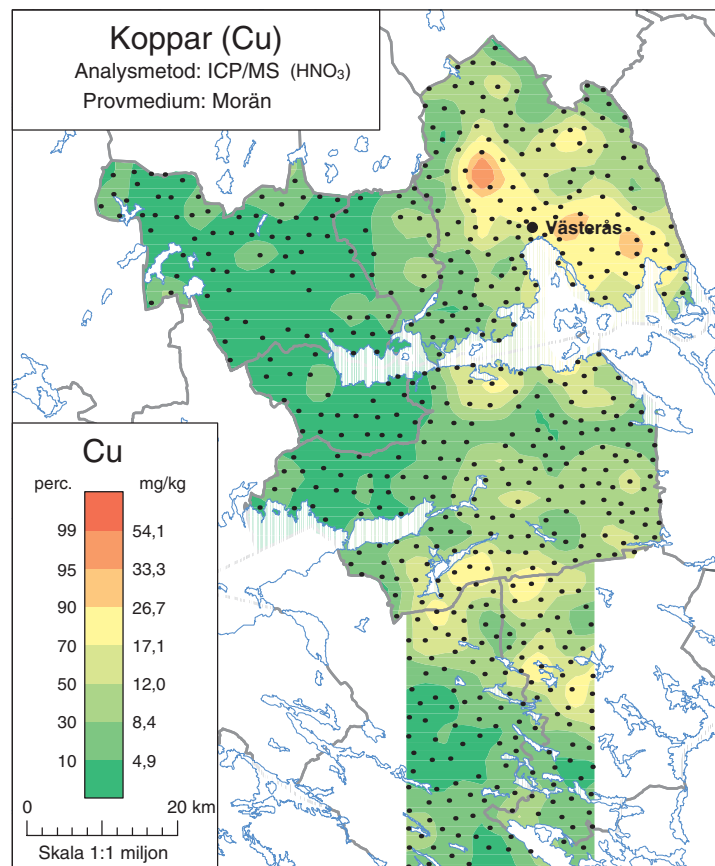


## Koppar (Cu)

Tungmetallen koppar förekommer som spårelement främst i basiska bergarter, medan sura metavulkaniter och graniter normalt har betydligt lägre innehåll. De högsta halterna återfinns dock i skifferar med högt organiskt innehåll. Koppar ingår i mineral som pyroxener, amfibol, magnetit och biotit. Elementet uppträder också i såväl sulfider som karbonater och hydroxider och även som elementärt koppar och kan därför ingå i olika typer av mineraliseringar, exempelvis tillsammans med Au, Co, Ni, Pb och Zn. Kopparkis ( $\text{CuFeS}_2$ ) är ett av många malmbildande kopparmineral.

I undersökningsområdets moräner ligger såväl totalhalterna för koppar som de syralakade halterna på en låg till medelhög nivå jämfört med landet i övrigt. Mönsterlikheten för de båda analysmetoderna är slående och indikerar att koppar är bundet till lättlakade mineral. Generellt avslöjar det geokemiska mönstret var moränerna innehåller störst andel basiskt bergartsmaterial. De gabbroida inslagen i morän nordväst respektive öster om Västerås framkommer tydligt i transportriktningen från dessa bergarter. Glimmerrika gråvackor runt Västerås ger sannolikt också koppartilskott till moränen. Även på sydsidan av Mälaren har istransporterad morän med samma bergartsinnehåll gett upphov till ett par områden med förhöjda värden. Där moränen har större inslag av graniter och metavulkaniter är kopparinnehållet lågt, som bland annat i den västra och södra delen av undersökningsområdet och i Eskilstunatrakten.

Lerorna är tämligen kopparrika jämfört med landet i övrigt, endast ett par områden i norr och nordväst har lågt kopparinnehåll.

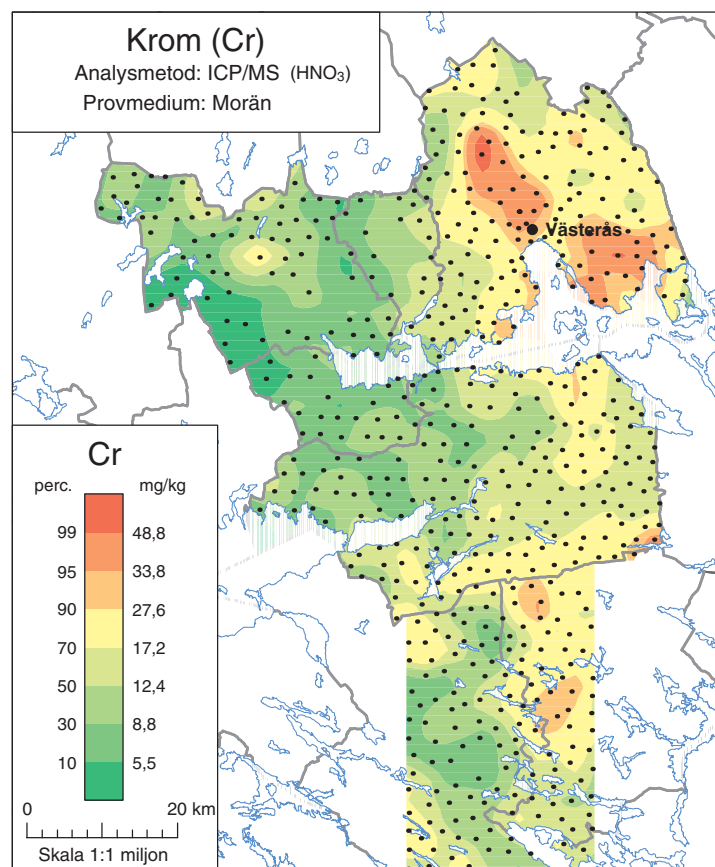


## Krom (Cr)

Höga halter av krom förekommer i ultramafiska bergarter, därefter i andra basiska bergarter och sedimentgnejser. Lågst krominnehåll har graniter, metavulkaniter och kalkstenar. Pegmatiter kan ibland uppvisa högt krominnehåll, likaså metaareniter, men generellt är innehållet lågt i dessa bergarter. Krom uppträder i mineral som pyroxener, amfibol och glimrar. Det ekonomiskt viktigaste krommineralet är kromit  $(\text{Fe,Cr}_2)\text{O}_4$ . Vid vittring binds elementet lätt till järn- och manganoxider och till lermineral. Generellt har krom liknande geokemiska egenskaper som järn och aluminium.

Kartområdets moräner visar tämligen låga totalhalter, medan de syralakade halterna är normala jämfört med landet i övrigt. De geokemiska mönstren för respektive analystyp i undersökningsområdet följer varandra ganska väl. Totalhalterna av krom i morän visar tydliga förhöjningar i området med glimmerrika gråvackor norr om Mälaren, där också inslagen av gabbro gett tillskott av elementet. De syralakade halterna för metallen visar än tydligare var krom ingår i mineral med hög löslighet, bland annat framträder området med sedimentgnejs i södra delen av Eskilstuna kommun väl. Söder om Mälaren, vid Badelundaåsens fortsättning, är krom förhöjt i en region vars bergartsinnehåll med stor sannolikhet härrör från sedimentgnejser norr om Mälaren och på öarna.

Lerorna har medelhöga kromhalter jämfört med landet i övrigt. Något högre halter återfinns i Köpingtrakten.

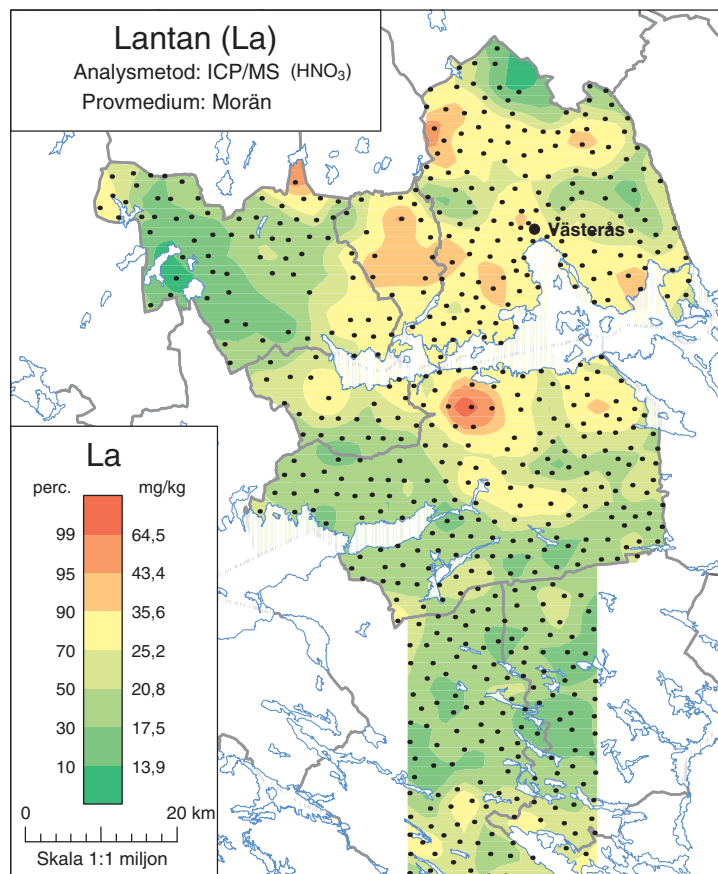


## Lantan (La)

Lantan uppträder framför allt i granitiska bergarter men även sedimentgnejser kan ha höga halter. Elementet uppträder i mineralform bl.a. i monazit ( $(\text{Ce},\text{La},\text{Th})\text{PO}_4$ ) och allanit och det kan ingå i fältspater, zirkon, hornblände, biotit och apatit. Elementet tillhör de sällsynta jordartsmetallerna och förekommer ofta tillsammans med Th, Y, U, Be och ett flertal sällsynta grundämnen i t.ex. pegmatiter. Vid vittring kan lantan fällas ut som karbonater och hydroxider eller adsorberas av lermineral. Lösligheten för lantan är ganska låg.

Lantanhaltarna i undersökningsområdets moräner är jämförbara med landet i övrigt. Förhöjningar återfinns främst i de moränområden norr om Mälaren som har störst inslag av granitiskt och pegmatitiskt bergartsmaterial. Fellingsbrograniten väster om Kolsva och de mindre granitinslagen söder om Mälaren framträder dock inte i det geokemiska mönstret. Även moräner innehållande glimmerrika gråvackor vid Västerås och sydost därom har delvis förhöjningar, men inte där dessa har stort inslag av basiter.

Lerorna har lantanhalter som är jämförbara med landet i övrigt. Lågst är halterna i den nordöstra delen.

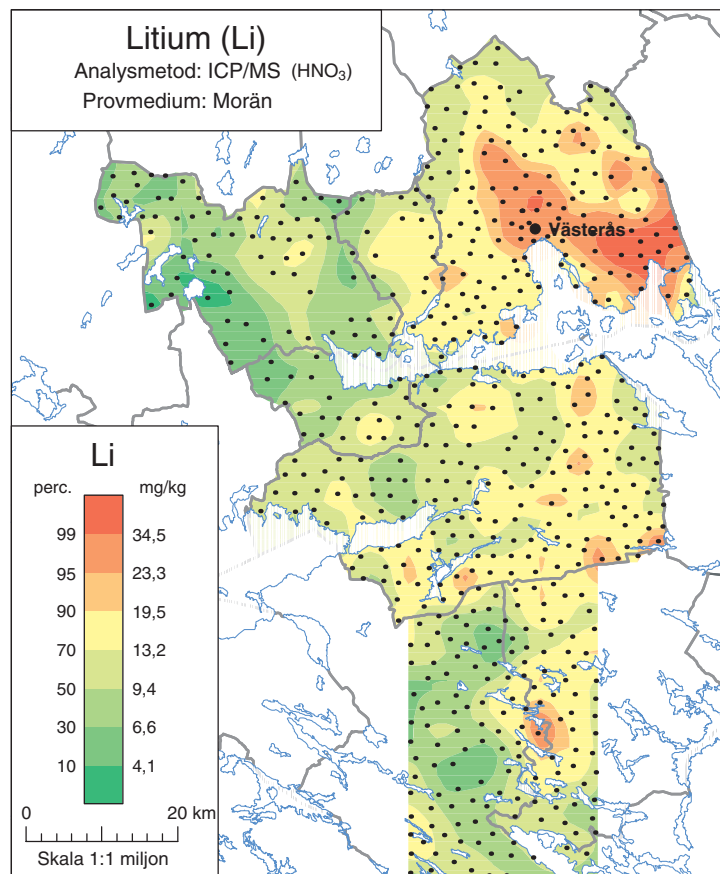


## Litium (Li)

Litium är en alkalimetall som förekommer i ett flertal mineral som amfiboler, pyroxener, turmalin och glimmer. Litiummineral som t.ex. spodumen, petalit och litiumglimmer förekommer främst i graniter och pegmatiter, men det är troligen glimmermineralet biotit som är det mest utbredda värdmineralet för litium i olika metavulkaniska bergarter. Vid vittring adsorberas litium lätt till lermineral och manganoxider.

De syralakade litiumhalterna är medelhöga jämfört med landet i övrigt. Förhöjningar återfinns i moräner innehållande sedimentgnejser och basiska bergarter som i Västeråstrakten och även på södra sidan Mälaren dit inlandsisen transporterat och avsatt bergartsmaterial. Litiumförhöjningar finns också i pegmatitområdet väster om Västerås samt i sedimentådergnejsområdet i södra delen av Eskilstuna kommun.

Lerorna har ganska högt litiuminnehåll jämfört med landet i övrigt med de högsta halterna nordost om Eskilstuna.

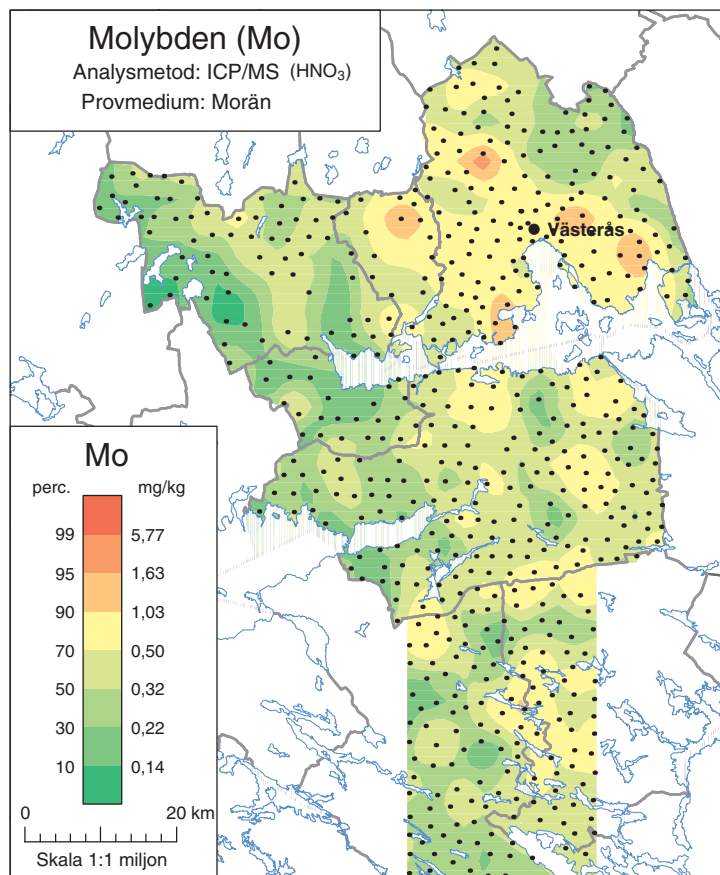


## Molybden (Mo)

Molybdeninnehållet är vanligen högt i sedimentgnejser, något lägre i graniter och lägst är halterna i basiter. Elementet kan ingå i silikatmineral och som sulfid huvudsakligen som molybdenglans ( $\text{MoS}_2$ ) i anknytning till graniter, pegmatiter och kvartsgångar. Molybden har geokemiskt släktskap med wolfram och metallerna påträffas ibland tillsammans med bl.a. bly, arsenik och tenn.

De syralakade molybdenhalterna i undersökningsområdets moräner är något låga jämfört med landet i övrigt. Förhöjningar återfinns norr om Mälaren speciellt där pegmatiter och yngre granit dominerar moränen. Även den glimmerrika gråvackeregionen har förhöjda halter av molybden. I Alnäs molybdengruva, som ligger någon mil nordväst om Västerås, bröts molybdenmalm under 30- och 40-talet. Moränen i området har dock inte några tydliga spår från denna mineralisering. Låga är också halterna där mer basiskt bergartsmaterial dominerar, såväl gabbro som granodiorit. I området med Fellingsbrogranit, som återfinns vid Köpings kommuns västgräns, är de syralakade molybdenhalterna mycket låga, men i det geokemiska mönstret baserat på totalhalter framträder denna region med förhöjda halter. Molybden ingår uppenbarligen i mer svårslösliga mineral i denna granit.

Lerorna har låga molybdenhalter, generellt något högre runt de västra delarna av Mälaren.

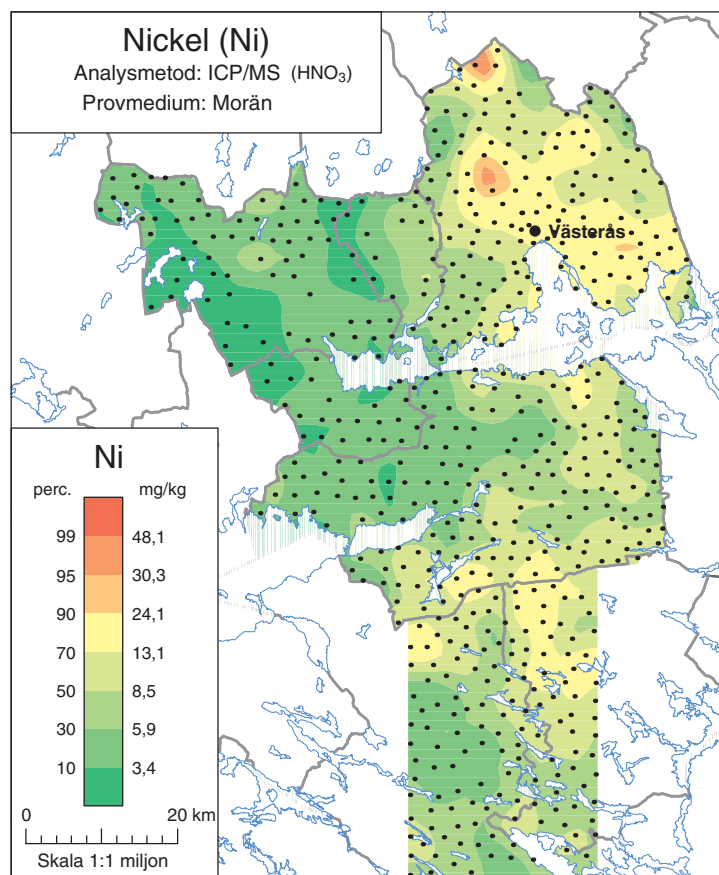


## Nickel (Ni)

Nickel uppträder med höga halter i ultramafiska bergarter, därefter i amfibolit, gabbro, diabas och sedimentgnejs. Metavulkaniter har lite lägre haltnivåer och lägst är nickelhalterna i kiselrika (kvartsrika) bergarter som graniter, pegmatiter och metaareniter. Metallen ingår i såväl silikatmineral som i sulfider. Mineral som pyroxen, amfibol, granat, olivin och pyrit kan alla vara bärare av metallen. Nickel finns också i ett flertal malmmineral bl.a. i pentlandit  $(\text{Fe, Ni})_9\text{S}_8$  som i allmänhet förekommer i mafiska till ultramafiska djupbergarter. Vid vittring frigörs nickel lätt, men fällt ut med järn- och manganoxider.

Jämfört med landet i övrigt ligger såväl totalhalter som syralakade halter för nickel på låg till medelhög nivå. Att nickel förekommer främst i ganska lättvittrade mineral och har lätt att lakas ut syns i de nästan identiska geokemiska mönstren för de båda analysmetoderna. Nickel kan ersätta såväl järn som magnesium i mineralgittren och därför är respektive elements geokemiska mönster också snarlika. Ofta bildar bland annat Fe, Mg, Mn, V, Ni och Co en ”mafisk” elementgrupp med förhöjningar i samma områden. Precis som för järn och kobolt, är det det basiska inslaget i gnejsområdena norr om Mälaren som markeras med högst nickelhalter.

Lerorna har medelhöga nickelhalter och är förhöjda tillsammans med kobolt bland annat i nordöstra hörnet av Eskilstuna kommun och i Köpingtrakten.

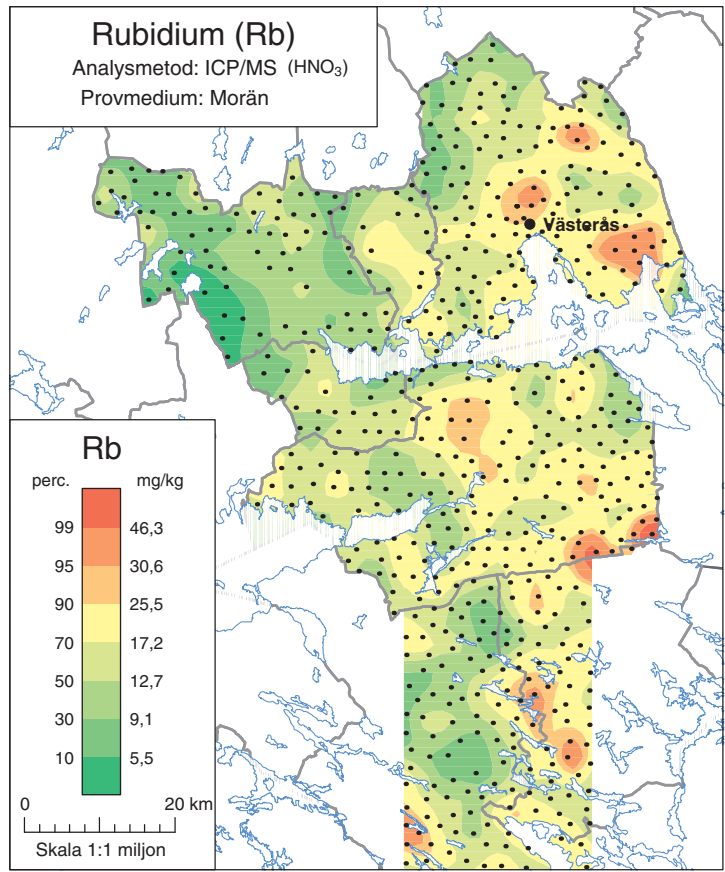
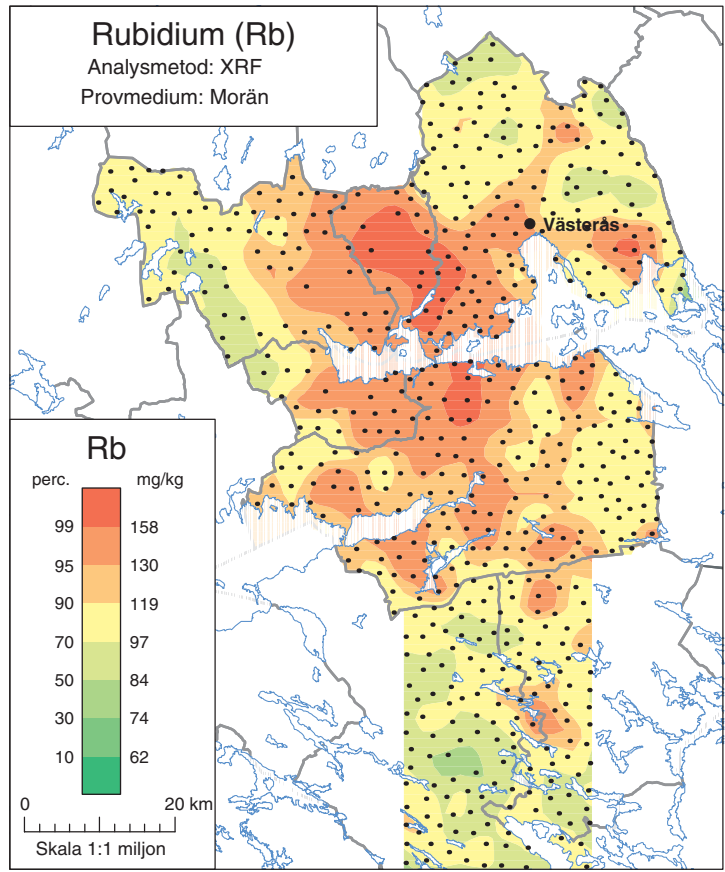


### **Rubidium (Rb)**

Alkalimetallen rubidium ingår i kalifältspater och glimmermineral och förekommer vanligen i metavulkaniter, graniter och pegmatiter. Sedimentbergarter kan ha höga halter men i basiska bergarter är innehållet betydligt lägre. Elementet följer kalium i geokemiska processer och rubidium kan ersätta kalium och barium i mineralens kristallgitter.

Totalhalterna av rubidium i morän är högre än i landet i övrigt och klart influerade av kaliumrika bergarter i moränerna. Därför påträffas starka förhöjningar väster om Västerås till Kolsva och söderut via Kungsör till Eskilstuna. Det är pegmatitmassiv, graniter och vulkaniter och deras moräner som orsakat de anomala regionerna. De syralakade rubidiumhalterna i området är mer jämförbara med landet i övrigt och elementets geokemiska mönster är snarlikt syralakat kalium. Granitområdena framträder inte med förhöjningar vilket avslöjar att det främst är i svårslösliga kalifältspater rubidium ingår. I stället är det mer lösliga mineral, t.ex. biotit, i moränerna som gett förhöjningarna av syralakat rubidium.

Innehållet av rubidium i lerorna är, liksom för kalium, lågt jämfört med landet i övrigt.

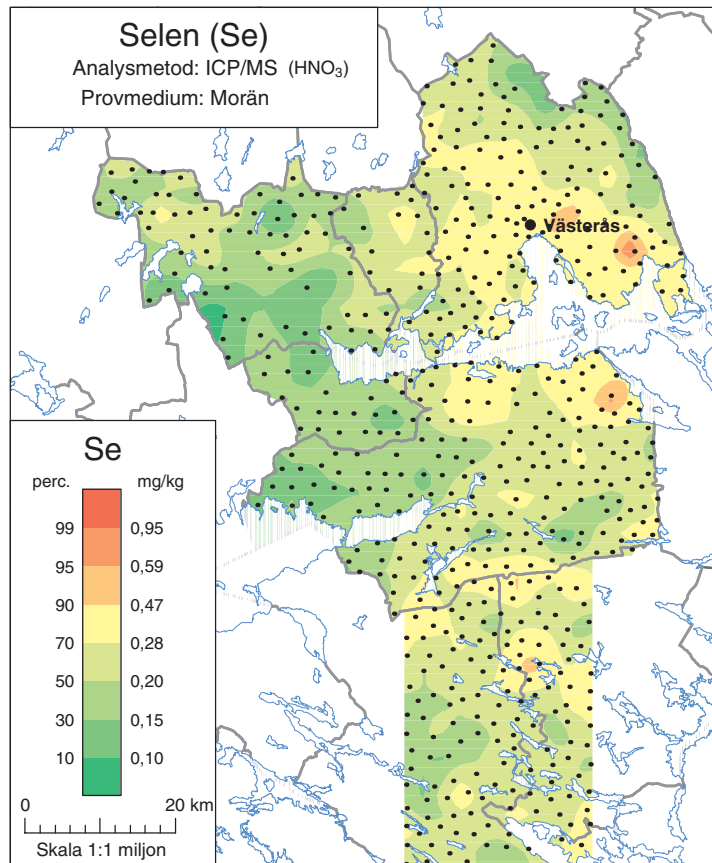


## Selen (Se)

Seleninnehållet i den svenska berggrunden är generellt sett mycket lågt, men skifferar, argilliter och basiska bergarter kan innehålla elementet. Det kan också förekomma i graniter och kalkstenar men i betydligt lägre grad. Selen kan ingå i malmbildande mineral, exempelvis pyrit, och i mineraliseringar kan det uppträda tillsammans med bl.a. Cu, Ag, As, Pb, Sb och Tl.

Selenhalterna i morän ligger på måttliga nivåer jämfört med landet i övrigt. Selen följer svavel i den geokemiska cykeln och de syralakade selenhalterna har stor mönsterlikhet med totalhalterna för svavel. Förhöjningar finns tillsammans med svavel i Västeråstrakten, väster om Kolsva, söder om Kvicksund, i södra delen av Eskilstuna kommun samt i trakten av Flen. Förhöjningar finns också i vid Sörfjärden och sydväst om Västerås. Här är svavelhalterna låga och förhöjningarna uppträder i pegmatitmiljö.

Selenhalterna i lerorna är även de ganska måttliga jämfört med landet i övrigt och förhöjningarna är spridda över undersökningsområdet.

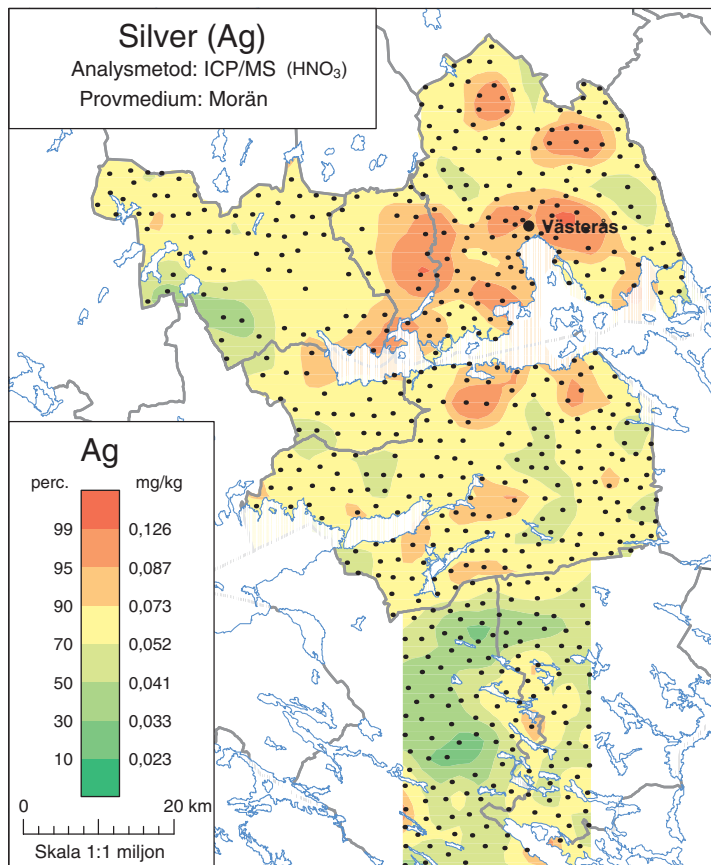


## Silver (Ag)

Silver förekommer med högst halter i sedimentära bergarter som sandstenar, kalksten och skifferar, men också i basiska bergarter. I intermediära bergarter och sura graniter och vulkaniter är halterna lägre. Metallen kan uppträda i hydrotermala gångar ofta bundet till sulfidmineral som blyglans och kopparkis, men silver kan också uppträda i gedigen form. Vid vittring är metallen lätttröglig, men fastläggs och bildar stabila komplex eller adsorberas av markpartiklar med järn och mangan samt lerpartiklar.

Moränerna i undersökningsområdet har tämligen högt silverinnehåll jämfört med landet i övrigt. Orsaken är troligen den starka omvandling som bergarterna genomgått. Metallen har löst ut, rört sig och lagts fast igen i nya komplex. Silverförhöjningarna är knutna till de omvandlade sedimentära bergarterna i norra delen av området men också till jämnkornig granit som öster om Hallstahammar. Massiven av gabbro nordväst om och vid kommungränsen öster om Västerås har enligt det geokemiska moränmönstret lågt silverinnehåll.

Lerorna har också ganska högt silverinnehåll jämfört med landet i övrigt. Det höga silverinnehållet i berg och morän har även försett sedimenten med metallen.

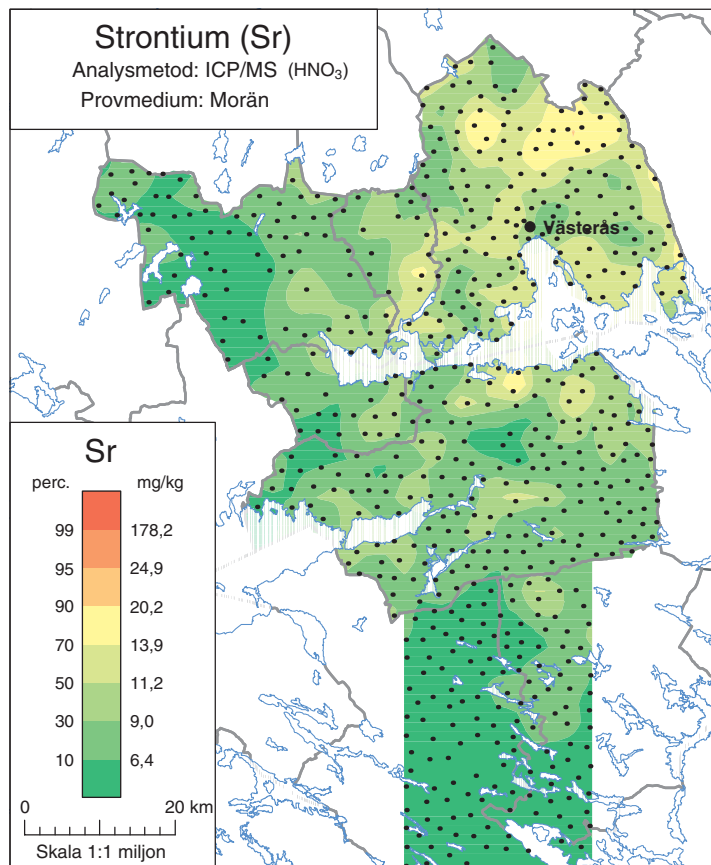


### Strontium (Sr)

Elementet strontium följer kalcium i den geokemiska cykeln och förekommer därför i kalcium-mineral som t.ex. pyroxener och plagioklaser i basiska bergarter. Strontium kan också ersätta kalium och barium tack vare liknande jonradier och kan därmed också uppträda i kalifältspat. Vid vittring fixeras elementet till karbonater, lermineral och organiskt material.

Totalhalterna för strontium är mycket låga och även de syralakade halterna är ganska låga jämfört med övriga landet. I undersökningsområdet förekommer strontium främst i samma moränområden som kalcium och där inslaget är störst av gabbro och dioriter. Vissa skillnader förekommer dock, exempelvis nordväst om Asköfjärden, där en förhöjning på kalcium ej återspeglas i strontiummönstret. Förklaringen kan vara att kalcium uppträder i mineral som pyroxen och apatit i vilka kalcium dominerar över strontium. Även fosfor som uppträder i nämnda mineral, är svagt förhöjt i samma region.

Även lerorna har låga strontiumhalter. De något förhöjda halterna återfinns främst i Köpingstrakten och söder om Mälaren i Eskilstunatrakten.

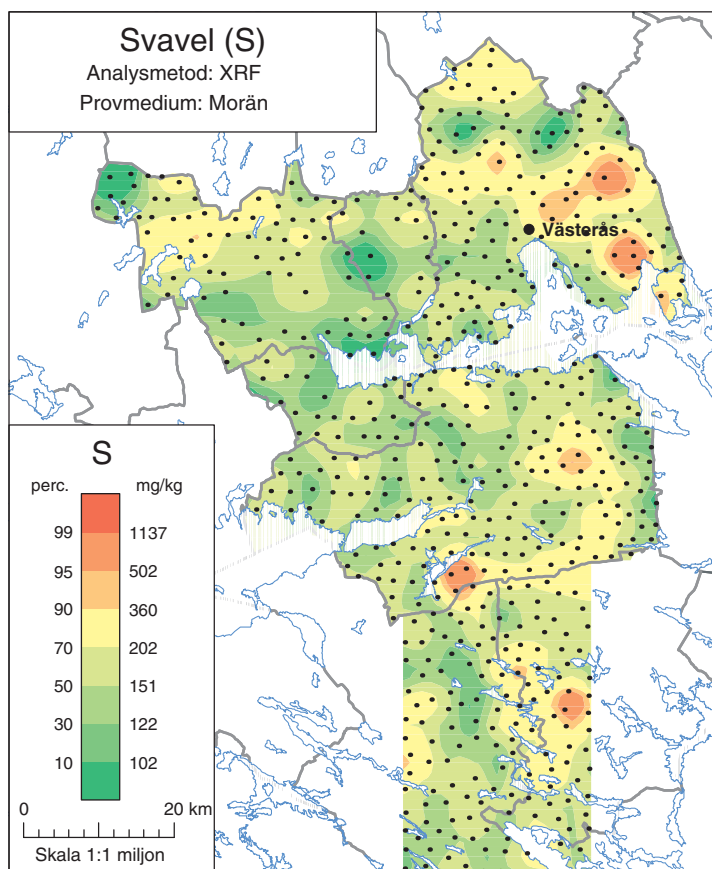


## Svavel (S)

Svavel förekommer med högst halter i skiffrar med organiskt innehåll, därefter med lägre halter i basiska bergarter och kalkstenar. Lägst är innehållet i sandstenar och graniter. Svavel förekommer i huvudsak som sulfider eller sulfater och uppträder exempelvis tillsammans med arsenik, bly och zink. Pyrit (svavelkis,  $\text{FeS}_2$ ) är ett av de mest utbredda sulfidmineralen och kan påträffas i såväl eruptiva som sedimentära bergarter och i metamorfa, som t.ex. glimmerskiffrar. Svavel kan också ingå i biotit och hornblände. Vid vittring av svavelmineral är elementet mycket mobilt.

Totalhalterna av svavel i moränen ligger på medelhöga nivåer jämfört med landet i övrigt och förhöjningar uppträder i stort sett över hela undersökningsområdet, men utan att vara särskilt höga. Kännetecknande för området är att moräner med granitiskt innehåll har låga svavelhalter. Förhöjningar uppträder i anslutning till basiskt bergartsinslag i morän som i Skultunatrakten och norra delen av Västerås kommun. Norr om Kolsva kan förhöjningen möjligen delvis vara orsakad av långtransporterat moränmaterial från Bergslagen. Sydost om Eskilstuna finns förhöjning i ett område med sedimentgnejs och urkalksten och även i den södra delen av kommunen knyts förhöjningen till sedimentgnejs, eventuellt med inslag av diabas. Områden med kända mineraliseringar och sulfidrika partier som sannolikt reflekteras mer eller mindre i moränens svavelmönster återfinns i norra delen av Västerås, mellan Toftsjön och Alnäs molybdengruva, i isrörelseriktningen från Svarthällsgruvan och i östra delen av Eskilstuna kommun.

Lerorna har ej undersökts på sitt svavelinnehåll.

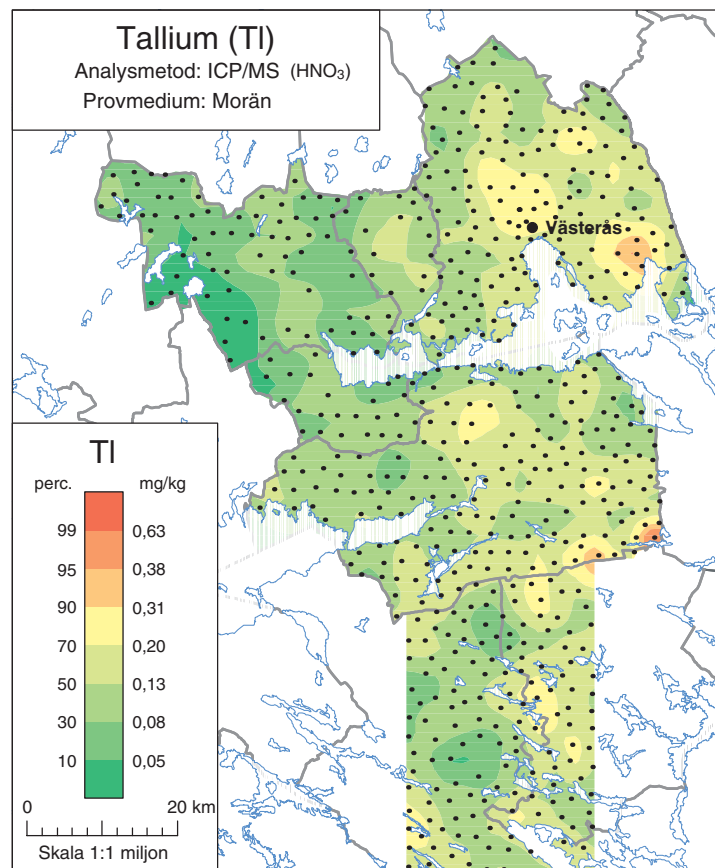


### Tallium (Tl)

Tallium uppträder främst i graniter och skiffrar, men också i vulkaniter, argilliter och dioriter. Basiska bergarter har det lägsta innehållet av tallium. Elementet associeras normalt till kalium och rubidium och kan ingå i ett flertal mineral. Vanligast i glimrar (särskilt biotit), men också i sulfider. Vid vittring fastläggs tallium av organiskt material eller av manganoxider eller bly-sulfater.

De syralakade halterna i morän är ganska låga jämfört med landet i övrigt. Det geokemiska mönstret markerar med de starkaste förhöjningarna troligen glimmerinnehållet i moränen som i Västeråstrakten och sydost därom.

Tallium förekommer i lerorna med halter jämförbara med landet i övrigt.

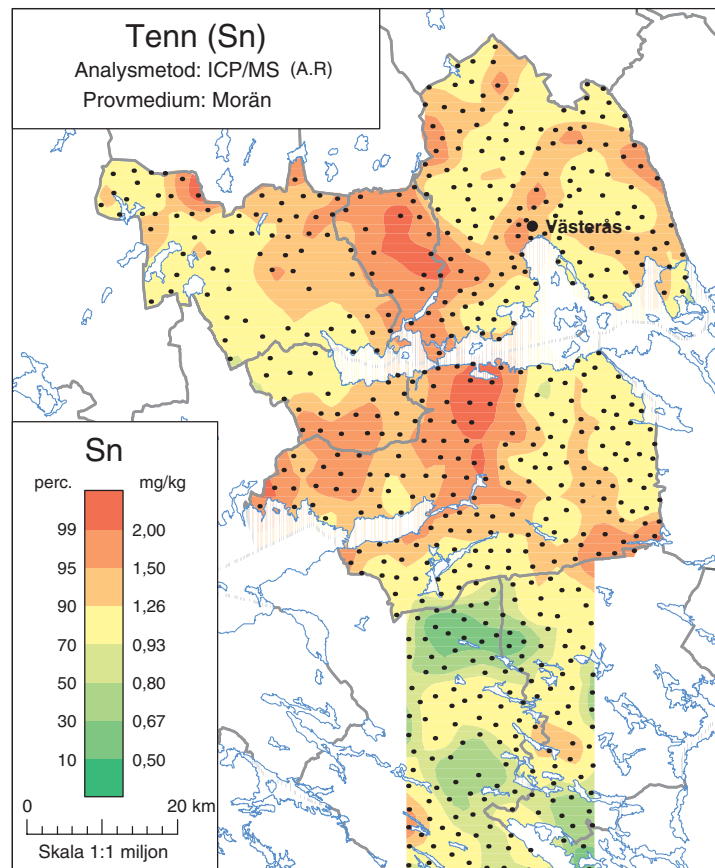


## Tenn (Sn)

Spårelementet tenn förekommer med höga halter i argillitiska sediment och skifferar, därefter i graniter, gnejser och vulkaniter och lägst är halterna i basiska bergarter, sandstenar och kalksten. Tenn kan ingå i mineral som titanit och biotit, men förekommer också i mineralform som kassiterit ( $\text{SnO}_2$ ) i högt tempererade malmgångar och pegmatiter, eller nära granitbergarter. Accessoriska mineral i dessa bergarter är förutom kassiterit bland annat wolframit, arsenikkis, vismutglans, topas, turmalin, kvarts och glimmer.

Tennhalterna i undersökningsområdets moräner ligger på högre nivåer jämfört med landet i övrigt, förutom i området söder om Eskilstuna kommun, där även lågområden påträffas. Förklaringen ligger i det rika inslaget i moränerna av ett flertal bergarter som kan bära tenn. Utöver granitiskt inslag som i norr har man söder om Mälaren uppmätt tämligen höga tennhalter i monzodiorit. Troligen finns också influens från malmfälten norr och nordväst om regionen, med långtransporterat moränmaterial.

Medianhalten för tenn i lerorna är något högre än för landet i övrigt.

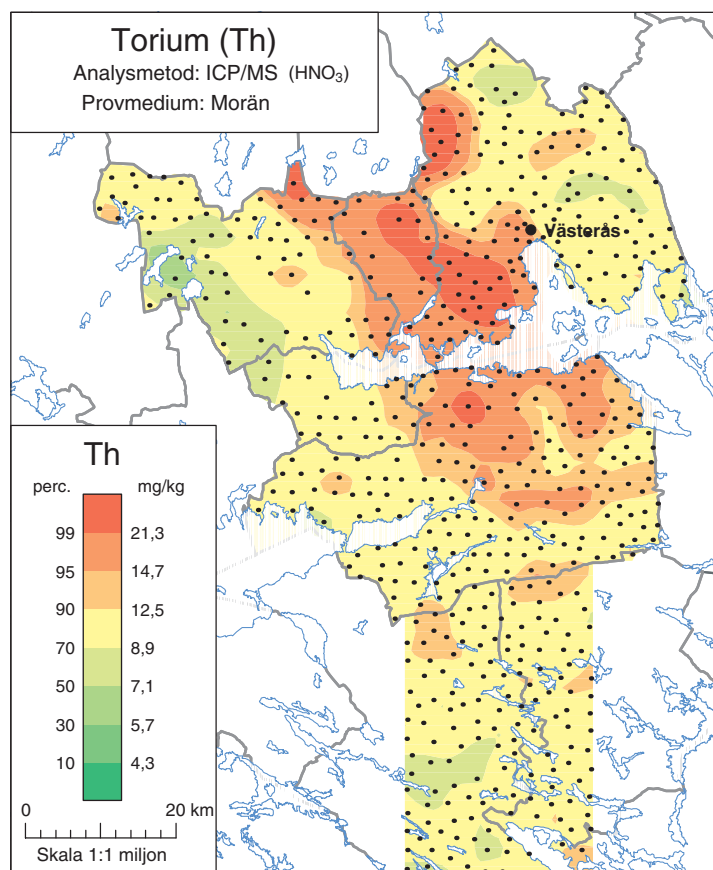


## Torium (Th)

Torium uppträder med höga halter i graniter, gnejser, skiffrar och dioriter medan halterna i basiska bergarter oftast är lägre. Pegmatiter kan ibland ha höga toriumhalter. Torium ingår i mineralet monazit och kan också förekomma bland annat i epidot, zirkon, xenotim och uraninit. Torium är allmänt associerat med kalium och uran men förekommer exempelvis också i pegmatiter tillsammans med litium, rubidium, beryllium, uran, zirkon och sällsynta jordartsmetaller m.fl. Vid vittring är torium relativt lättlösligt, men adsorberas lätt till organiskt material eller bildar starka komplex.

De syralakade toriumhalterna är höga jämfört med landet i övrigt. Det geokemiska mönstret är snarlikt uran och granitiskt bergartsinnehåll i moränerna markerats med kraftiga förhöjningar, dock inte väster om Kolsva, där halterna är låga i anslutning till Fellingsbrogranit. Eftersom torium också kan förekomma i gnejser och dioriter har i stort sett hela undersökningsområdet förhöjda halter i morän.

Lerornas toriumhalter ligger på något högre nivåer jämfört med övriga landet och hela undersökningsområdet har i stort sett förhöjda halter utom i ett par lokaler runt Kolsva och nordost om Västerås. De starkaste förhöjningarna återfinns i sedimenten nordost respektive söder om Eskilstuna.

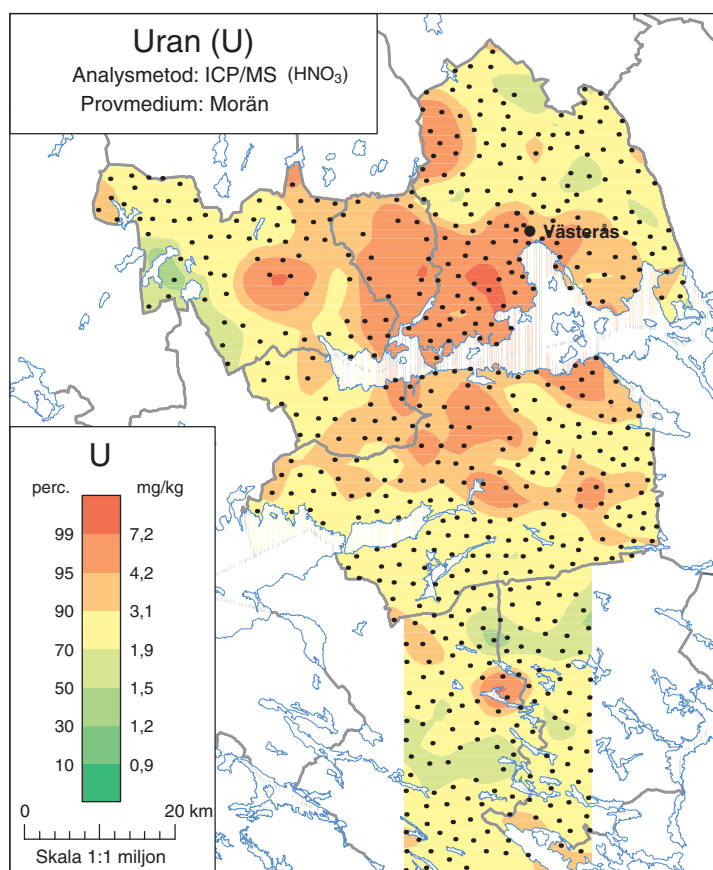


## Uran (U)

Uran uppträder i stort sett i samma bergarter som torium och båda elementen är radioaktiva. Uran bildar ett flertal egna mineral, bland dessa kan nämnas pechblände ( $UO_2$ ). Associerat med pechblände kan kassiterit, pyrit, kopparkis, arsenikkis och blyglans förekomma. Även uranmineral som uraninit (kristalliserad form av pechblände) kan uppträda i pegmatiter tillsammans med monazit, zirkon och turmalin. Andra mineral som kan föra uran är bland annat apatit och allanit (ortit). De olika mineralformerna uppträder vanligtvis i graniter, pegmatiter, gnejser och skarnbildningar. Vid vittring kan uranjonen lätt adsorberas till organiskt material och också bilda starka komplex med oxider, fosfater och karbonater. Rörligheten hos uran är dock ganska hög vid alkaliska förhållanden och då halten av organiskt material är låg.

De syralakade uranhalterna i morän ligger på högre nivåer i undersökningsområdets moräner och förhöjningar uppträder i stort sett i hela regionen. Precis som för torium är det graniter och pegmatiter och deras moräner som ger de starkaste förhöjningarna som exempelvis väster och nordväst om Västerås och även söder om Mälaren. Även i trakten av Kolsva finns förhöjningar som sannolikt kan kopplas till pegmatiter.

Lerornas uranhalter är något högre jämfört med landet i övrigt. Förhöjningar uppträder i stort sett i hela undersökningsområdet liksom för torium, men till skillnad från torium är uranförförhöjningarna lite mer spridda i området.

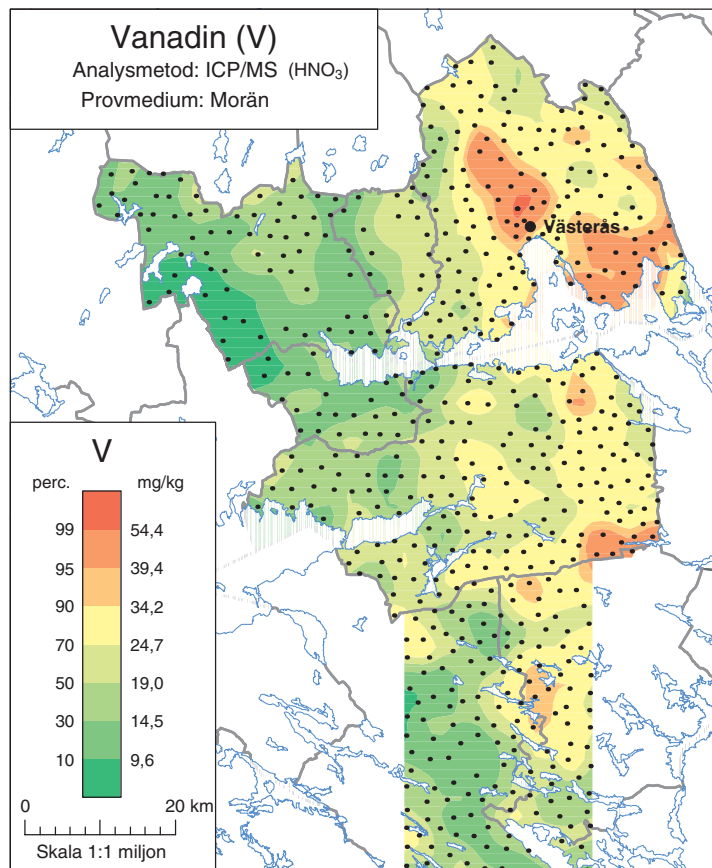


## Vanadin (V)

Vanadin förekommer med höga halter i basiter och i skifferar med organiskt innehåll samt i argillitiska bergarter. Dioriter, graniter, gnejser och vulkaniter har alla lägre halter. Elementet förekommer i mineral som pyroxen, amfibol, glimrar, magnetit och apatit. Vid vittring kan vanadin bilda lättlösliga föreningar, men kan också fällas ut och förekomma i svårösliga former. Vanadin och järn kan lätt byta ut varandra i järnoxider och lermineral.

Totalhalterna för vanadin är låga, särskilt i västra delen av undersökningsområdets moräner, och de syralakade halterna är jämförbara med landet i övrigt. Eftersom vanadin och järn lätt kan ersätta varandra är det geokemiska mönstret för vanadin så gott som identiskt med järn. Där moränerna har högst inslag av mafiska mineral och av glimmer, som i Västerås kommun, är vanadinhalterna högre, liksom i östra delen av Eskilstuna kommun där istransporterat bergartsmaterial avsatts.

Lerornas vanadinhalter är låga eller jämförbara med landet i övrigt. Mönsterlikheten med järn som var stor i moränerna är betydligt mindre för lerorna.

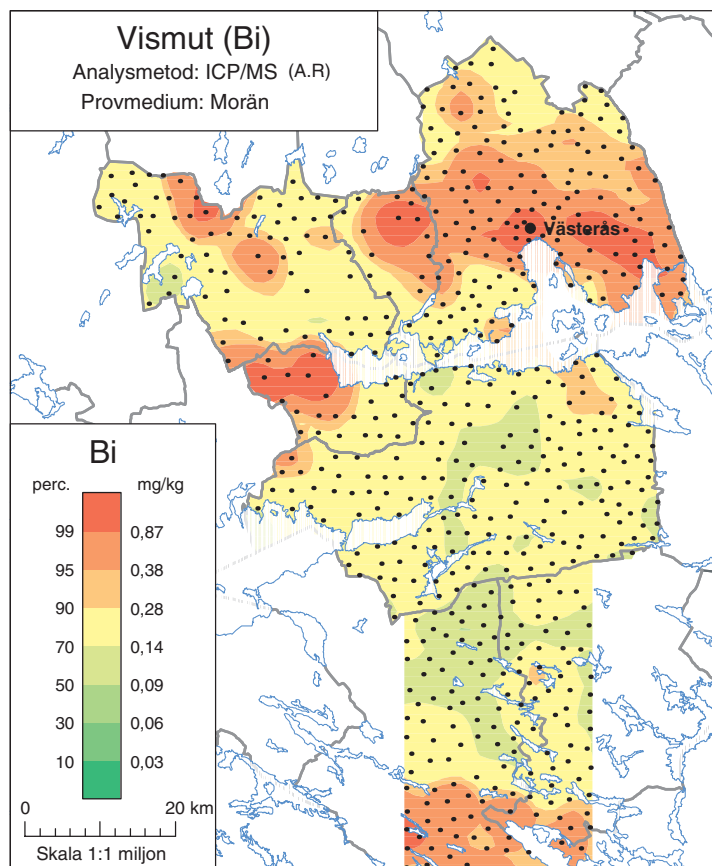


## Vismut (Bi)

Vismut förekommer i ett flertal sedimentära och magmatiska bergarter och vanligtvis anrikat i de glimmerrika. Som vismutglans ( $\text{Bi}_2\text{S}_3$ ) kan det uppträda i mineraliseringar, ofta associerat med magnetit, pyrit, kopparkis, zinkblände, blyglans och även i tenn- och wolframmalmer. I hydrotermala gångar kan vismut förekomma tillsammans med Au, Ag, Ni, Co och Pb.

De syralakade halterna i undersökningsområdets moräner är betydligt högre än i landet i övrigt. Vismut är mer eller mindre anrikat i områden med sedimentgnejser och särskilt i de glimmerrika gråvackorna runt Västerås. I moränområden med högre granitiskt innehåll, som söder om Mälaren och i Köpings kommuns västgräns, är metallhalterna lägre.

Lerorna är ej undersökta med avseende på vismut.

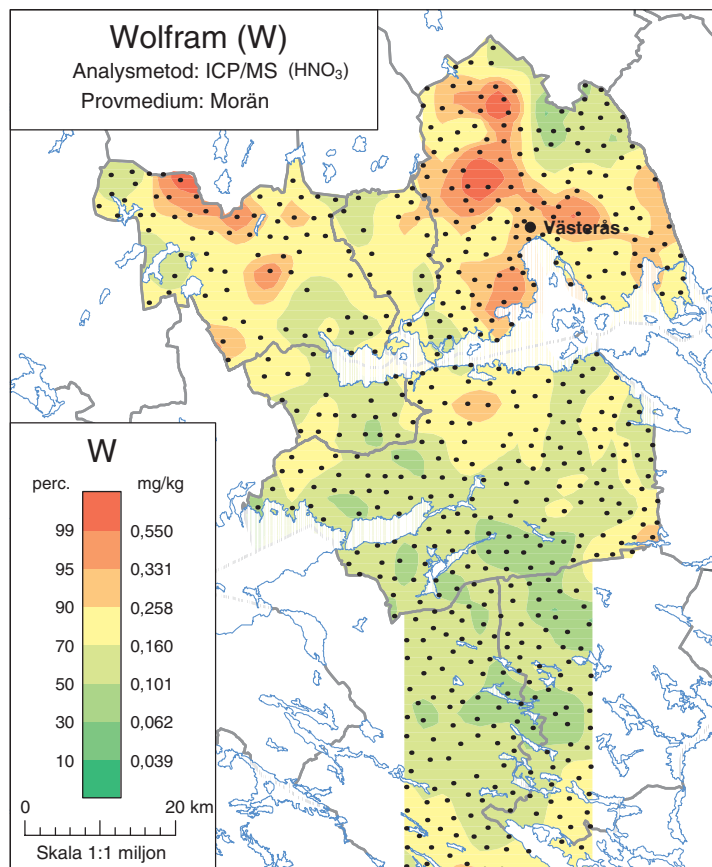


## Wolfram (W)

Wolfram förekommer med höga halter i graniter, vulkaniter, argilliter och skiffrar, medan sandsten och basiska bergarter har lägre halter. Som mineralet wolframit,  $(\text{Fe,Mn})\text{WO}_4$ , kan det förekomma i kvartsgångar och pegmatiter associerat till graniter, och åtföljs ofta av kassiterit, arsenikkis, turmalin, scheelit, blyglans, zinkblände och kvarts. Som mineralet scheelit ( $\text{CaWO}_4$ ) följer det wolframit i pegmatiter och hydrotermala gångar med accessoriska mineral som kassiterit, molybdenglans, fluorit och topas.

Förhöjningarna i undersökningsområdets moräner är medelhöga jämfört med landet i övrigt. Elementet är förhöjt norr om Mälaren klart kopplat till vulkaniter, äldre gnejsgraniter och i viss mån till granit och pegmatit. Med stigande grad basiskt inslag i gnejsgraniterna, som exempelvis i nordöstra delen av Västerås kommun, minskar halterna av wolfram. Söder om Mälaren är wolframhalterna måttliga och förhöjningar förekommer i anslutning till granitinslag. Längre söderut, i sedimentgnejsområdena i södra delen av Eskilstuna kommun och söder därom är wolframhalterna låga, men stiger igen något längst i söder.

Wolframhalterna är måttliga i lerorna och ligger på en ganska jämn nivå. Halterna är lägst i nordost och i trakterna av Flen och Katrineholm.

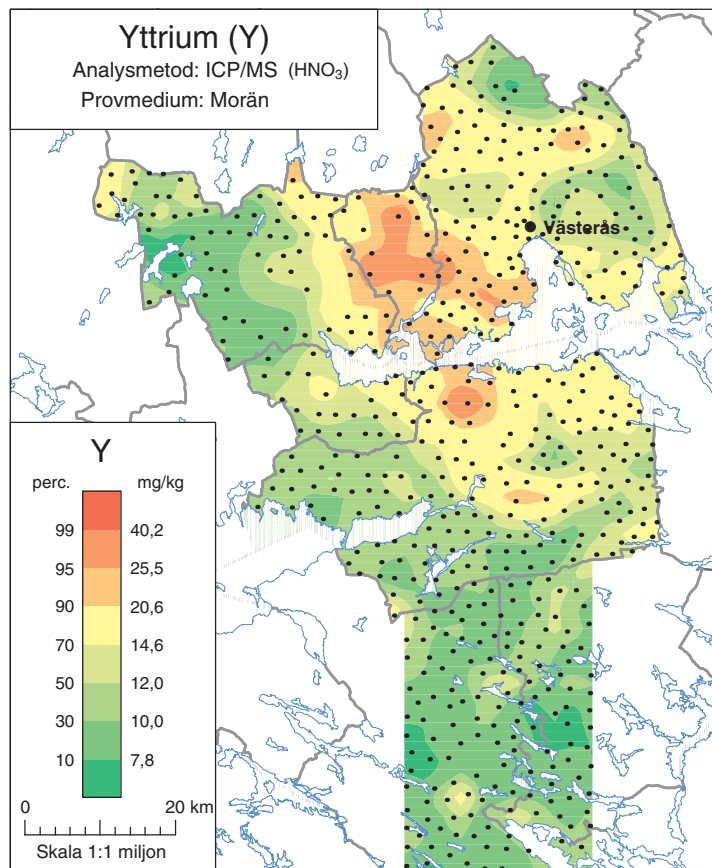


## Yttrium (Y)

Spårelementet yttrium förekommer i stort sett i alla bergarter, men med något högre halter i kiselrika djup- och ytbergarter, i graniter, granodioriter och skifferar. Typiska yttriummineral är monazit och xenotim, men vanligare är andra värdmineral som apatit, fältspater, biotit och pyroxener. I exempelvis pegmatiter kan yttrium förekomma tillsammans med ett flertal element. Bland dessa kan nämnas uran, torium, rubidium, zirkon, beryllium och sällsynta jordartsmetaller.

Totalhalter och syralakade halter i morän är i stort sett jämförbara med landet i övrigt och de geokemiska mönstren för respektive analysmetod är snarlika, vilket tyder på att yttrium främst förekommer i tämligen lättlösliga mineral. Undantag från detta finns dock, exempelvis väster om Flen där totalhalterna i morän markerar att yttrium förekommer i mer svårlösliga mineral. I övrigt finns förhöjningar i moränerna främst där de har inslag av granitiskt bergartsmaterial, som söder om Hallstahammar och söderut mot Eskilstuna.

Lerorna har yttriumhalter som är jämförbara med landet i övrigt. Förhöjningar uppträder spritt över området utom i nordost och nordväst där halterna är låga.

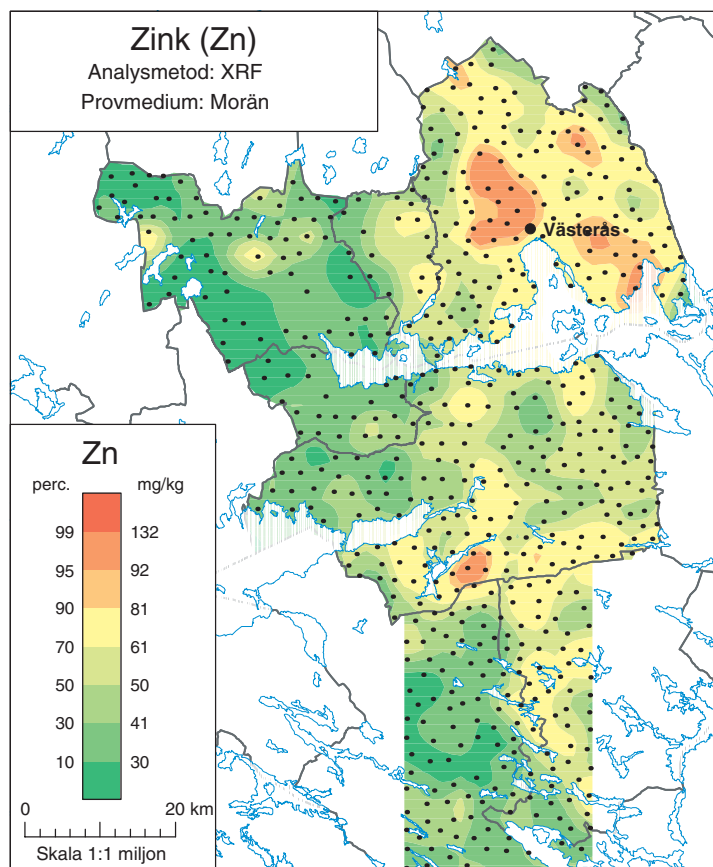


## Zink (Zn)

Elementet zink förekommer med höga halter i basiska bergarter som amfibolit, gabbro och diorit. Skifferar och diabas har också höga halter medan granitiska bergarter har låga. Zink uppträder främst i olika silikater och kan ersätta Fe och Mg. Bundet till biotit kan zinkhalterna bli mycket höga. Metallen uppträder också i sulfider som zinkblände (ZnS) och i järnsulfider. Zink är geokemiskt associerat med Cd, men uppträder även tillsammans med Pb, Cu, Co och Hg.

Undersökningsområdets zinkhalter i morän är jämförbara med landet i övrigt avseende både totalhalter och syralakade halter. De båda analysmetodernas zinkmönster överensstämmer väl, vilket visar att zink ingår i relativt lättlakade mineral. Norr om Mälaren är zink förhöjt i stort sett i regionen öster om Strömsholmsåsen där moränen har störst inslag av glimmerrika grävackor och basiska bergarter. Söder om Mälaren, öster om Sundbyholm och åsen, återfinns en mindre förhöjning i morän vars zinkinnehåll med stor sannolikhet härrör från sedimentådergnejser norr om Mälaren och på öarna. I södra delen av Eskilstuna kommun finns förhöjningar som kan kopplas till glimmerrika sedimentgnejser och till de band av metavulkaniter där också urkalksten uppträder. Även diabaserna vid Näshultasjön kan ha bidragit till zinkhalterna i moränen. Vid Flen återfinns en förhöjning som kan kopplas till glimmerrika sedimentgnejser.

Lerorna har tämligen höga zinkhalter jämfört med landet i övrigt och vid Kungsör och öster om Köping återfinns de högsta halterna.

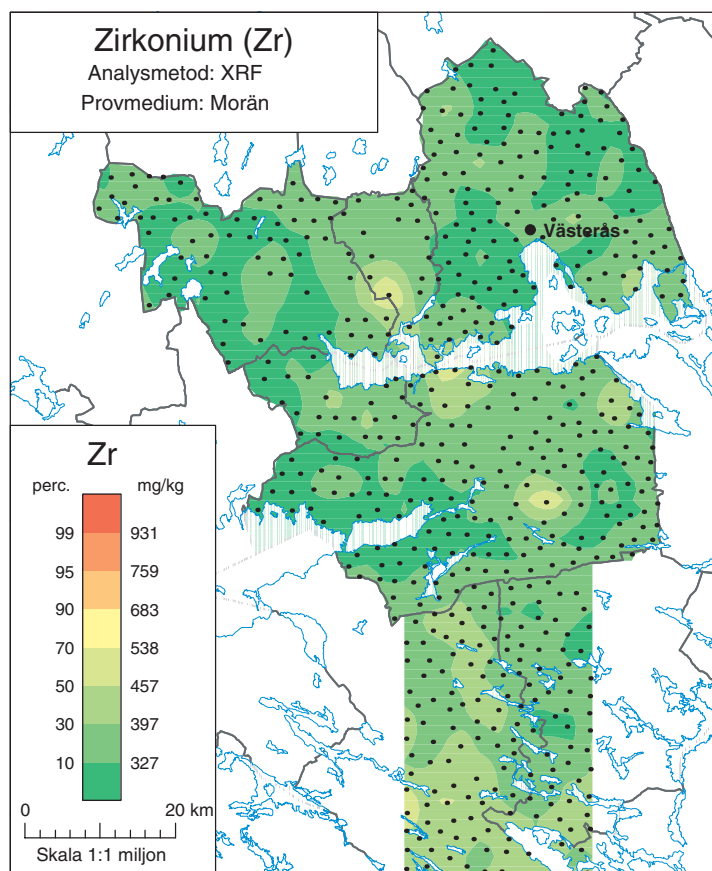


## Zirkonium (Zr)

Elementet zirkonium förekommer främst i det vittringsresistenta mineralet zirkon ( $ZrO_2$ ) och knutet till kiselrika bergarter som sandsten, porfyryr och graniter och vanligen också i pegmatiter. Zirkonium kan också uppträda i metamorfa bergarter som skiffrar och gnejser. Basiska bergarter har normalt lågt innehåll av elementet. Äldre, omvandlade bergarter har vanligtvis högre halter av zirkonium än yngre bergarter. Zirkon är i princip resistent mot vittring.

Totalhalterna är mycket låga i undersökningsområdets moräner jämfört med landet i övrigt. Det geokemiska mönstret för zirkonium visar generellt förhöjningar i områden med högst inslag av granitiska bergarter. Pegmatiterna väster om Västerås utgör däremot ett lågområde för elementet.

Lerorna har ej undersökts med avseende på zirkonium.



### **pH och försurningsresistens**

Surhetsgraden i undersökningsområdets moräner är obetydligt högre jämfört med landet i övrigt vilket visas av ett något lägre medianvärde, pH 5,3, jämfört med medianvärdet för hela landet som är pH 5,4 i finfraktionen (<0,063 mm). I morän av småkullig (hummocky) typ är medianvärdet lägre (5,1). Viss skillnad i medianvärde beroende av finkornighet indikeras av att grusig morän har högst medianvärde (5,4), därefter sandig (normal) morän (5,3) och siltig morän (5,2). Skillnaderna är dock ej statistiskt säkerställda.

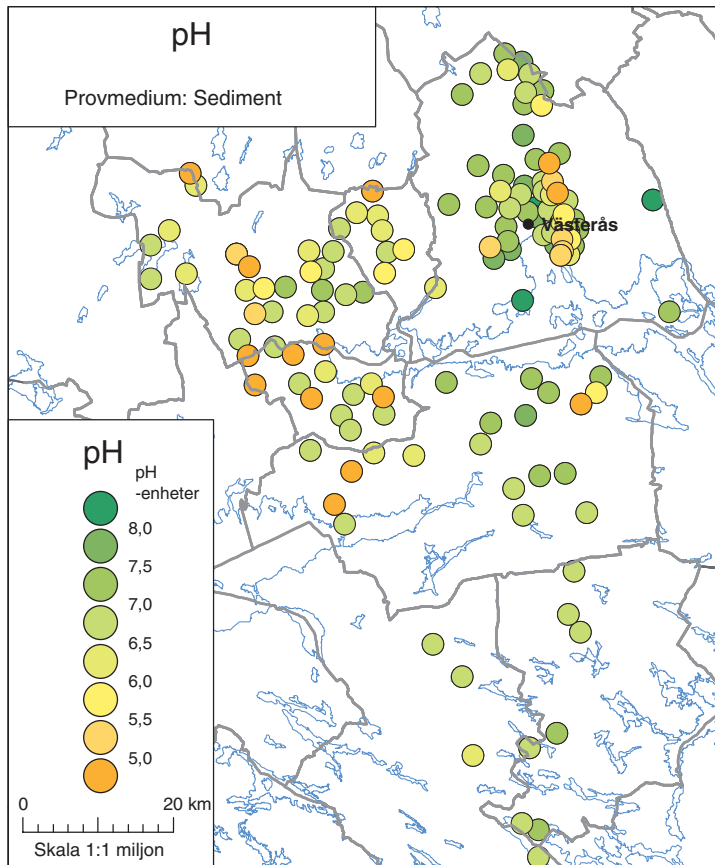
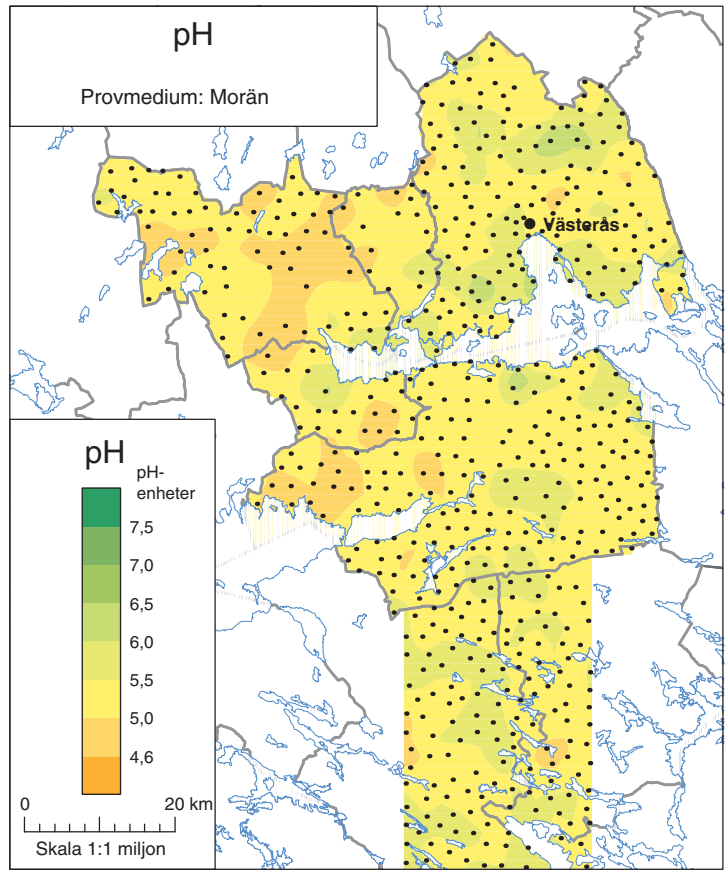
I undersökningsområdet har 5 st av de undersökta moränproverna basiska (över 7) pH-värden och 2 prover har pH över 8. De senare behåller ett basiskt pH-värde efter det att man tillsatt svavelsyra vilket visar på mycket god buffringskapacitet. De har också, för området, höga kalciumhalter (>10 g/kg). Dessa lokaler återfinns norr om Eskilstuna samt på andra sidan Mälaren, nordväst om Asköfjärden. Lägst pH-värden har moräner i Köpings kommun och i området mellan Hjälmaran och Kungsör. Högre pH-värden återfinns norr och sydväst om Västerås. Söder om Eskilstuna förefaller områden med urkalksten ha inverkat positivt på pH, liksom väster om Kungsör och längst ner i sydvästra hörnet av undersökningsområdet. pH reflekterar i viss mån olika bergartsmiljöer, med något lägre värden i den västra delen där granitiskt och vulkanitiskt bergartsmaterial dominerar till skillnad från den östra delen som har större inslag av basiskt bergartsmaterial från bland annat gabbro, granodiorit och tonalit.

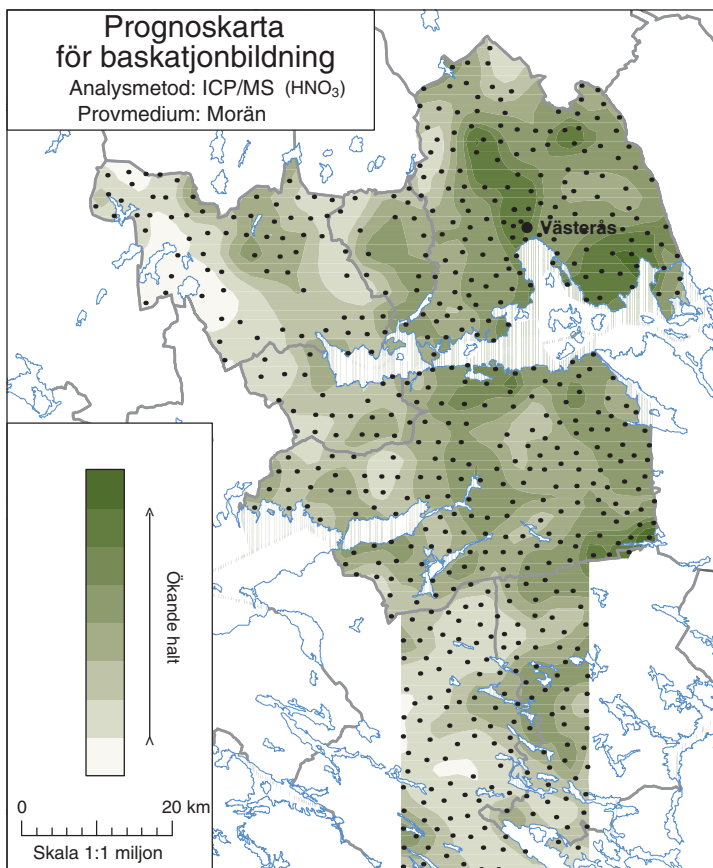
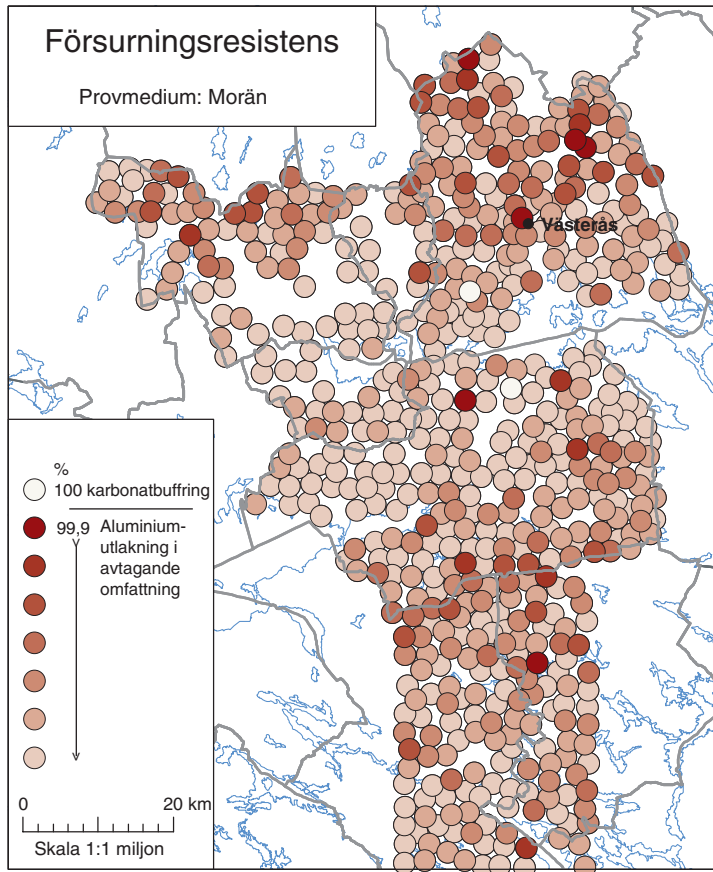
Surhetsgraden i leror och andra sediment ligger på andra nivåer än i morän och medianvärdet är 6,7 pH-enheter, vilket är jämförbart med landet i övrigt. Den postglaciala lera har 0,5 pH-enheter lägre medianvärde än glacial lera. I undersökningsområdet har 30 % av de undersökta proverna basiska (över 7) pH-värden och 7 prover har pH över 8. Av dessa behålls hos 6 prov ett basiskt pH-värde efter det man tillsatt svavelsyra vilket visar på god buffringskapacitet. De 6 proven har alla syralakade kalciumhalter som ligger över 17 g/kg. Sedimentens pH i övrigt varierar mellan 3,4 och 8,3. Även för sedimenten är det den västra delen av undersökningsområdet som har lägst nivå på pH.

Försurningsresistensen 100 % för morän indikerar att karbonatbuffring råder i ett par lokaler på ömse sidor av Mälaren. Andra buffringssystem råder när försurningsresistensen är från som högst 99,9 % och erhålls i moränområden som oftast har hög lakbarhet för aluminium. Avtagande försurningsresistens återfinns främst i områden med lågt innehåll av lakbart aluminium som exempelvis i de centrala västra delarna av undersökningsområdet och väster om Sörfjärden.

Ett antal sedimentlokaler norr om Mälaren erhåller också 100-procentig försurningsresistens och det enbart i glacial lera med höga kalciumhalter (>17 g/kg). Samtliga lokaler ligger i Västerås kommun.

Prognoskartan för baskatjonbildning visar innehållet i morän av syralakat kalcium, kalium och magnesium. Den visar att förutsättningen för att vittrande markmineral kan frigöra dessa gynnsamma ämnen varierar regionalt.





Klassindelningen för mätvärdena är anpassade till kartområdets provmängd.  
Summa saltpeterlösligt kalcium, kalium och magnesium.

## Miljögeokemi

Naturvårdsverket har slagit fast olika riktvärden för metaller och organiska ämnen i förenad mark och delat in markens tillstånd i fyra klasser. Det lägsta riktvärdet, KM (känslig markanvändning), är gränsen mellan ”mindre allvarligt” och ”måttligt allvarligt” tillstånd hos marken och KM-värdena används vid SGU för att påvisa regioner eller enstaka lokaler med naturligt höga metallhalter. Gränsvärdena (i fraktion <2 mm) för känslig markanvändning är: As >15 mg/kg, Pb >80 mg/kg, Cd >0,4 mg/kg, Co >30 mg/kg, Cr >120 mg/kg, Cu >100 mg/kg, Ni >35 mg/kg, V >120 mg/kg och Zn >350 mg/kg (Naturvårdsverket 1999). Som nämnts tidigare bör av SGU framtagna metallhalter i moränfraktionen <0,063 multipliceras med faktor 0,7 för att erhålla likartade värden för direkta jämförelser. I stort innebär den SGU-analyserade moränfraktionen inget stort problem för jämförelse med KM-värden. Ett erhållet SGU-värde som ligger nära eller över KM-värdet visar att moränen i området är en riskfaktor. Småskaliga variationer i moränernas sammansättning kan innebära att KM-värdet överskrids i närheten av aktuell lokal, även om analysresultatet i själva provpunkten ligger strax under KM-värdet. Det bör påpekas att resultaten endast avspeglar risk för halter överstigande KM-värdet; ingen bedömning av eventuella miljö- eller hälsoeffekter kan göras utan detaljerade undersökningar.

En del ”nya” metaller saknar fastslagna gränsvärden för mark i Sverige, men har föreslagits ingå i nationell miljöövervakning (Lithner & Holm 2003) p.g.a. sin toxicitet eller föroreningsgrad. Bland dessa finns Ag, Bi, Sb, Se, Sn, Tl och W som ingår i SGUs markgeokemiska databas.

I den tabellerade statistiken över metallhalter anges gränsvärdena för känslig markanvändning (KM-värden). Jämfört med dessa finns i undersökningsområdet halter i morän av arsenik, kadmium och nickel som överskrider KM-värdena. Dessa höga halter är med stor sannolikhet för flertalet lokaler ett geologiskt arv och inte orsakade av antropogen aktivitet. I sedimenten finns halter överstigande KM-värdena för kadmium och nickel. Flera av nickelhalterna i sedimenten ligger strax över KM-värdet, maxvärdet ligger på 48 mg/kg, och är troligen en effekt av naturliga markprocesser. Lokalen med högt värde för kadmium i sediment bör däremot undersökas närmare.

**Tabell 2.** Känslig markanvändning och markgeokemin i undersökningsområdet (SGUs kartering) uppdelat på antal prover för morän respektive andra sediment med metallhalter överskridande KM-värden (för morän enligt omräknad halt i finfraktion).

Element	KM-värden	Morän >KM	Sediment >KM
Arsenik	15	9	0
Kadmium	0,4	1	1
Kobolt	30	0	0
Krom	120	0	0
Koppar	100	0	0
Nickel	35	1	17
Vanadin	120	0	0
Bly	80	0	0
Zink	350	0	0

**Tabell 3.** Kommuner i undersökningsområdet, antal provtagna lokaler totalt samt med metallhalter överskridande KM-värden (för morän enligt omräknad halt i finfraktion).

Kommun	Antal prov morän	Antal prov >KM	Antal prov sediment	Antal prov >KM
Eskilstuna	177	0	20	4
Hallstahammar	15	0	8	1
Kungsör	24	0	12	3
Köping	71	1	26	4
Västerås	140	9	39	6
Flen, del av		1		0
Katrineholm, del av		0		0

Metaller i västra Mälardalen har relativt höga haltnivåer (totalhalter eller syralakade halter) av Ag, Bi, Be, Cl, Pb, Rb, Th, U och Se jämfört med landet i övrigt. Sedimentens metallhalter är jämförbara eller något högre.

I moränområden med lågt pH är inslaget av lättlösliga kalciummineral mindre frekvent eller saknas. Höga svavelhalter kan också bidra till lågt pH. Det är väl känt att en del metaller har lätt för att frigöras vid sjunkande pH, likaså att andra element fastläggs. Cd, Co, Mn, Ni och Zn är exempel på metaller som är lätttrörliga i sur miljö. Generellt sett börjar de mobiliseras när markens pH är under 6. I områden med höga metallhalter och låga pH-värden kan man därför befara att elementen kan ha börjat lösas ut och nått grundvattnet och det kommunala vattennätet. Här finns risk för att särskilt metallen kadmium men också kobolt, mangan, nickel och zink har börjat frigöras. Vid så låga pH-värden börjar också ett flertal andra metaller mobiliseras.

Undersökningsområdet är sedan tidigare biogeokemiskt kartlagt (Ekelund & Nilsson 1993, Nilsson & Ressar 1990) och när man studerar de biogeokemiska kartorna ser man att biotillgängligheten är hög bland annat för kadmium och uran i samma områden där elementen uppträder i morän och sediment med förhöjningar. Här är det uppenbart att metallerna i löslig form finns i vattendragen och sugits upp av de bäckvattenväxter man analyserat.

## SUMMARY

In 1982 a national geochemical mapping programme based on the silt plus clay fraction (<0.063 mm) of till was initiated by the Geological Survey of Sweden. So far, including the present study, more than 125,000 square kilometres have been covered with systematic sampling in a wide net where one sample represents six square kilometres (equals 15 samples per 100 square kilometres).

The main objective of the programme is to quantify regional variations in glacial drift composition in order to provide data for use in agriculture, forestry and veterinary and human medical research (geomedicine). The purpose is also to support prospecting programmes involving base and ferroalloy metals and gold and environmental research projects. The objective of the latter includes the assessment of the sensitivity of the terrain to the effects of acid rain. For these purposes two sets of characteristics in glacial till are determined.

- (1) concentration of trace and minor elements and
- (2) the buffering components – major element composition, pH and carbonate contents.

The bulk of the collected material is sampled from normal sandy or sandy-silty till. Material extremely rich in gravel, sand or clay is avoided. Clays are also sampled and to a minor extent silt and coarse sediments. A general sampling net is plotted in advance on topographic maps with quaternary geological maps as support, whereas the final location of the sample site is determined in the field. The samples are hand-dug and collected from the C-horizon about one metre from the surface. 0.8 kg of till is collected from several parts of the pit, gravel-size particles are sorted out and the material is sealed in a plastic bag. After vacuum-drying, the samples are sieved to <0.063 mm and analysed for trace, major and minor elements mainly by X-ray fluorescence. Partial leaching in Aqua Regia and nitric acid (7M HNO<sub>3</sub>) analysed with ICP-MS) are also used. Approximate calcium carbonate contents are determined by using hydrochloric acid. pH is determined in a suspended solution based on a sample (<0.063 mm) in distilled water.

The analytical results and their map co-ordinates are stored for fast retrieval. Mathematical and statistical treatment of the material, as well as map production, is completely computerised.

The survey area of the present investigation covers a region more or less surrounding lake Mälaren, located in the central, east part of Sweden. Approximately 3,600 square kilometres are described. The bedrock is dominated by gneisses with subordinate rocks of mafic and granitic composition.

Glacial drift covers most of the investigated area. In the regions nearest to lake Mälaren more samples of other Quaternary deposits, mostly clays, were collected.

The direction of ice flow usually displays a movement from N–NW. The complex till stratigraphy is naturally a complicating factor when trying to interpret the influence of local bedrock on the geochemistry of the till cover. Most tills are however interpreted as fairly local, the impact of local bedrock on till geochemistry is thus clearly discernible.

## REFERENSER

- Ek, A. Löfgren, S., Bergholm, J. & Qvarfort, U., 2001: Environmental effects of one thousand years of copper production at Falun, central Sweden. *Ambio*. (30):2, 96–103.
- Ekelund, L., Nilsson, C.A. & Ressar, H., 1993: Biogeokemiska kartan. Tungmetaller i bäckvattenväxter. Området 8–10, G–J och 11–12, H–J. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden nr 75*, 33 s.
- Erdmann, A., 1864: Hellefors. *Sveriges geologiska undersökning Serie Aa 12*, 42 s.
- Karppanen, H., 2002: Epidemiological studies on the relationship between magnesium intake and cardiovascular diseases, The Magnesium Web Site, [www.mgwater.com/estudies.shtml](http://www.mgwater.com/estudies.shtml).
- Kurttio, P., Auvinen, A., Salonen, L., Saha, H., Pekkanen, J., Mäkeläinen, I., Väisänen, S., Penttilä, I. & Komulainen, H., 2002: Renal effects of uranium in drinking water. *Environmental Health Perspectives*, 110, 337–342.
- Lindström, M., Lundqvist, J. & Lundqvist, T., 1991: *Sveriges geologi från urtid till nutid*. Studentlitteratur, Lund, 398 s.
- Lithner, G. & Holm, K., 2003: Nya metaller och föroreningar i svensk miljö. *Naturvårdsverket Rapport 5306*, 76 s.
- Magnusson, E., 1979: Beskrivning till jordartskartan Västerås SV. *Sveriges geologiska undersökning Ae 35*, 70 s.
- Naturvårdsverket, 1997: Bakgrundshalter i mark. *Naturvårdsverket Rapport 4640*, 47 s.
- Naturvårdsverket, 1999: Metodik för inventering av förorenade områden. *Naturvårdsverket Rapport 4918*, 150 sidor.
- Nilsson, C.A. & Ressar, H., 1990: Biogeokemiska kartan. Tungmetaller i Bäckvattenväxter. Området 11–12, E–H och 12–13, G–J. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden nr 78*, 36 s.
- Reimann, C., Äyräs, M., Chekushin, V., Bogatyrev, I., Boyd, R., Caritat, P. De, Dutter, R., Finne, T.E., Halleraker, J.H., Jaeger, Ö., Kashulina, G., Lehto, O., Niskavaara, H., Pavlov, V., Räisänen, M.L., Strand, T. & Volden, T., 1998: Environmental geochemical Atlas of the central Barents region. *Geological Survey of Norway*, 745 s.
- Snäll, S. & Liljefors, T., 2000: Leachability of major elements from minerals in strong acids. *Journal of geochemical exploration* 71, 1–12.
- Sveriges Nationalatlas, 1994: *Berg och Jord*. Sveriges Nationalatlas, 208 s.

## Tabeller

### Naturliga bakgrundshalter samt pH. Data från SGUs riksomfattande markgeokemiska kartering.

Indelning i percentiler p10–p99, p50=medianvärde

#### FINFRAKTION (<0,063 mm), MORÄN

Totalhalter (Röntgenfluorescens, XRF)

		p10	p30	p50	p70	p90	p95	p99	n
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	g/kg	117	128	136	144	157	164	180	24151
BaO	g/kg	0,45	0,52	0,581	0,67	0,79	0,85	1	24151
CaO	g/kg	13,3	18,9	21,6	24	28,8	32,4	43,4	24151
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	g/kg	24,9	31,2	36,7	43,1	53,9	59,3	71,7	24151
K <sub>2</sub> O	g/kg	23,4	26,6	28,8	31,2	34,8	36,8	41	24151
MgO	g/kg	7,4	10,5	12,9	15,6	20,3	23,2	30,1	24151
MnO	g/kg	0,4	0,51	0,59	0,69	0,88	1,03	1,55	24151
Na <sub>2</sub> O	g/kg	18,5	23,3	27	31,1	35,9	37,9	41,5	24151
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	g/kg	1,51	2,05	2,34	2,63	3,14	3,48	4,58	24151
SiO <sub>2</sub> *	g/kg	670	700	717	733	757	767	792	24151
TiO <sub>2</sub>	g/kg	5,43	6,59	7,43	8,32	9,65	10,33	11,71	24151
As	mg/kg**	<10	<10	<10	11	16	20	32	24146
Cl	mg/kg	<50	<50	63	85	165	298	1140	24151
Co	mg/kg	13	16	19	22	28	31	38	24151
Cr	mg/kg	24	37	48	61	84	99	135	24151
Cu	mg/kg	6	10	14	19	29	35	55	24151
Mo	mg/kg	<2	<2	<2	2	2	3	7	24151
Ni	mg/kg	8	12	16	21	32	39	58	24151
Pb	mg/kg	17	20	22	25	31	36	57	24151
Rb	mg/kg	62	74	84	97	119	130	158	24151
S	mg/kg	102	122	151	202	360	502	1137	22890
Sr	mg/kg	110	148	174	196	249	277	329	24151
V	mg/kg	37	48	57	69	94	108	136	24151
Zn	mg/kg	30	41	50	61	81	92	132	24151
Zr	mg/kg	327	397	457	538	683	759	931	24151

\*Beräknad SiO<sub>2</sub>-halt

\*\*Analysmetoden överskattar halter <30 mg/kg

#### Kungsvattenlakning med ICP-MS

		p10	p30	p50	p70	p90	p95	p99	n
BaO	g/kg	0,018	0,029	0,039	0,051	0,076	0,093	0,141	5971
As	mg/kg	1,4	2,4	3,5	6,3	14,4	19,9	37,0	5971
Au	mikrog /kg	0,4	0,8	1,1	1,6	3,0	4,5	12,6	5971
Bi	mg/kg	0,03	0,06	0,09	0,14	0,28	0,38	0,87	5971
Cu	mg/kg	4,7	8,3	11,6	16,3	25,9	32,6	52,2	5971
Mo	mg/kg	0,2	0,3	0,4	0,5	1,0	1,4	2,9	4026
Sb	mg/kg	0,03	0,07	0,13	0,19	0,29	0,36	0,74	5971
Sn	mg/kg	<1	<1	<1	<1	1,26	1,5	2,0	5971

**Naturliga bakgrundshalter samt pH. Data från SGUs riksomfattande markgeokemiska kartering.**  
 Indelning i percentiler p10-p99, p50=medianvärde

**FINFRAKTION (<0,063 mm), MORÄN**

Salpetersyralakning (7M HNO<sub>3</sub>) med ICP-MS

	p10	p30	p50	p70	p90	p95	p99	n
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> g/kg	9	13	16	21	30	37	53	8330
BaO g/kg	0,021	0,033	0,045	0,06	0,094	0,119	0,213	8328
CaO g/kg	2,3	3,4	4	4,6	5,8	6,8	112,4	8330
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> g/kg	9	13	17	22	33	41	58	8330
K <sub>2</sub> O g/kg	0,5	0,9	1,3	1,8	2,7	3,5	5,6	8330
MgO g/kg	2,3	3,5	4,7	6,4	9,5	11,4	16,4	8330
MnO g/kg	0,13	0,18	0,24	0,33	0,57	0,76	1,31	8330
Na <sub>2</sub> O g/kg	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,3	0,3	0,4	8328
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> g/kg	1,2	1,7	2	2,3	2,8	3,1	4	8330
TiO <sub>2</sub> g/kg	0,6	0,9	1,1	1,4	1,8	2,1	2,7	8330
Ag mg/kg*	0,023	0,033	0,041	0,052	0,073	0,087	0,126	3034
As mg/kg	0,9	2,0	3,7	6,8	14,7	20,7	42,2	8328
Be mg/kg	0,21	0,30	0,39	0,51	0,77	0,96	1,27	8328
Bi mg/kg	0,03	0,05	0,08	0,13	0,23	0,32	0,71	8328
Cd mg/kg	0,03	0,06	0,08	0,11	0,18	0,24	0,41	8328
Co mg/kg	2,3	3,7	5,1	6,9	10,1	11,9	16,6	8328
Cr mg/kg	5,5	8,8	12,4	17,2	27,6	33,8	48,8	8328
Cu mg/kg	4,9	8,4	12	17,1	26,7	33,3	54,1	8328
La mg/kg	13,9	17,5	20,8	25,2	35,6	43,4	64,5	8328
Li mg/kg	4,1	6,6	9,4	13,2	19,5	23,3	34,5	8328
Mo mg/kg	0,14	0,22	0,32	0,5	1,03	1,63	5,77	8328
Ni mg/kg	3,4	5,9	8,5	13,1	24,1	30,3	48,1	8328
Pb mg/kg	3,4	5	7,2	10,5	17,5	22,1	43,4	8328
Rb mg/kg	5,5	9,1	12,7	17,2	25,5	30,6	46,3	8328
Sb mg/kg**	0,004	0,008	0,011	0,018	0,028	0,032	0,058	7770
Se mg/kg*	0,10	0,15	0,20	0,28	0,47	0,59	0,95	8328
Sn mg/kg*	0,17	0,28	0,30	0,40	0,50	0,60	1,00	8328
Sr mg/kg	6,4	9,0	11,2	13,9	20,2	24,9	178,2	8328
Th mg/kg	4,3	5,7	7,1	8,9	12,5	14,7	21,3	5877
Tl mg/kg	0,05	0,08	0,13	0,20	0,31	0,38	0,63	8328
U mg/kg	0,9	1,2	1,5	1,9	3,1	4,2	7,2	8328
V mg/kg	9,6	14,5	19,0	24,7	34,2	39,4	54,4	8328
W mg/kg*	0,039	0,062	0,101	0,160	0,258	0,331	0,550	3034
Y mg/kg	7,8	10,0	12,0	14,6	20,6	25,5	40,2	8328
Zn mg/kg	14,2	22,4	32,2	44,1	65,0	77,8	117,9	8328
Zr mg/kg**	5,1	8,2	10,8	13,8	19,4	23,3	32,0	8328

\* Låg kvalitet på låga nivåer

\*\* Genomgående låg analyskvalitet

morän	fasta klassgränser							n
pH	4,6	5	5,5	6	6,5	7	7,5	5578

**Naturliga bakgrundshalter samt pH. Data från SGUs riksomfattande markgeokemiska kartering.**  
Indelning i percentiler p10-p99, p50=medianvärde

**SEDIMENT (<2 mm), dominans av leror**

Salpetersyralakning (7M HNO<sub>3</sub>) med ICP-MS

	p10	p30	p50	p70	p90	p95	p99	n
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> g/kg	12,4	22,9	30,7	36,2	43,7	47,9	56,2	544
BaO g/kg	0,03	0,07	0,09	0,11	0,15	0,18	0,23	544
CaO g/kg	1,9	3,7	5	6,2	7,5	8,6	51,7	544
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> g/kg	14,7	28,1	37,3	43,9	52,9	56,5	66,4	544
K <sub>2</sub> O g/kg	1,4	3,1	4,5	5,6	7,1	7,7	8,8	544
MgO g/kg	4,1	7,6	10,8	13	16	17,1	20,3	544
MnO g/kg	0,17	0,34	0,52	0,67	0,9	0,99	1,29	544
Na <sub>2</sub> O g/kg	0,11	0,24	0,34	0,44	0,62	0,78	1,46	544
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> g/kg	0,7	1	1,2	1,4	1,7	2,1	2,5	544
TiO <sub>2</sub> g/kg	0,6	1	1,4	1,7	2,1	2,2	2,5	544
Ag mg/kg*	0,04	0,07	0,09	0,12	0,18	0,20	0,22	544
As mg/kg	1,2	2,3	3,8	5,4	8,3	9,7	13,1	544
Be mg/kg	0,31	0,68	0,90	1,14	1,55	1,70	1,90	544
Bi mg/kg	0,07	0,13	0,17	0,24	0,49	0,52	0,58	544
Cd mg/kg	0,03	0,05	0,06	0,10	0,17	0,20	0,30	544
Co mg/kg	3,6	6,8	9,7	12,2	15,7	17,4	19,4	544
Cr mg/kg	9,6	17,3	22,9	30,2	44,0	52,9	60,2	544
Cu mg/kg	6,4	11,8	14,9	19,3	28,1	34,1	43,2	544
La mg/kg	16,1	31,5	42,9	52,1	61,7	66,9	84,7	544
Li mg/kg	7,4	14,0	18,7	23,0	31,9	38,4	44,7	544
Mo mg/kg	0,14	0,24	0,34	0,54	1,45	2,34	6,57	544
Ni mg/kg	5,9	11,2	16,0	20,0	29,6	34,9	41,7	544
Pb mg/kg	4,3	8,7	11,2	14,8	22,2	24,2	27,9	544
Rb mg/kg	14,3	32,3	45,1	57,2	69,0	74,8	82,7	544
Se mg/kg*	0,11	0,22	0,27	0,33	0,48	0,60	1,84	544
Sn mg/kg*	0,12	0,19	0,25	0,32	0,39	0,43	0,57	544
Sr mg/kg	8,3	16,7	24,0	30,1	38,2	42,8	127,6	544
Th mg/kg	5,8	9,4	11,9	14,3	19,0	20,8	27,0	544
Tl mg/kg	0,11	0,21	0,28	0,34	0,44	0,48	0,58	544
U mg/kg	1,1	1,8	2,4	3,3	5,1	6,2	8,8	544
V mg/kg	17,6	32,8	40,6	48,6	59,2	64,7	73,0	544
W mg/kg*	0,02	0,03	0,04	0,06	0,10	0,17	0,28	544
Y mg/kg	8,0	17,2	23,2	28,5	35,4	38,8	47,7	544
Zn mg/kg	22,9	46,9	62,3	74,8	102,7	112,2	129,3	544
Zr mg/kg**	5,9	11,3	14,8	19,0	30,3	33,9	38,1	544

\* Låg kvalitet på låga nivåer

\*\* Genomgående låg analyskvalitet

sediment	fasta klassgränser							n
pH	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	509

Undersökningsområde Västra Mälardalen inkl. Västerås

n=597

Bakgrundshalter i moräners finfraktion (<0,063 mm)

Indelning enligt percentiler p10 – p99, p50=medianvärde

Totalhalter (Röntgenfluorescens, XRF), g/kg											
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	BaO	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	MnO	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>
p10	96	0,41	10	18	23	7	0,25	17	0,7	597	2,8
p30	108	0,47	12	25	26	10	0,35	20	1,0	636	3,7
<b>p50</b>	<b>119</b>	<b>0,52</b>	<b>14</b>	<b>32</b>	<b>28</b>	<b>13</b>	<b>0,43</b>	<b>22</b>	<b>1,2</b>	<b>661</b>	<b>4,5</b>
p70	131	0,59	15	39	32	16	0,51	24	1,4	694	5,3
p90	149	0,67	19	49	36	21	0,65	26	1,8	724	6,4
p95	160	0,70	21	56	38	23	0,71	27	2,1	745	7,1
p99	173	0,80	25	71	41	30	0,89	29	4,2	768	8,4
max	213	0,87	47	89	47	53	1,31	30	5,9	785	9,4

Totalhalter (Röntgenfluorescens, XRF), mg/kg														
	As	Cl	Co	Cr	Cu	Mo	Ni	Pb	Rb	S	Sr	V	Zn	Zr
p10	<10	57	4	16	4	<2	7	21	88	86	77	14	24	276
p30	<10	80	7	25	7	<2	10	24	101	115	92	29	36	314
<b>p50</b>	<b>&lt;10</b>	<b>100</b>	<b>9</b>	<b>34</b>	<b>10</b>	<b>&lt;2</b>	<b>13</b>	<b>27</b>	<b>114</b>	<b>144</b>	<b>102</b>	<b>42</b>	<b>47</b>	<b>344</b>
p70	<10	122	12	45	13	2	16	31	130	199	113	58	62	377
p90	10	174	16	66	22	2	24	37	155	290	128	80	88	432
p95	13	232	19	79	32	2	29	41	167	357	134	96	101	465
p99	24	358	26	118	50	4	45	63	191	702	149	122	150	578
max	116	680	30	204	105	6	97	141	251	2926	161	143	268	735

Salpetersyralakning med ICP-MS, g/kg										
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	BaO	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	MnO	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	TiO <sub>2</sub>
p10	10	0,014	1,6	9	0,5	2,8	0,10	0,08	0,6	0,7
p30	15	0,022	2,2	14	0,8	4,6	0,16	0,11	0,9	0,9
<b>p50</b>	<b>18</b>	<b>0,029</b>	<b>2,7</b>	<b>19</b>	<b>1,2</b>	<b>6,3</b>	<b>0,22</b>	<b>0,12</b>	<b>1,1</b>	<b>1,1</b>
p70	23	0,037	3,4	24	1,6	8,2	0,28	0,15	1,3	1,4
p90	30	0,059	4,9	32	2,5	10,7	0,39	0,18	1,6	1,8
p95	33	0,070	5,7	39	3,1	12,6	0,44	0,21	1,8	2,0
p99	42	0,103	8,3	53	5,7	16,9	0,61	0,29	3,1	2,7
max	60	0,198	20,8	67	9,3	24,7	0,95	0,44	4,2	3,9

Undersökningsområde Västra Mälardalen inkl. Västerås

n=597

Bakgrundshalter (mg/kg) samt pH i moränens finfraktion (<0,063 mm)

Indelning enligt percentiler p10 – p99, p50 = medianvärde

Km-värde i fraktion <2 mm

Salpetersyralakning med ICP-MS													
	Ag	As	Be	Cd	Co	Cr	Cu	La	Li	Mo	Ni	Pb	Rb
KM-värde		15		0,4	30	120	100				35	80	
p10	0,037	0,6	0,35	0,04	2,1	5,7	2,7	14,6	5,3	0,13	2,8	5,2	6,1
p30	0,046	1,0	0,47	0,05	3,4	9,2	4,8	17,8	8,8	0,23	4,9	7,0	10,0
<b>p50</b>	<b>0,056</b>	<b>1,5</b>	<b>0,61</b>	<b>0,06</b>	<b>4,5</b>	<b>13,3</b>	<b>6,8</b>	<b>20,2</b>	<b>12,0</b>	<b>0,32</b>	<b>7,2</b>	<b>9,2</b>	<b>14,1</b>
p70	0,068	2,3	0,76	0,08	6,0	18,1	10,3	24,2	15,8	0,47	9,8	12,3	19,3
p90	0,096	6,3	1,03	0,11	9,2	29,7	18,3	36,8	23,9	0,86	16,9	17,3	27,9
p95	0,115	9,1	1,15	0,13	10,6	38,9	25,4	43,6	30,2	1,11	20,4	21,1	35,5
p99	0,155	25,0	1,43	0,19	15,3	58,4	44,4	61,7	49,5	1,87	33,8	40,2	57,3
max	0,271	138,4	4,46	0,71	19,4	111,4	91,9	171,3	69,1	4,74	76,5	102,9	102,1

Salpetersyralakning med ICP-MS									
	Se	Sr	Th	Tl	U	V	W	Y	Zn
KM-värde						120			350
p10	0,12	4,0	7,9	0,05	1,53	9,8	0,06	7,5	14,7
p30	0,17	5,8	9,7	0,08	2,00	15,4	0,11	9,6	24,1
<b>p50</b>	<b>0,21</b>	<b>7,5</b>	<b>11,3</b>	<b>0,11</b>	<b>2,50</b>	<b>20,5</b>	<b>0,15</b>	<b>11,6</b>	<b>33,2</b>
p70	0,28	9,8	13,3	0,15	3,40	27,4	0,20	14,7	43,9
p90	0,39	13,5	17,9	0,22	5,40	38,0	0,31	21,4	67,5
p95	0,48	16,2	21,8	0,27	6,98	45,5	0,39	27,0	80,1
p99	0,68	23,6	37,3	0,42	11,63	64,2	0,66	37,7	107,8
max	1,21	31,5	53,9	0,76	22,75	83,3	2,05	66,7	254,7

Kungsvattenlakning med ICP-MS				
	Au, ppb	Bi	Sb	Sn
p10	0,3	0,11	0,03	0,71
p30	0,6	0,15	0,04	0,96
<b>p50</b>	<b>0,9</b>	<b>0,20</b>	<b>0,05</b>	<b>1,18</b>
p70	1,3	0,28	0,06	1,42
p90	2,8	0,54	0,10	1,77
p95	4,1	0,95	0,12	2,06
p99	12,6	1,83	0,18	2,78
max	104,9	3,47	0,24	3,36

	pH
p10	4,8
p30	5,1
<b>p50</b>	<b>5,3</b>
p70	5,5
p90	6,0
p95	6,2
p99	6,8
max	8,5

Undersökningsområde Västra Mälardalen inkl. Västerås

n=136

Bakgrundshalter (mg/kg) samt pH i sediment (<2 mm)

Indelning enligt percentiler p10 – p99, p50=medianvärde

Km-värde i fraktion <2 mm

Salpetersyralakning med ICP-MS													
	Ag	As	Be	Bi	Cd	Co	Cr	Cu	La	Li	Mo	Ni	Pb
KM-värde	15				0,4	30	120	100				35	80
p10	0,094	1,8	0,75	0,25	0,07	5,5	17,9	11,7	27,4	12,6	0,21	9,8	12,4
p30	0,147	2,9	1,11	0,42	0,12	9,5	28,5	20,3	41,2	22,4	0,28	17,6	20,0
<b>p50</b>	<b>0,171</b>	<b>3,9</b>	<b>1,33</b>	<b>0,47</b>	<b>0,14</b>	<b>12,3</b>	<b>35,5</b>	<b>23,6</b>	<b>48,6</b>	<b>26,7</b>	<b>0,36</b>	<b>22,4</b>	<b>21,7</b>
p70	0,189	6,0	1,49	0,50	0,17	14,3	43,6	28,3	53,8	32,6	0,51	28,5	22,8
p90	0,200	8,3	1,72	0,54	0,21	17,1	55,2	36,1	61,6	40,1	1,01	36,4	25,6
p95	0,210	8,9	1,79	0,56	0,23	18,1	58,9	39,6	68,7	44,2	1,47	40,1	27,1
p99	0,233	11,8	2,01	0,61	0,28	20,2	64,2	46,0	85,6	45,1	2,84	42,0	29,2
max	0,243	13,9	2,16	0,63	0,70	26,3	69,8	52,4	100,7	48,3	5,66	48,4	30,2

Salpetersyralakning med ICP-MS											
	Rb	Se	Sn	Sr	Th	Tl	U	V	W	Y	Zn
KM-värde								120			350
p10	21,5	0,19	0,20	13,1	9,9	0,14	2,47	25,4	0,05	16,8	42,4
p30	36,4	0,25	0,29	20,9	16,3	0,23	3,38	38,5	0,05	25,4	72,8
<b>p50</b>	<b>45,9</b>	<b>0,29</b>	<b>0,33</b>	<b>24,8</b>	<b>17,6</b>	<b>0,31</b>	<b>4,15</b>	<b>45,0</b>	<b>0,06</b>	<b>29,0</b>	<b>89,7</b>
p70	60,0	0,35	0,37	29,5	19,2	0,38	5,00	52,4	0,07	33,1	104,3
p90	71,3	0,52	0,42	34,6	22,7	0,47	6,95	62,2	0,09	38,4	120,1
p95	75,7	0,56	0,44	38,1	24,8	0,51	7,89	65,8	0,12	42,9	123,9
p99	80,4	0,82	0,53	47,7	28,6	0,58	10,92	73,1	0,16	55,4	133,1
max	81,6	1,98	0,81	53,1	29,2	0,60	14,20	80,5	0,20	64,1	150,8

Salpetersyralakning med ICP-MS, g/kg										
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	BaO	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	MnO	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	TiO <sub>2</sub>
p10	1,9	0,004	0,3	2,2	0,19	0,7	0,03	0,01	0,08	0,10
p30	3,3	0,007	0,5	3,7	0,33	1,1	0,05	0,03	0,10	0,13
<b>p50</b>	<b>3,7</b>	<b>0,009</b>	<b>0,6</b>	<b>4,3</b>	<b>0,45</b>	<b>1,4</b>	<b>0,06</b>	<b>0,04</b>	<b>0,12</b>	<b>0,16</b>
p70	4,1	0,012	0,7	5,0	0,55	1,6	0,07	0,04	0,13	0,18
p90	4,6	0,019	0,8	5,6	0,66	1,8	0,08	0,05	0,16	0,21
p95	4,9	0,019	0,9	6,0	0,73	1,9	0,09	0,06	0,18	0,22
p99	5,3	0,024	2,3	6,5	0,85	2,1	0,10	0,09	0,24	0,23
max	5,6	0,024	4,3	6,7	0,86	2,2	0,11	0,11	0,31	0,23

	pH
p10	5,0
p30	6,2
<b>p50</b>	<b>6,7</b>
p70	7,0
p90	7,5
p95	7,9
p99	8,3
max	8,3

**Eskilstunas kommun**

**n=180**

**Bakgrundshalter (mg/kg) samt pH i moräners finfraktion (<0,063 mm)**

Indelning enligt percentiler p10 – p99, p50=medianvärde

*Km-värde i fraktion <2 mm*

Salpetersyralakning med ICP-MS

	Ag	As	Be	Cd	Co	Cr	Cu	La	Li	Mo	Ni	Pb	Rb
<i>KM-värde</i>	15			0,4	30	120	100				35	80	
p10	0,041	0,6	0,38	0,04	2,8	6,2	3,6	15,2	7,0	0,12	3,1	5,9	7,7
p30	0,047	0,8	0,47	0,05	4,0	9,9	5,5	18,0	9,7	0,21	5,2	7,6	11,6
<b>p50</b>	<b>0,058</b>	<b>1,1</b>	<b>0,58</b>	<b>0,06</b>	<b>4,7</b>	<b>13,3</b>	<b>7,2</b>	<b>20,2</b>	<b>12,5</b>	<b>0,32</b>	<b>7,0</b>	<b>9,5</b>	<b>15,5</b>
p70	0,069	1,4	0,74	0,07	5,9	16,4	10,4	24,0	15,0	0,44	9,3	12,1	20,0
p90	0,094	2,6	1,01	0,10	8,2	23,7	17,1	35,0	21,2	0,73	13,3	15,7	29,5
p95	0,113	3,7	1,14	0,11	10,2	29,9	22,0	39,9	26,6	0,89	16,3	18,7	36,6
p99	0,142	8,9	1,59	0,14	12,8	44,4	32,1	62,2	41,1	1,46	24,7	33,1	56,4
max	0,271	25,3	2,69	0,17	17,5	52,5	91,9	171,3	46,8	1,80	38,9	55,2	102,1

Salpetersyralakning med ICP-MS

	Se	Sr	Th	Tl	U	V	W	Y	Zn
<i>KM-värde</i>						120			350
p10	0,12	5,0	8,7	0,06	1,64	12,9	0,06	8,4	20,0
p30	0,17	6,3	10,7	0,09	2,01	18,1	0,10	10,7	28,4
<b>p50</b>	<b>0,20</b>	<b>7,7</b>	<b>11,8</b>	<b>0,12</b>	<b>2,57</b>	<b>22,0</b>	<b>0,14</b>	<b>12,1</b>	<b>35,9</b>
p70	0,27	9,5	13,8	0,16	3,50	26,7	0,17	15,0	43,7
p90	0,39	12,9	17,6	0,24	5,81	34,3	0,23	20,7	62,0
p95	0,47	14,4	20,7	0,27	7,31	39,1	0,25	26,3	75,3
p99	0,74	24,6	28,0	0,40	11,77	58,4	0,40	43,2	100,3
max	1,13	31,5	38,0	0,76	22,75	62,3	0,45	66,7	107,6

Kungsvattenlakning med ICP-MS

	Au, ppb	Bi	Sb	Sn
p10	0,3	0,10	0,03	0,89
p30	0,5	0,13	0,03	1,09
<b>p50</b>	<b>0,7</b>	<b>0,16</b>	<b>0,04</b>	<b>1,28</b>
p70	1,2	0,21	0,06	1,50
p90	2,1	0,29	0,09	1,95
p95	4,1	0,35	0,11	2,43
p99	10,8	0,48	0,17	2,86
max	47,7	1,05	0,21	3,01

	pH
p10	4,8
p30	5,0
<b>p50</b>	<b>5,2</b>
p70	5,5
p90	5,9
p95	6,1
p99	6,7
max	8,4

**Eskilstunas kommun**

**n=20**

**Bakgrundshalter (mg/kg) samt pH i sediment (<2 mm)**

Indelning enligt percentiler p10 – p99, p50=medianvärde

*Km-värde i fraktion <2 mm*

Salpetersyralakning med ICP-MS													
	Ag	As	Be	Bi	Cd	Co	Cr	Cu	La	Li	Mo	Ni	Pb
<i>KM-värde</i>		15			0,4	30	120	100				35	80
p10	0,155	2,2	1,05	0,42	0,12	9,1	29	19	37	21,3	0,29	17,0	18,6
p30	0,189	2,9	1,45	0,49	0,15	10,9	33	22	47	26,2	0,36	20,4	21,7
<b>p50</b>	<b>0,198</b>	<b>4,9</b>	<b>1,50</b>	<b>0,51</b>	<b>0,17</b>	<b>13,4</b>	<b>39</b>	<b>25</b>	<b>51</b>	<b>32,0</b>	<b>0,39</b>	<b>24,6</b>	<b>22,8</b>
p70	0,200	6,0	1,55	0,54	0,20	15,5	48	32	54	38,3	0,53	32,2	25,2
p90	0,210	8,0	1,79	0,58	0,23	17,5	57	39	59	44,8	1,06	39,2	27,7
p95	0,212	8,6	1,81	0,61	0,25	18,3	61	42	63	45,1	1,41	40,3	29,0
p99	0,218	8,7	2,03	0,62	0,26	24,7	68	46	68	47,7	1,52	40,7	29,3
max	0,220	8,7	2,08	0,63	0,27	26,3	70	47	70	48,3	1,55	40,8	29,3

Salpetersyralakning med ICP-MS											
	Rb	Se	Sn	Sr	Th	Tl	U	V	W	Y	Zn
<i>KM-värde</i>								120			350
p10	35	0,24	0,28	20	17	0,21	3,8	38	0,051	23	72
p30	43	0,31	0,32	26	19	0,26	4,1	45	0,059	28	78
<b>p50</b>	<b>51</b>	<b>0,34</b>	<b>0,37</b>	<b>29</b>	<b>20</b>	<b>0,32</b>	<b>5,0</b>	<b>49</b>	<b>0,066</b>	<b>32</b>	<b>94</b>
p70	59	0,40	0,42	32	24	0,40	6,0	53	0,072	35	104
p90	69	0,47	0,43	36	27	0,48	7,4	65	0,101	37	117
p95	73	0,68	0,45	36	29	0,50	8,0	67	0,142	39	123
p99	77	1,72	0,54	36	29	0,58	10,2	78	0,168	43	130
max	78	1,98	0,57	36	29	0,60	10,7	81	0,174	44	132

	pH
p10	4,9
p30	6,5
<b>p50</b>	<b>6,9</b>
p70	7,1
p90	7,4
p95	7,5
p99	7,6
max	7,6

Hallstahammars kommun

n=15

Bakgrundshalter (mg/kg) samt pH i moräners finfraktion (<0,063 mm)

Indelning enligt percentiler p10 – p99, p50=medianvärde

Km-värde i fraktion <2 mm

Salpetersyralakning med ICP-MS													
	Ag	As	Be	Cd	Co	Cr	Cu	La	Li	Mo	Ni	Pb	Rb
KM-värde		15		0,4	30	120	100				35	80	
p10	0,062	0,6	0,58	0,04	2,3	5,4	2,9	18,2	6,0	0,35	2,3	10,2	7,4
p30	0,065	0,9	0,70	0,04	3,4	7,7	4,3	22,0	8,7	0,37	3,8	11,2	9,5
<b>p50</b>	<b>0,070</b>	<b>1,2</b>	<b>0,79</b>	<b>0,07</b>	<b>4,1</b>	<b>8,4</b>	<b>4,7</b>	<b>25,3</b>	<b>12,1</b>	<b>0,44</b>	<b>4,7</b>	<b>12,6</b>	<b>14,2</b>
p70	0,086	1,6	1,02	0,08	5,1	13,0	7,0	37,2	14,7	0,65	7,2	16,1	17,7
p90	0,106	3,3	1,23	0,11	8,1	18,3	12,3	51,6	21,8	1,07	10,2	20,5	24,6
p95	0,126	3,8	1,27	0,12	8,6	21,0	14,2	57,2	22,5	1,54	11,9	23,1	28,0
p99	0,159	4,3	1,32	0,12	9,1	21,0	16,0	63,4	22,6	1,97	12,9	26,7	28,5
max	0,167	4,4	1,33	0,12	9,2	21,0	16,5	65,0	22,6	2,07	13,1	27,6	28,6

Salpetersyralakning med ICP-MS									
	Se	Sr	Th	Tl	U	V	W	Y	Zn
KM-värde						120			350
p10	0,12	6,1	12,7	0,06	2,80	11,6	0,06	12,5	16,8
p30	0,16	8,1	14,1	0,07	3,36	15,3	0,12	16,0	22,6
<b>p50</b>	<b>0,22</b>	<b>9,1</b>	<b>17,1</b>	<b>0,09</b>	<b>5,00</b>	<b>18,5</b>	<b>0,18</b>	<b>20,6</b>	<b>29,4</b>
p70	0,27	10,9	19,0	0,12	6,46	21,7	0,22	24,7	42,5
p90	0,35	12,6	24,7	0,17	7,60	29,3	0,29	35,2	60,3
p95	0,39	15,5	30,2	0,19	7,95	30,6	0,31	38,1	72,1
p99	0,42	20,2	37,9	0,20	8,23	32,5	0,33	42,4	79,7
max	0,43	21,4	39,8	0,20	8,30	33,0	0,33	43,5	81,6

Kungsvattenlakning med ICP-MS				
	Au, ppb	Bi	Sb	Sn
p10	0,3	0,16	0,03	1,39
p30	0,5	0,22	0,04	1,52
<b>p50</b>	<b>0,5</b>	<b>0,26</b>	<b>0,05</b>	<b>1,71</b>
p70	0,8	0,32	0,08	1,92
p90	0,9	1,27	0,10	2,53
p95	1,0	2,10	0,11	2,69
p99	1,1	2,62	0,12	2,71
max	1,1	2,75	0,12	2,72

	pH
p10	4,7
p30	4,9
<b>p50</b>	<b>5,1</b>
p70	5,3
p90	5,5
p95	5,8
p99	6,1
max	6,2

**Hallstahammars kommun****n=8****Bakgrundshalter (mg/kg) samt pH i sediment (<2 mm)***KM-värde i fraktion <2 mm*

---

Salpetersyralakning med ICP-MS

	Ag	As	Be	Bi	Cd	Co	Cr	Cu	La	Li	Mo	Ni	Pb
<i>KM-värde</i>	15				0,4	30	120	100				35	80
min	0,060	0,9	0,64	0,17	0,05	4,9	15,1	5,2	24,0	11,3	0,18	5,6	11,1
	0,090	1,6	0,79	0,19	0,05	5,5	15,7	9,4	25,2	12,5	0,24	8,9	11,8
	0,110	2,4	0,97	0,28	0,06	6,3	17,9	13,2	32,6	12,8	0,30	9,6	14,8
	0,120	2,9	1,19	0,41	0,07	10,3	24,5	14,2	51,0	23,6	0,52	16,8	19,5
	0,150	4,4	1,40	0,42	0,10	10,3	34,5	23,6	53,1	23,9	0,54	19,3	20,8
	0,180	4,5	1,57	0,45	0,14	11,6	38,4	24,1	58,2	26,7	0,58	24,8	20,9
	0,180	6,0	1,70	0,49	0,15	12,2	39,8	26,7	58,3	28,8	0,70	26,8	23,7
max	0,190	9,2	1,88	0,58	0,20	18,1	54,4	28,6	100,7	34,4	0,95	40,3	27,6

---

Salpetersyralakning med ICP-MS

	Rb	Se	Sn	Sr	Th	Tl	U	V	W	Y	Zn
<i>KM-värde</i>								120			350
min	16,5	0,11	0,17	10,8	11,1	0,12	2,6	21,8	0,048	14,9	33,9
	20,7	0,16	0,20	13,8	14,3	0,14	3,1	29,0	0,057	15,9	37,9
	24,4	0,19	0,25	20,0	14,8	0,14	3,4	29,8	0,057	18,0	46,9
	32,0	0,25	0,26	20,6	16,1	0,23	3,7	35,8	0,073	30,5	70,9
	38,5	0,28	0,32	23,6	16,3	0,31	3,9	39,2	0,077	32,8	86,9
	54,6	0,41	0,39	25,8	18,7	0,31	5,5	44,1	0,091	35,4	106,3
	55,4	0,57	0,41	28,1	19,0	0,36	5,6	46,7	0,121	39,2	111,2
max	68,8	0,67	0,46	31,1	20,8	0,36	5,9	62,8	0,125	64,1	112,2

---

	pH
min	4,9
	5,5
	5,8
	6,3
	6,5
	6,5
	6,6
max	6,6

Kungsörs kommun

n=24

Bakgrundshalter (mg/kg) samt pH i moräners finfraktion (<0,063 mm)

Indelning enligt percentiler p10 – p99, p50=medianvärde

Km-värde i fraktion <2 mm

Salpetersyralakning med ICP-MS													
	Ag	As	Be	Cd	Co	Cr	Cu	La	Li	Mo	Ni	Pb	Rb
KM-värde		15		0,4	30	120	100				35	80	
p10	0,048	0,6	0,36	0,04	1,6	3,9	1,8	17,0	4,4	0,09	1,8	4,5	6,1
p30	0,051	0,7	0,47	0,04	2,1	4,8	2,9	18,3	6,6	0,15	2,8	6,1	7,8
<b>p50</b>	<b>0,058</b>	<b>0,9</b>	<b>0,55</b>	<b>0,05</b>	<b>2,8</b>	<b>6,1</b>	<b>4,1</b>	<b>20,2</b>	<b>9,0</b>	<b>0,21</b>	<b>3,6</b>	<b>7,7</b>	<b>11,1</b>
p70	0,070	1,2	0,64	0,07	4,2	11,1	5,2	22,2	12,3	0,27	5,1	10,9	15,2
p90	0,087	1,7	0,81	0,09	4,8	15,3	5,9	27,4	15,8	0,44	6,9	13,0	22,0
p95	0,088	2,0	0,94	0,09	5,1	16,4	6,3	31,6	16,3	0,84	7,2	14,8	23,0
p99	0,090	2,0	1,11	0,10	7,4	16,8	6,6	34,6	22,2	0,98	7,3	61,8	24,2
max	0,091	2,0	1,15	0,10	8,1	16,9	6,7	35,3	24,0	1,01	7,3	75,8	24,5

Salpetersyralakning med ICP-MS									
	Se	Sr	Th	Tl	U	V	W	Y	Zn
KM-värde						120			350
p10	0,11	5,3	8,8	0,04	1,63	8,4	0,08	8,8	12,9
p30	0,14	6,2	9,6	0,06	2,48	9,4	0,12	11,5	15,4
<b>p50</b>	<b>0,17</b>	<b>6,8</b>	<b>10,6</b>	<b>0,07</b>	<b>2,95</b>	<b>12,0</b>	<b>0,14</b>	<b>11,8</b>	<b>23,3</b>
p70	0,18	9,0	11,6	0,10	3,82	18,1	0,16	13,2	29,1
p90	0,22	12,0	13,7	0,13	4,17	24,9	0,22	16,3	41,7
p95	0,22	12,6	13,8	0,14	4,20	26,4	0,27	17,3	42,6
p99	0,24	14,2	14,0	0,15	4,97	26,6	0,28	20,3	44,7
max	0,24	14,7	14,1	0,15	5,20	26,6	0,28	21,2	45,3

Kungsvattenlakning med ICP-MS				
	Au, ppb	Bi	Sb	Sn
p10	0,1	0,15	0,03	0,90
p30	0,2	0,22	0,04	1,23
<b>p50</b>	<b>0,3</b>	<b>0,25</b>	<b>0,05</b>	<b>1,45</b>
p70	0,5	0,28	0,06	1,53
p90	0,8	0,75	0,09	1,77
p95	1,6	2,19	0,09	1,93
p99	6,0	3,23	0,10	2,23
max	7,3	3,47	0,10	2,31

	pH
p10	4,8
p30	4,9
<b>p50</b>	<b>5,0</b>
p70	5,2
p90	5,7
p95	5,7
p99	6,5
max	6,7

**Kungsörs kommun**

**n=12**

**Bakgrundshalter (mg/kg) samt pH i sediment (<2 mm)**

*KM-värde i fraktion <2 mm*

Salpetersyralakning med ICP-MS													
	Ag	As	Be	Bi	Cd	Co	Cr	Cu	La	Li	Mo	Ni	Pb
<i>KM-värde</i>	15				0,4	30	120	100				35	80
min	0,16	1,8	0,96	0,46	0,06	8,3	25,9	16,2	37,2	20,2	0,25	14,3	21,4
	0,17	2,1	1,02	0,48	0,07	9,1	28,6	16,5	40,6	22,4	0,28	15,5	21,6
	0,17	3,9	1,14	0,48	0,12	9,3	33,3	23,2	44,8	26,6	0,29	18,0	21,7
	0,17	4,6	1,3	0,51	0,14	9,6	39,5	24,5	45,4	28,1	0,32	19,6	21,7
	0,17	6,1	1,5	0,51	0,14	11,8	41,2	24,8	52,1	29,6	0,37	23,2	21,8
	0,19	6,4	1,54	0,51	0,15	12,8	41,5	25,8	53,8	29,9	0,38	23,7	22,8
	0,19	6,4	1,54	0,52	0,15	14,4	44,3	26,0	54,6	31,8	0,49	26,5	23,0
	0,19	7,1	1,56	0,52	0,16	14,5	49,4	26,4	60,6	31,9	0,78	29,4	23,7
	0,2	7,3	1,65	0,53	0,18	15,7	54,6	28,1	62,0	38,2	1,43	32,6	24,2
	0,2	7,5	1,73	0,53	0,19	16,8	55,4	32,7	62,3	39,4	1,45	39,8	25,4
	0,2	11,1	1,76	0,54	0,2	16,9	57,5	39,6	62,5	40,7	1,53	40,1	25,6
max	0,21	13,9	2,16	0,57	0,2	17,4	60,8	42,6	88,1	44,3	5,66	41,6	25,8

Salpetersyralakning med ICP-MS											
	Rb	Se	Sn	Sr	Th	Tl	U	V	W	Y	Zn
<i>KM-värde</i>								120			350
min	33,3	0,2	0,25	15,7	17,5	0,19	3,1	39,5	0,056	21,8	70,9
	40,4	0,22	0,29	17,9	17,6	0,19	3,7	39,8	0,058	22,7	84,7
	44,8	0,22	0,29	18,7	17,7	0,31	3,9	41,6	0,059	26,7	89,7
	54,9	0,22	0,31	22,6	18,2	0,32	4,2	47,2	0,061	26,8	89,7
	55,2	0,23	0,36	23,4	18,6	0,36	4,7	48,6	0,064	29,0	89,7
	59,9	0,27	0,36	25,7	18,7	0,38	4,7	52,6	0,073	29,5	100,5
	61,0	0,29	0,36	28,5	18,7	0,39	4,9	53,0	0,076	31,9	102,6
	69,4	0,37	0,37	29,6	18,8	0,41	5,8	56,1	0,086	35,3	103,8
	69,6	0,51	0,37	29,6	19,3	0,42	6,2	59,4	0,089	39,2	121,7
	69,7	0,52	0,39	30,2	20,0	0,46	6,6	64,2	0,102	41,7	122,3
	71,8	0,55	0,44	33,2	20,0	0,48	7,0	66,3	0,109	42,5	126,4
max	75,2	0,56	0,47	35,5	20,6	0,55	8,1	68,7	0,131	56,7	134,0

	pH
min	3,3
	3,9
	4,1
	4,2
	6,1
	6,2
	6,5
	6,5
	6,6
	6,6
	6,8
max	6,8

**Köpings kommun**

**n=71**

**Bakgrundshalter (mg/kg) samt pH i moräners finfraktion (<0,063 mm)**

Indelning enligt percentiler p10 – p99, p50=medianvärde

*Km-värde i fraktion <2 mm*

Salpetersyralakning med ICP-MS													
	Ag	As	Be	Cd	Co	Cr	Cu	La	Li	Mo	Ni	Pb	Rb
<i>KM-värde</i>		15		0,4	30	120	100				35	80	
p10	0,040	0,6	0,33	0,03	1,5	4,1	1,6	13,5	3,3	0,09	1,8	4,9	4,1
p30	0,049	0,8	0,40	0,04	1,9	5,1	2,7	16,8	4,7	0,14	2,3	6,3	6,0
<b>p50</b>	<b>0,057</b>	<b>1,1</b>	<b>0,51</b>	<b>0,05</b>	<b>2,6</b>	<b>7,7</b>	<b>3,8</b>	<b>19,1</b>	<b>6,8</b>	<b>0,24</b>	<b>3,4</b>	<b>7,5</b>	<b>8,0</b>
p70	0,067	1,3	0,69	0,06	3,6	10,3	4,9	22,8	10,2	0,33	4,3	10,2	12,3
p90	0,085	2,1	0,90	0,09	4,6	14,1	7,7	30,6	15,2	0,57	6,3	13,7	18,0
p95	0,096	2,4	0,95	0,11	5,2	15,7	9,2	36,5	16,2	0,62	7,5	14,4	19,3
p99	0,107	29,4	1,06	0,18	6,3	28,3	11,9	49,9	18,8	0,75	11,5	18,6	22,8
max	0,115	81,3	1,06	0,18	6,5	40,3	15,2	65,0	20,2	0,96	14,6	23,9	25,5

Salpetersyralakning med ICP-MS									
	Se	Sr	Th	Tl	U	V	W	Y	Zn
<i>KM-värde</i>						120			350
p10	0,10	4,5	7,4	0,03	1,50	8,0	0,08	7,8	7,7
p30	0,14	5,3	8,5	0,05	1,90	9,9	0,15	9,6	11,3
<b>p50</b>	<b>0,17</b>	<b>6,4</b>	<b>10,5</b>	<b>0,07</b>	<b>2,50</b>	<b>12,0</b>	<b>0,19</b>	<b>11,9</b>	<b>18,9</b>
p70	0,20	8,4	12,8	0,08	3,50	15,4	0,25	13,8	26,2
p90	0,28	10,8	16,3	0,12	4,60	20,2	0,38	21,1	33,0
p95	0,30	12,0	18,6	0,13	5,95	24,1	0,53	25,8	40,8
p99	0,44	14,4	28,3	0,15	10,53	26,2	0,82	28,7	89,7
max	0,58	15,1	29,4	0,16	11,30	28,2	1,06	31,8	103,3

Kungsvattenlakning med ICP-MS				
	Au, ppb	Bi	Sb	Sn
p10	0,2	0,12	0,04	0,91
p30	0,3	0,16	0,04	1,05
<b>p50</b>	<b>0,5</b>	<b>0,20</b>	<b>0,05</b>	<b>1,23</b>
p70	0,7	0,22	0,06	1,46
p90	1,1	0,37	0,08	1,64
p95	1,3	0,65	0,10	1,83
p99	1,8	1,39	0,12	2,51
max	2,1	1,79	0,14	3,36

	pH
p10	4,8
p30	4,9
<b>p50</b>	<b>5,1</b>
p70	5,3
p90	5,5
p95	5,8
p99	6,3
max	6,8

Köpings kommun

n=26

Bakgrundshalter (mg/kg) samt pH i sediment (<2 mm)

Indelning enligt percentiler p10 – p99, p50=medianvärde

Km-värde i fraktion <2 mm

Salpetersyralakning med ICP-MS													
	Ag	As	Be	Bi	Cd	Co	Cr	Cu	La	Li	Mo	Ni	Pb
<i>KM-värde</i>		15			0,4	30	120	100				35	80
p10	0,070	1,1	0,69	0,18	0,06	3,5	12	6	18	8,2	0,21	5,5	9,0
p30	0,130	4,0	1,22	0,43	0,10	11,3	32	21	47	21,9	0,30	17,8	20,3
<b>p50</b>	<b>0,180</b>	<b>6,0</b>	<b>1,38</b>	<b>0,48</b>	<b>0,14</b>	<b>13,4</b>	<b>42</b>	<b>26</b>	<b>52</b>	<b>30,8</b>	<b>0,36</b>	<b>27,2</b>	<b>21,9</b>
p70	0,190	6,9	1,51	0,50	0,17	14,8	54	33	55	33,8	0,60	31,9	23,4
p90	0,200	9,2	1,65	0,52	0,20	18,1	59	40	65	37,8	1,01	38,3	25,8
p95	0,215	9,8	1,71	0,52	0,22	18,7	60	43	71	38,3	1,33	41,7	26,4
p99	0,235	11,6	1,78	0,53	0,27	20,1	64	50	76	42,9	2,12	46,9	26,8
max	0,240	12,2	1,79	0,53	0,29	20,5	66	52	77	44,4	2,35	48,4	26,9

Salpetersyralakning med ICP-MS											
	Rb	Se	Sn	Sr	Th	Tl	U	V	W	Y	Zn
<i>KM-värde</i>								120			350
p10	13	0,09	0,18	8	7	0,11	2,6	18	0,047	12	23
p30	41	0,24	0,29	23	15	0,25	3,4	43	0,057	26	80
<b>p50</b>	<b>54</b>	<b>0,29</b>	<b>0,31</b>	<b>26</b>	<b>17</b>	<b>0,37</b>	<b>3,8</b>	<b>53</b>	<b>0,064</b>	<b>30</b>	<b>107</b>
p70	71	0,32	0,35	30	18	0,45	4,3	61	0,074	33	114
p90	77	0,38	0,39	34	19	0,48	6,1	65	0,116	36	122
p95	78	0,39	0,40	40	20	0,53	7,0	68	0,119	44	129
p99	81	0,59	0,42	50	22	0,56	12,4	74	0,178	47	146
max	81	0,65	0,43	53	22	0,57	14,2	75	0,197	48	151

	pH
p10	4,9
p30	5,8
<b>p50</b>	<b>6,4</b>
p70	6,8
p90	7,0
p95	7,1
p99	7,1
max	7,1

Västerås kommun inkl. tätort

n=158

Bakgrundshalter (mg/kg) samt pH i moräners finfraktion (<0,063 mm)

Indelning enligt percentiler p10 – p99, p50=medianvärde

Km-värde i fraktion <2 mm

Salpetersyralakning med ICP-MS													
	Ag	As	Be	Cd	Co	Cr	Cu	La	Li	Mo	Ni	Pb	Rb
KM-värde		15		0,4	30	120	100				35	80	
p10	0,044	1,1	0,47	0,05	3,4	9,6	4,7	15,8	9,1	0,16	4,5	7,9	7,5
p30	0,054	1,7	0,67	0,07	5,0	15,6	7,2	19,5	14,0	0,29	7,8	10,7	11,5
<b>p50</b>	<b>0,064</b>	<b>3,0</b>	<b>0,78</b>	<b>0,09</b>	<b>6,4</b>	<b>21,0</b>	<b>10,6</b>	<b>24,1</b>	<b>17,4</b>	<b>0,43</b>	<b>10,6</b>	<b>13,2</b>	<b>15,6</b>
p70	0,081	5,6	0,89	0,10	8,0	25,3	16,1	31,3	22,3	0,58	15,0	16,7	22,1
p90	0,115	12,1	1,18	0,14	10,5	44,5	27,4	45,2	34,2	1,13	23,0	21,0	30,1
p95	0,142	17,9	1,35	0,18	14,3	54,9	33,7	52,8	45,2	1,61	29,6	26,4	37,1
p99	0,172	39,4	1,81	0,33	18,3	72,1	54,7	62,1	61,7	2,46	41,7	41,4	63,3
max	0,218	138,4	4,46	0,71	19,4	111,4	61,6	71,1	69,1	4,74	76,5	102,9	65,7

Salpetersyralakning med ICP-MS									
	Se	Sr	Th	Tl	U	V	W	Y	Zn
KM-värde						120			350
p10	0,15	6,9	7,8	0,07	1,59	16,2	0,06	9,0	24,4
p30	0,21	8,5	9,8	0,11	2,11	21,4	0,16	11,8	37,2
<b>p50</b>	<b>0,26</b>	<b>10,7</b>	<b>12,0</b>	<b>0,14</b>	<b>2,81</b>	<b>29,9</b>	<b>0,22</b>	<b>14,0</b>	<b>48,7</b>
p70	0,32	12,5	14,5	0,18	3,97	34,2	0,27	17,6	61,8
p90	0,45	16,8	25,9	0,26	6,09	45,9	0,41	26,1	83,4
p95	0,57	19,3	31,9	0,35	7,76	60,0	0,51	31,4	101,0
p99	0,70	24,5	38,6	0,45	15,60	77,3	1,28	43,0	153,1
max	1,21	28,9	53,9	0,51	17,07	83,3	2,05	44,9	254,7

Kungsvattenlakning med ICP-MS				
	Au, ppb	Bi	Sb	Sn
p10	0,6	0,17	0,04	0,85
p30	1,0	0,25	0,06	1,03
<b>p50</b>	<b>1,4</b>	<b>0,33</b>	<b>0,06</b>	<b>1,22</b>
p70	2,0	0,42	0,09	1,43
p90	3,5	0,98	0,12	1,72
p95	5,3	1,39	0,15	2,05
p99	12,5	1,80	0,20	2,43
max	28,7	3,23	0,24	2,88

	pH
p10	4,9
p30	5,2
<b>p50</b>	<b>5,4</b>
p70	5,7
p90	6,2
p95	6,5
p99	7,2
max	8,5

Västerås kommun inkl. tätort

n=59

Bakgrundshalter (mg/kg) samt pH i sediment (<2 mm)

Indelning enligt percentiler p10 – p99, p50=medianvärde

Km-värde i fraktion <2 mm

Salpetersyralakning med ICP-MS													
	Ag	As	Be	Bi	Cd	Co	Cr	Cu	La	Li	Mo	Ni	Pb
KM-värde		15			0,4	30	120	100				35	80
p10	0,100	1,9	0,72	0,25	0,08	5,7	18	12	28	12,7	0,20	10,6	13,3
p30	0,145	2,8	1,05	0,41	0,12	8,9	25	20	39	21,0	0,24	16,6	19,1
<b>p50</b>	<b>0,161</b>	<b>3,2</b>	<b>1,22</b>	<b>0,45</b>	<b>0,14</b>	<b>11,3</b>	<b>31</b>	<b>22</b>	<b>45</b>	<b>24,9</b>	<b>0,32</b>	<b>19,9</b>	<b>20,7</b>
p70	0,174	4,1	1,32	0,47	0,16	13,5	40	25	49	29,9	0,42	24,4	22,2
p90	0,190	6,6	1,49	0,52	0,21	16,2	48	33	57	39,6	0,87	33,7	23,4
p95	0,197	8,0	1,57	0,53	0,24	17,4	51	35	59	42,2	0,95	36,2	24,0
p99	0,223	9,6	1,81	0,54	0,45	19,5	54	39	75	44,8	1,73	37,4	26,1
max	0,243	11,0	1,83	0,54	0,70	19,7	55	40	81	45,2	2,03	38,3	28,4

Salpetersyralakning med ICP-MS											
	Rb	Se	Sn	Sr	Th	Tl	U	V	W	Y	Zn
KM-värde								120			350
p10	21	0,20	0,20	14	10	0,14	2,3	25	0,048	17	43
p30	31	0,25	0,29	20	16	0,22	2,9	34	0,050	25	67
<b>p50</b>	<b>41</b>	<b>0,28</b>	<b>0,33</b>	<b>24</b>	<b>17</b>	<b>0,27</b>	<b>3,6</b>	<b>42</b>	<b>0,055</b>	<b>27</b>	<b>85</b>
p70	56	0,33	0,36	29	18	0,33	4,4	47	0,060	32	97
p90	64	0,49	0,41	36	21	0,46	5,9	56	0,070	36	113
p95	67	0,56	0,42	39	22	0,49	6,5	59	0,080	38	118
p99	76	0,73	0,60	47	24	0,58	9,4	60	0,092	52	130
max	82	0,90	0,81	48	24	0,58	10,6	60	0,095	53	131

	pH
p10	5,2
p30	6,5
<b>p50</b>	<b>7,0</b>
p70	7,3
p90	8,0
p95	8,1
p99	8,3
max	8,3

## VÄSTERÅS TÄTORT

### Bakgrund

Geokemisk undersökning av Västerås har gjorts i syfte att skapa ett beslutsunderlag för planerings- och resurshushållningsfrågor avseende metaller och andra grundämnen i tätorten. Bearbetade geokemiska analyser utgör ett utmärkt underlag som påvisar den geokemiska status ett område har och som utgör en naturgiven faktor som bland annat påverkar markens metallbelastning, föroreningsrisk, försurningskänslighet och strålningsrisk. Naturliga halter av metaller i berggrund och jordarter kan till exempel inte saneras bort och inte täckas över utan finns ständigt som en påverkansfaktor för yt- och grundvatten. I tätorten är emellertid inte de geokemiska förutsättningarna bara geologiskt relaterade utan också påverkade av antropogen aktivitet.

Kunskapen om grundämnenas bakgrundshalter i olika miljöer är nödvändig att beakta exempelvis vid miljötekniska undersökningar, i arbeten med förorenad mark och för bedömning av vattenkvalitet. För dessa ändamål har en geokemisk referenssamling byggts upp med hjälp av markgeokemisk och biogeokemisk provtagning i urban miljö, dvs. i den bebyggda delen av staden, samt i den rurala miljön i närområdet till staden. Den geografiska avgränsningen av tätorten har gjorts enligt princip att täcka in områden som under lång tid varit utsatta för diffusa föroreningar vilket kan ha gett en metallbelastning i tätorten som överstiger metallbelastningen i omgivande landsbygd (Naturvårdsverket 1997).

SGU har tidigare genomfört liknande undersökningar i Göteborg där undersökningarna gjordes i samarbete med Göteborgs kommun (Selinus m.fl. 2001). Internationellt har man gjort geokemiska undersökningar i tätorter allt sedan 90-talet. Utöver att påvisa hur olika metallassociationer i yttjord avspeglar teknosfären (Peltola & Åström 2003) har man också påvisat att underlagets belastning av ett flertal metaller har antropogent påslag (Birke & Rauch, 2000). Det har konstaterats att yttlig jord ofta har förhöjda nivåer av bland annat Ag, As, Cr, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb och i underlaget har man påvisat högre innehåll av bland annat Cd, Cu, Hg, Pb, Sn, Zn.

Provtagningen av mark har gjorts i morän och andra sediment från ett djup av 0,8–1 m samt i representativ yttlig jord från samma lokal på ett djup under humus och rotfilt av 0 till max. 10 cm. Metodik för provtagning, provberedning och analysering beskrivs i övrigt i avsnittet Metodik på s. 9. För tätorten har endast salpetersyralakade analyser av fraktioner <2 mm använts. (För att få ett större jämförelsematerial används dock analysresultat från finfraktionen i morän vid de jämförelser som görs under respektive metall och metalloid av Västerås kommun med övriga västra Mälardalen respektive den hittills karterade delen av landet. Om inte annat anges är det salpetersyralakade analysjämförelser som gjorts).

I föreliggande kapitel har fokusering gjorts på de metaller och metalloider som anses traditionella ur föroreningssynpunkt och där gränsvärden finns för indelning av tillstånd av förorenad mark (Naturvårdsverket 1999). Fokusering har också gjorts på några av de ”nya” metaller och metalloider som föreslås ingå inom nationell miljöövervakning med tanke på deras höga föroreningsgrad eller toxicitet (Lithner & Holm 2003).

Fortlöpande i texten inbegriper begreppet metaller även metalloider för att förenkla läsandet.

Inför bearbetning av analyser och tolkning av markgeokemiska resultat delades analysresultaten in i olika populationer, dels efter jordart, dels efter om de insamlats i urban eller rural miljö. De yttligt tagna proven blev därför indelade i fyra populationer. För en del av de undersökta metallerna och pH har den yttliga jorden olika haltnivåer beroende på om underlaget är morän eller sediment. Tydligast syns detta för elementen Be, Co, La, Sr, Th, Y samt för pH, som alla har högre nivåer där sediment underlagat ett ytprov.

Utöver att studera metallhalter, gjordes också jämförelser mellan metallvärde i ett djupprov och ovanpåliggande ytprov genom att beräkna kvoten mellan dem. Där kvoten överstiger 1

är metallhalten i ytan högre än i djupprovet. Anledningen är anrikningsfaktorer som beror på naturliga markprocesser eller antropogent tillskott och fastläggning av en metall. Antalet lokaler vars ytprov är högre än djupprovet, alltså >1, varierar beroende på element. Exempelvis har metallerna Cd, Mo, Pb och W kvot >1 i mer än 75 % av antalet provtagna lokaler, medan Co, Cr, Ni samt pH har kvoter >1 i mindre än 25 % av lokalerna. Man finner högst kvoter hos Ag, Cd, Sn, W och Zn. Höga respektive låga kvoter uppträder oberoende av jordart, dock finns större andel högre kvoter i morän bl.a. för Ag, Bi, Mo, Pb och V medan andelen högre kvoter i sediment återfinns för bl.a. Sn och U. Man bör hålla i minnet att en metallkvot över 1 inte automatiskt innebär ett antropogent metalltillskott, utan kan vara naturligt betingat t.ex. beroende på vissa elements förmåga att bindas till organiska föreningar.

Från små vattendrag har utsatt näckmossa (*Fontinalis Antipyretica*), s.k. transplantat, provtagits enligt metodstatus BIN VR 212 (Rosén 1993). Även ett antal prov från husmossa (metodstatus: Tyler 1970) och ofiltrerade vattenprov har samlats in som stöd för den geokemiska tolkningen. Analyseringen har utförts med ICP-MS.

Under åren 1990–1991 utfördes, som en del i SGUs ordinarie karteringsverksamhet, regional biogeokemisk undersökning baserad på bäckvattenväxter i kommunen (Nilsson & Ressar 1995). Kortare beskrivningar av resultatet återfinns under respektive element.

Provtypen bäckvattenväxter består av vattenlevande mossor, t.ex. näckmossa eller av växtrötter från starrarter och älggräs från mindre vattendrag. Växterna i och vid vattendragen får sin näring från det förbibrinnande vattnet. Utbytet av kemiska ämnen, som metaller, mellan vattnet och växterna är en långsam process där inverkan av årstidsvariationer är av underordnad betydelse. Metallhalterna i varje prov representerar härigenom till stor del vattendragets genomsnittliga biotillgängliga metallhalt och kan indirekt avspegla grundvattnets metallinnehåll. XRF-analyser har utförts på inaskade prov och halterna har omräknats till torrsubstans (TS).

Grundprincipen vid tolkning av geokemiska data är att de djupare tagna morän- och sedimentproven huvudsakligen visar naturlig haltnivå, medan ytligare tagna jordprov liksom näckmossa visar en mix av respektive metall från både naturliga och antropogena källor. Analyser av husmossa visar huvudsakligen påverkan från antropogena källor. Dock kan, inom urbana miljöer där metallrelaterade verksamheter bedrivits under lång tid, även de djupa jordproven vara påverkade av antropogena källor. Den geologiska miljön är olika för våra tätorter och olika är också varje tätorts industriella och kommersiella uppbyggnad med verksamheter och historik som på ett eller annat sätt fått och får metaller att cirkulera i miljön. Varje tätort är därmed unik och har unika bakgrunds nivåer av metaller.

Föreliggande rapport avser inte att vara heltäckande avseende orsaken till och effekten av metaller i miljön utan vill ge en översiktlig bild av metallstatusen i Västerås och med några exempel illustrera en del av ämnenas förekomst i mark och vatten. Vid den tolkning som gjorts har fördelningen av respektive metallhalter i den ytliga jorden (ej Sb) legat till grund för presentationen av ämnena. Samtliga presenterade ämnen avviker i den urbana miljön med förhöjda metallhalter.

För lokalisering av platsnamn som nämns i texten hänvisas till figur 5 på s. 86.

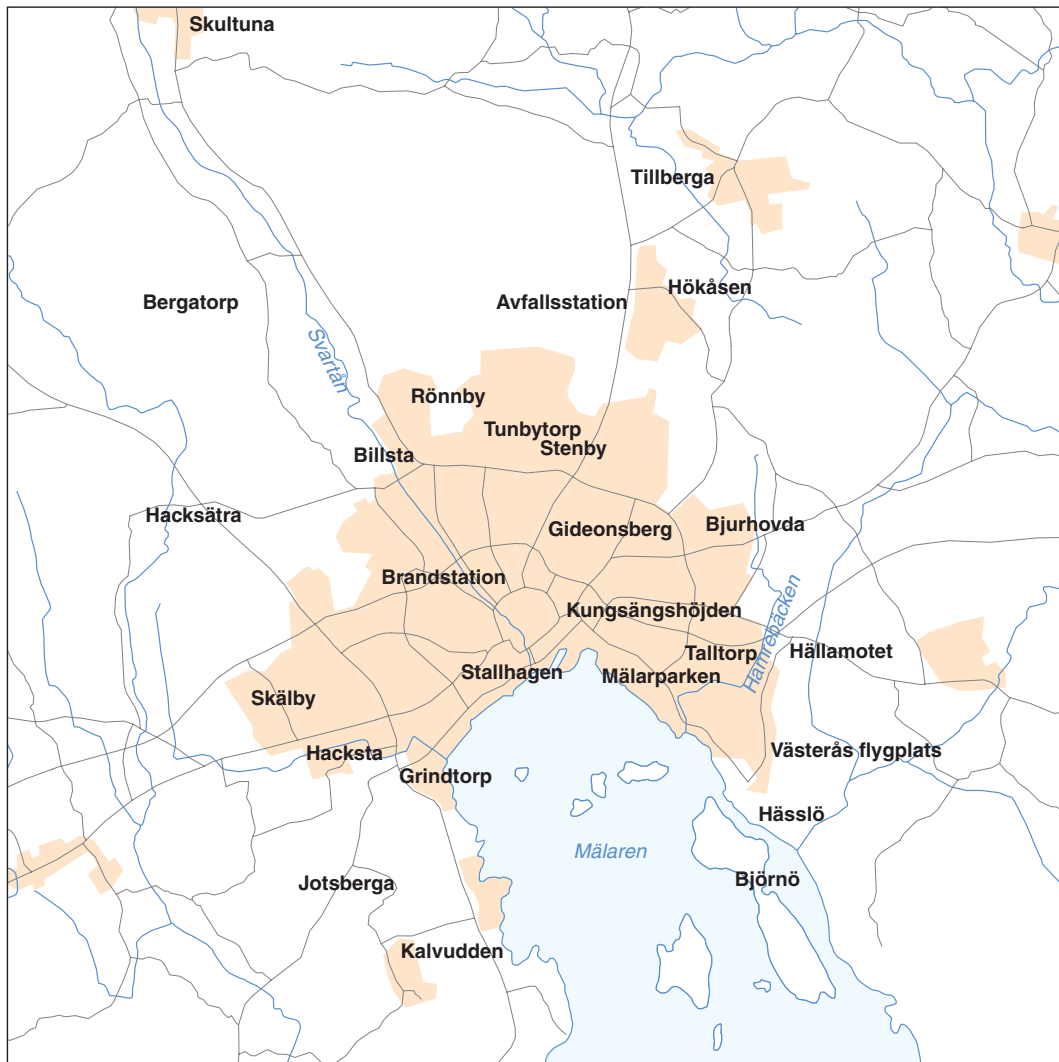


Fig. 5. Platsnamn som nämns i texten i kapitlet "Västerås tätort".

### **Antimon (Sb)**

Antimon förekommer i flera produkter som idag har en bred spridning bland samhällets konsumenter. En vanlig förekomst är  $Sb_2O_3$  i flamskyddsmedel som används inom flera branscher som elektronik (datorer, TV), inredningar i fordon, kablar, byggmaterial och textilier. Kemiskt innebär kraftig upphettning att  $Sb_2O_3$  reagerar med halogenföreningar och bildar ämnet antimontriklorid, som då blir en restprodukt. Inom plastindustrin används antimon som katalysator vid produktion av polyesterplast. Analys av polyesterplast har givit halter av antimon inom intervallet 150–350 mg/kg (Otto & Berger 2001).

I naturen förekommer antimon i nära association med arsenik. Gemensamt för båda är att de ingår i svavelförande mineral (sulfider). Tyvärr saknas ingående studier om hur antimon uppträder i biosfären. Däremot är arsenik mer väldokumenterad och man kan anta att vissa drag är gemensamma med antimon.

Markgeokemiska resultat saknas för sediment och yttlig jord i tätorten, men kungsvattenlakade analyser av finfraktionen (<0,063 mm) i kommunens moräner visar att de naturliga halterna av antimon är mycket låga. Medianvärdet för rikets moräner (0,13 mg/kg) är dubbelt så högt som för kommunen (0,06 mg/kg). Det markgeokemiska mönstret visar dock distinkta gränser mellan olika typer av berggrund med tillhörande moräner på så sätt att områden med störst inslag av gabbro och granit har de lägsta halterna av antimon.

Resultaten från transplantaten av näckmossa visar att halterna i den urbana miljön är ca tio gånger högre än i vattendragen utanför Västerås. Inom tätorten varierar halten av Sb mellan 0,40 och 1,24 mg/kg medan landsbygden strax utanför uppvisar halter inom intervallet 0,06–0,12 mg/kg. Även vattenanalyser av Sb uppvisar motsvarande trend med 0,30–0,78 µg/l (ofiltrerat vatten) inom tätorten och lägre halter i ytterområdet 0,06–0,15 µg/l. Den högsta halten 0,78 µg/l är från vattenprov taget i utflödet från dammen vid Gideonsberg i Emausbäcken.

#### **Sb mg/kg TS**

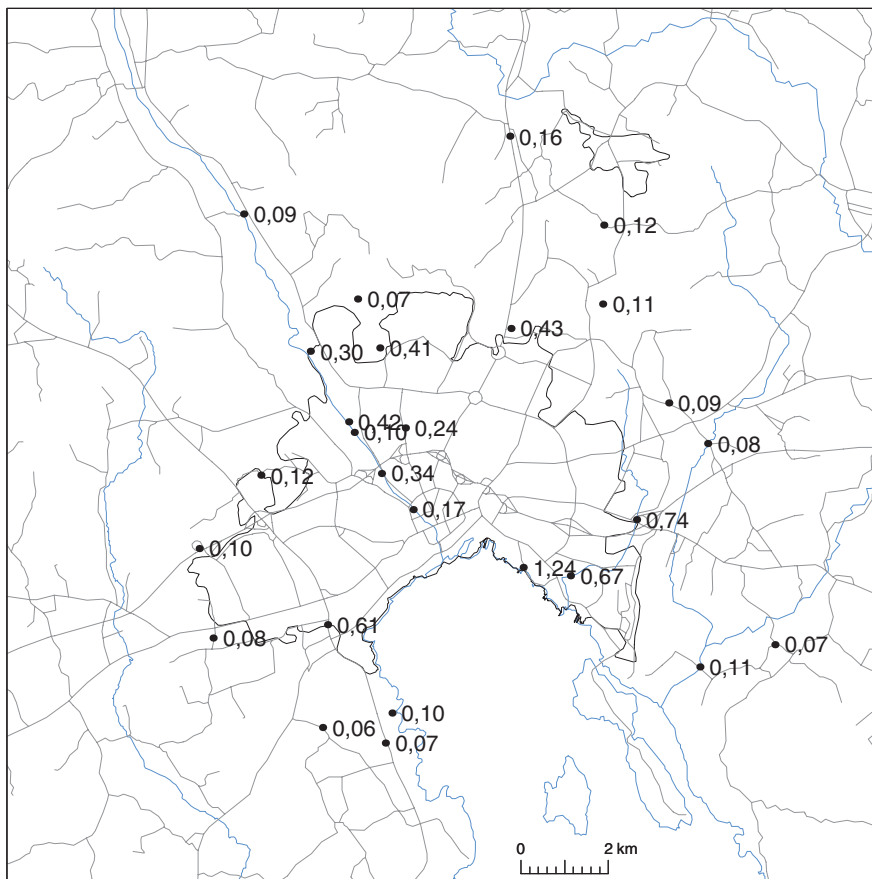
<b>Provtyp</b>	<b>Område</b>	<b>n</b>	<b>Perc10</b>	<b>Median</b>	<b>Perc90</b>	<b>Max</b>
Bäckvattenväxter	Riket	2771	0,06	0,14	0,32	16,00
Näckmossa	Tätort med omnejd	29	0,07	0,11	0,62	1,24
Husmossa	Tätort med omnejd	25	0,16	0,34	0,59	0,79

Analys av husmossa är en ofta använd metod för att mäta mängden metaller från luftnedfall (Folkeson 1978). Resultaten ger ett mått på medeldepositionen under de två senaste åren. För Västerås finns resultat från prover insamlade hösten år 2002. De visar att förhöjda antimonhalter förekommer inom själva tätorten där de högsta halterna är en faktor 7 gentemot landsbygden i omgivningen.

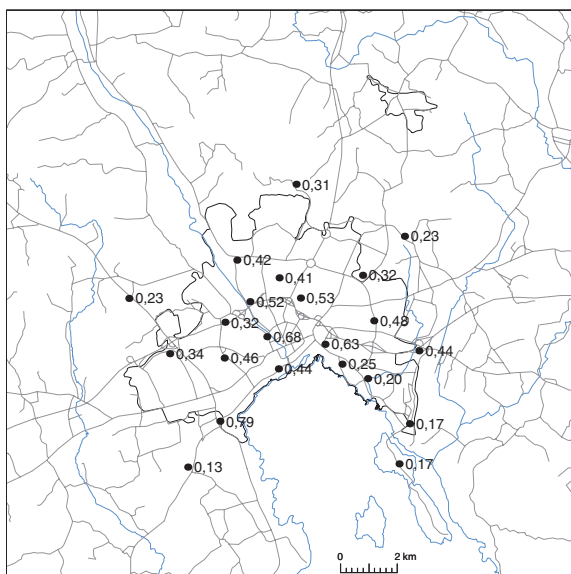
# Antimon (Sb)

Västerås tätort

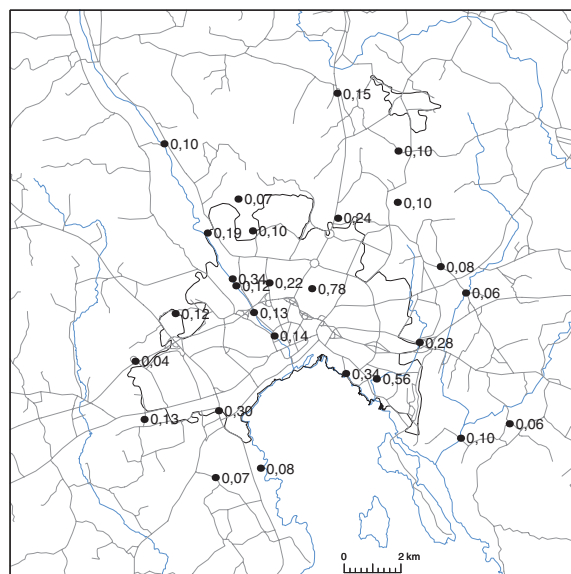
Sb i näckmossa mg/kg TS



Sb i husmossa mg/kg TS



Sb i vattendrag µg/l



## Arsenik (As)

### Markgeokemi

Arsenik förekommer med något lägre medianvärden i finfraktion (<0,063 mm) i kommunens rurala moräner jämfört med landet i övrigt (3,7 mg/kg), men haltnivåerna är tämligen höga jämfört med övriga kommuner i västra Mälardalen. Förhöjda halter av arsenik förekommer främst i anslutning till de glimmerrika grävackorna och granodioriter norr om, öster om samt i Västerås stad, vilket också de rurala halterna i stadens närhet visar. De urbana moränerna har genomgående något högre bakgrundshalter som kan antyda ett diffust antropogent tillskott av arsenik. Ett mycket högt arsenikvärde, 51 mg/kg, uppmättes i ett urbant moränprov vid Norrleden söder om Rönaby. Ytprov saknas tyvärr för denna lokal. Ett annat moränprov i samma område visade däremot låga halter. Det höga värdet kan ha naturliga orsaker men då en dagboksanteckning från den provtagna lokalen nämner ”en konstig lukt”, förefaller lokalen även vara antropogent nedsmittad. Vid Bjurhovda ligger arsenikhalten i en lokal på gränsen till att överstiga KM-värdet, 15 mg/kg. Här är också arsenikhalten i ytprovet hög, men kvoten mellan ytprov och djupprov låg (0,7). I de rurala moränerna återfinns ganska höga halter i ett stråk ungefär 1 km öster om Badelundaåsen, från Tillberga mot sydost till Kungsåra. KM-värdet överstigs i en lokal, men orsaken är troligen bergartsrelaterad. (Se arsenikkartan i tidigare avsnitt om regional markgeokemi.)

De rurala sedimenten har lägre innehåll av arsenik jämfört såväl med landet i övrigt som med närliggande kommuner. Inte heller i den urbana miljön har sedimenten oroväckande höga arsenikhalter.

Proverna av ytlig jord ligger på ungefär samma generella arseniknivåer i den urbana miljön jämfört med den rurala, men de högsta halterna återfinns i urban miljö; i ovannämnda Bjurhovda med 10,7 mg/kg samt med samma arsenikhalt en lokal vid Mårtens Hage, Gideonsberg. I sistnämnda lokal är dock halten 3,4 gånger så hög i ytprovet som i underliggande sediment. Även om halten inte överstiger KM-värdet kan kvoten, som är den högsta bland sedimentlokalerna, tyda på antropogent tillskott av arsenik i markytan.

Relativt höga metallkvoter av arsenik återfinns tillsammans med vismut vid Johannisbergs flygplats sydväst om Västerås och tillsammans med vismut, kadmium, koppar, molybden och zink väster om väg 67 norr om Hökåsen.

### As mg/kg

Provtyp	Fraktion	område	n	Perc10	Median	Perc90	Max
Morän	<2 mm	Riks, ruralt	647	0,4	1,1	2,8	
		Västerås k:n, ruralt	44	0,6	2,1	9,6	17,6
		Ruralt Staden	26	0,8	2,6	9,6	17,6
		Urbant Staden	17	1,0	4,4	15,0	50,6
Sediment	<2 mm	Riks, ruralt	544	1,2	3,8	8,3	
		Västerås k:n, ruralt	39	1,7	3,6	8,0	11,0
		Ruralt Staden	22	1,8	4,4	8,5	11,0
		Urbant Staden	20	2,5	3,2	6,0	6,2
Ytlig jord	<2 mm	Västerås stad	83	1,4	2,8	5,4	10,8
		Ruralt Staden	47	1,3	2,8	5,1	8,5
		Urbant Staden	36	1,8	2,9	6,9	10,8

### Biogeokemi

De biogeokemiska resultaten över arsenik i de mindre ytvattendragen visar att förhöjda halter förekommer i hälften av vattendragen inom kommungränsen. Förklaringen är att det finns förutsättningar att arsenikförande mineral kan förekomma i både berggrund och jordlager och att markförhållandena är gynnsamma för ökad mobilitet hos arsenik. Jordtäcket i regionen inklusive Uppsalaslätten är förhållandevis kalkrik, ett resultat från inlandsisens erosion av kalkberg-

grund i norr. De förhöjda pH-nivåerna i marken gynnar ämnen som arsenik, antimon, molybden, selen och uran att lakas ut ur marken. För arsenik är det således de geologiska faktorerna som är förklaringen till att vattendragen i Västerås kommun har förhöjda bakgrundshalter.

I tätorten Västerås och i dess närmaste omgivningar användes transplanterat för att mäta metallhalten i vattendrag. Resultaten för arsenik visar att 26 av 30 prover faller inom klass 4 *hög halt* (Naturvårdsverket 1999), alltså 8–40 mg/kg i transplanterad näckmossa. De lägsta halterna, lägre än 8 mg/kg, förekommer i Svartån vid Skultuna och i bäckar och diken vid Jotsberga och Kalvudden. Att flertalet av proverna hamnar inom klass 4 *hög halt* har sin förklaring i de geologiska förutsättningar som råder i regionen. Betraktar man omnejden till Västerås framträder flertalet prover inom intervallet 10–15 mg/kg och möjligen kan man betrakta denna nivå som en naturlig bakgrund. Halter över denna nivå kan däremot misstänkas vara antropogent påverkade. Över 20 mg/kg arsenik har uppmätts i bäckar vid Rönnby och Mälarparken och Hamrebäcken vid östra infarten.

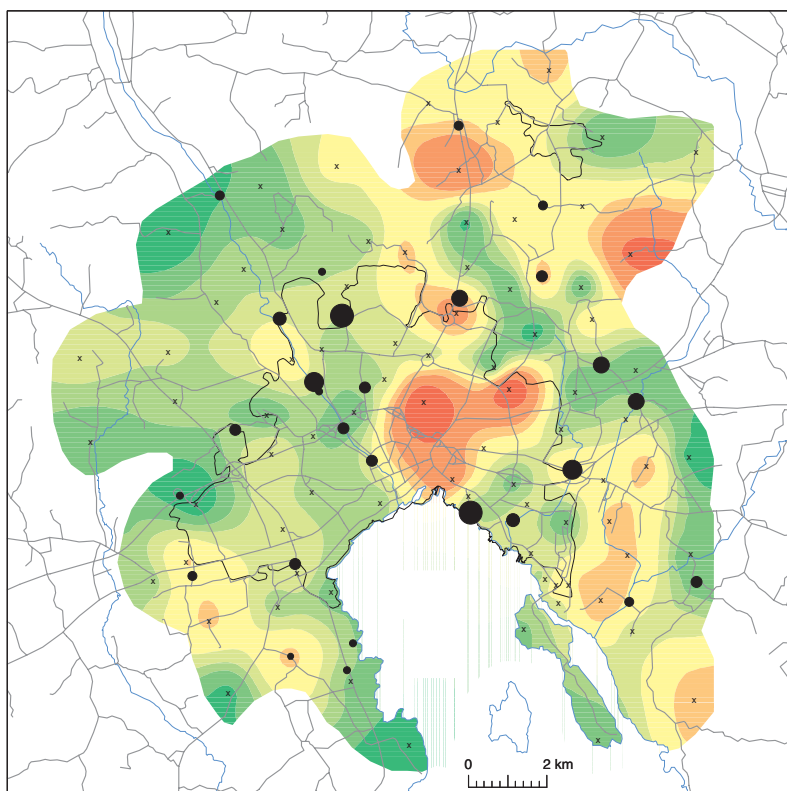
#### As mg/kg TS

Provtyp	Område	n	Perc10	Median	Perc90	Max
Bäckvattenväxter	Riket	35 262	1,5	6,2	26,0	2 895,0
	Västerås k:n	135	3,5	11,0	23,0	39,0
Näckmossa	Tätort med omnejd	29	6,9	13,0	22,0	39,0
Husmossa	Tätort med omnejd	25	0,2	0,3	0,6	1,1

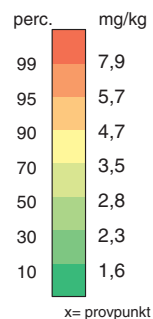
Som hjälp vid tolkningen av geokemiska data i urban miljö används analys av husmossa. Resultaten indikerar mängden metallnedfall som har skett under de senaste två till tre åren. Från Västerås visar resultaten att nedfallet åren 2000–2002 av arsenik är större inom tätorten jämfört med omgivningen. Haltintervallet i stadsmiljön är 0,3–1,1 mg/kg medan landsbygden uppvisar halter inom intervallet 0,1–0,2 mg/kg. Detta är sannolikt ett resultat från den förbränning som sker inom själva tätorten.

Markgeokemiska resultat visar att det förekommer förhöjda arsenikhalter i morän som i viss mån överensstämmer med biogeokemiska data. Resultaten från de ytligt tagna markproverna ger en något annorlunda bild, där de högsta halterna är mer förskjutna mot centrum av Västerås. Den högsta arsenikhalten från vattenproven (0,78 µg/l) kommer från Emausbäcken vid Gideonsberg där även de ytliga markproven har sitt maxvärde av arsenik.

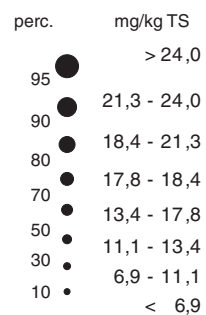
**Arsenik (As)**  
 Västerås tätort  
 As i yttlig jord samt näckmossa



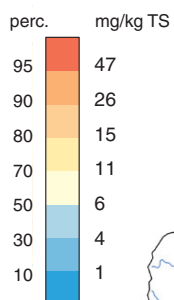
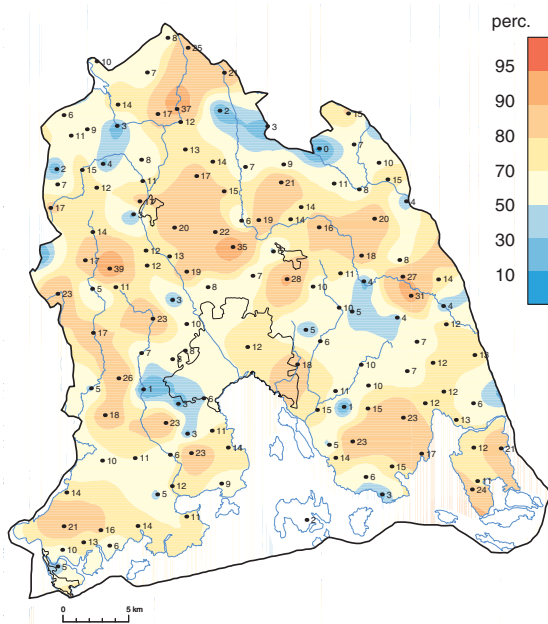
**Yttlig jord**



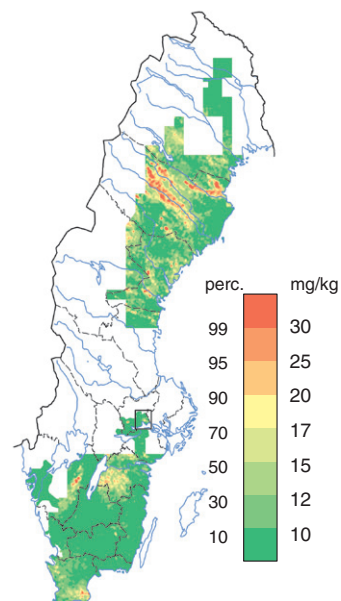
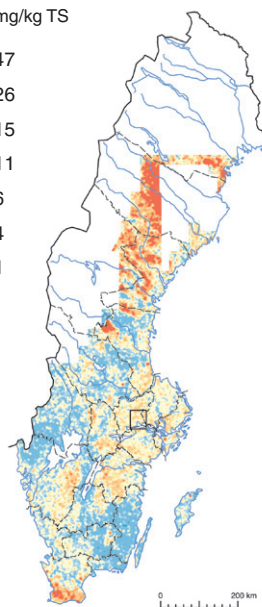
**Näckmossa**



**As i bäckvattenväxter**



**As i morän**



## Bly (Pb)

### Markgeokemi

Bly förekommer med högre medianvärden i finfraktion (<0,063 mm) i kommunens rurala moräner jämfört med landet i övrigt (7,2 mg/kg), men haltnivåerna är jämförbara eller lägre sett till övriga kommuner i västra Mälardalen. Förekomsten av syralakat bly kan kopplas till yngre graniter och pegmatiter och deras moräner nordväst och väster om staden men även till glimmerrika gråvackor och äldre graniter norr om, öster om samt i Västerås stad. De urbana moränerna har genomgående högre bakgrundshalter som med all sannolikhet indikerar ett historiskt, diffust antropogent tillskott av bly. Högsta blyvärdet uppmättes i ett urbant moränprov i Stallhagen väster om Svartåns utlopp. Även kadmium och zink har höga halter i denna lokal och metallhalterna är här till största delen troligen naturliga. Blyhalten i ytlig jord är 34,5 mg/kg vilket ger en ganska låg kvot på 1,1 i förhållande till det djupare tagna moränprovet. I de rurala moränerna återfinns de högsta halterna i områden med pegmatiter söder och väster om staden.

Blyhalten i de rurala sedimenten är högre jämfört med landet i övrigt men på medelhög nivå jämfört med närliggande kommuner. I den urbana miljön är halterna ytterligare något högre, men inga oroväckande höga blyhalter har uppmätts.

Blyhalterna i ytlig jord ligger på betydligt högre nivåer i den urbana miljön jämfört med den rurala. De högsta halterna återfinns i urban miljö som i Mårtens Hage, Gideonsberg, där blyhalten är mer än 4 gånger högre i ytan än i det underliggande djupprovet som är ett sediment. Ytprovets blyhalt överstiger här KM-värdet (80 mg/kg) och påvisar en antropogen metallbelastning i markytan. Väster om Billsta nära Svartåns västra strand finns även en misstänkt förorening, där blyhalten är strax under KM-värdet, men blykvoten mellan ytlig jord och djupare prov är hög, 4,6. Av kvoterna för bly ligger ungefär 80 % över 1. Generellt får lokaler där morän förekommer i djupproven en högre kvot än de lokaler som underlagras av sediment. Förklaringen till detta är att sedimenten har högre blyinnehåll än moränerna på grund av att blykoncentrationen generellt sett ökar med minskande partikelstorlek (Chaney m.fl. 1988), medan koncentrationerna i ytjord är mer lika. Trots att ett flertal höga kvoter förekommer i den urbana miljön kan man inte direkt koppla kvoterna till antropogen påverkan.

### Pb mg/kg

Provtyp	Fraktion	område	n	Perc10	Median	Perc90	Max
Morän	<2 mm	Riks, ruralt	647	1,8	2,9	7,4	
		Västerås k:n, ruralt	44	5,8	9,2	14,6	20,3
		Ruralt Staden	26	5,4	8,3	17,1	20,3
		Urbant Staden	17	8,4	12,3	26,8	31,6
Sediment	<2 mm	Riks, ruralt	544	4,3	11,2	22,2	
		Västerås k:n, ruralt	39	10,8	20,6	24,0	28,4
		Ruralt Staden	22	9,8	20,1	22,7	23,1
		Urbant Staden	20	16,5	21,4	23,3	23,9
Ytlig jord	<2 mm	Västerås stad	83	13,9	23,7	33,0	86,1
		Ruralt Staden	47	13,6	22,5	28,9	32,4
		Urbant Staden	36	16,0	27,8	39,0	86,1

### Biogeokemi

Införandet av blyfria drivmedel innebär en radikal förändring vad gäller spridningen av bly till miljön. Från 1983 då den biogeokemiska kartläggningen påbörjades i södra Sverige fram till dags dato har inverkan från vägtrafiken inte haft någon märkbar effekt med minskade blyhalter i de biogeokemiska resultaten. Förklaringen är dels att utsläppen från vägtrafiken klingar av snabbt så att merparten deponeras lokalt vid vägaren och dels att bly fastläggs hårdare i markens ytskikt än andra ämnen (Norrström & Jacks 1998). Tidigare undersökningar visar att

markens förmåga att fastlägga bly är större vid alkaliska förhållanden och där marken domineras av finjordar än om marken domineras av barrskogsbeväxtade moränjordar. I blykartan över landet kan man se detta då man jämför Mälardalen med sydöstra delen av Småland.

I den biogeokemiska kartan framträder kommunen med normala blyhalter jämfört med övriga riket. En förklaring till att vattendragen inom kommunen har relativt låga blyhalter är att marken har god buffringsförmåga som binder kvar bly i marken. En svag antydning till förhöjda blyhalter uppträder i kommunens nordvästra delar där inslag av moränjordar från Bergslagen kan förekomma.

Av de drygt 35 262 bäckar, diken och mindre åar som hittills har analyserats i den landsomfattande kartläggningen sedan 1983 finns det endast ett fåtal vattendrag med extremt höga blyhalter. I de fall då det inträffar är det vanligtvis ett resultat från en lokal förorening. Inom Västerås kommun är maxvärdet 41 mg/kg vilket får anses som tämligen normalt.

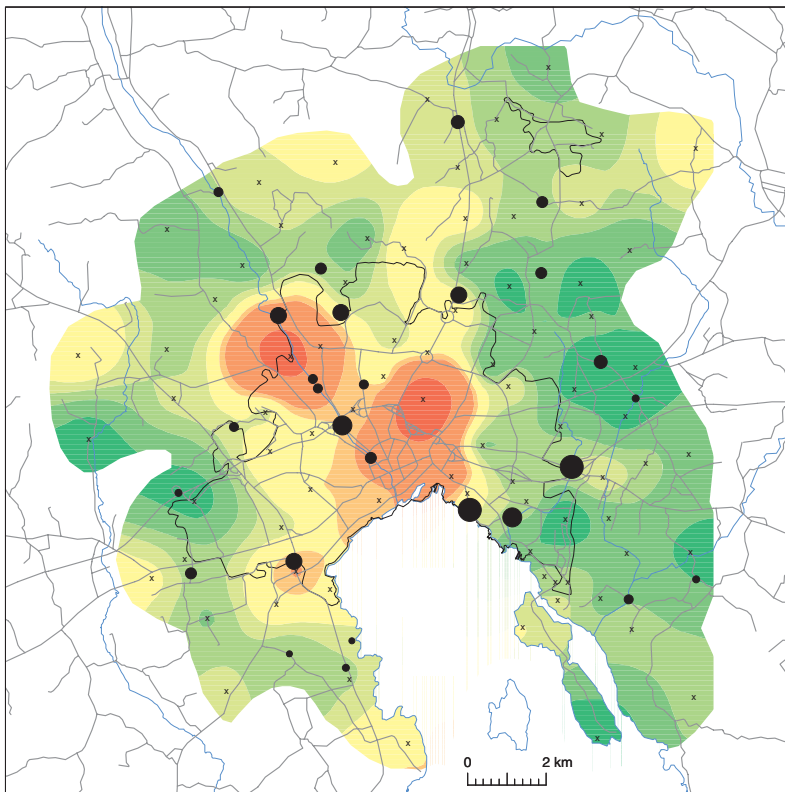
Resultaten från transplanterad näckmossa (2002) visar att huvuddelen av tätortens mindre vattendrag hamnar inom intervallet *måttligt hög halt* 10–30 mg/kg. Den högsta halten (27,8) är från en bäck som rinner ut vid hamnområdet nära Mälarparken. Även Hamrabäcken strax öster därom har motsvarande halter (26,3 och 22,7). Den är provtagen vid två platser nära E18, vid östra infarten och i villaområdet inom stadsdelen Hamre. Markgeokemiska data över motsvarande områden visar för moränproven något förhöjda blyhalter, men inte lika distinkt som i den biogeokemiska kartbilden.

#### Pb mg/kg TS

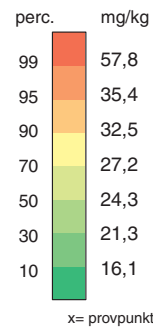
Provtyp	Område	n	Perc10	Median	Perc90	Max
Bäckvattenväxter	Riket	35 262	7,3	19,0	53,0	8 338,0
	Västerås k:n	135	7,0	12,0	22,0	41,0
Näckmossa	Tätort med omnejd	29	10,0	12,0	23,0	28,0
Husmossa	Tätort med omnejd	25	3,5	5,2	8,2	9,3

Husmossan visar att blyhalten är dubbelt så hög inom tätorten, 6–9 mg/kg, jämfört med landsbygden, 3–5 mg/kg. Det innebär att det förekommer ett lokalt nedfall av bly inom tätorten som i sig kan påverka metallhalten i ytvattnet. Möjligen är det en förklaring till blyhalten 7,3 µg/l i vattenprov från avrinningen av fågeldammen vid Gideonsberg (Emausbäcken).

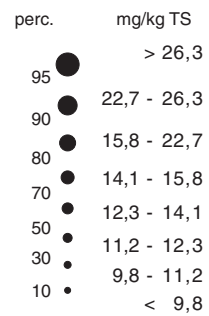
**Bly (Pb)**  
 Västerås tätort  
 Pb i yttlig jord samt näckmossa



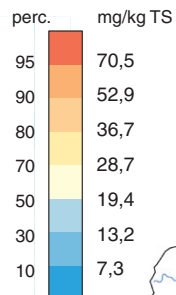
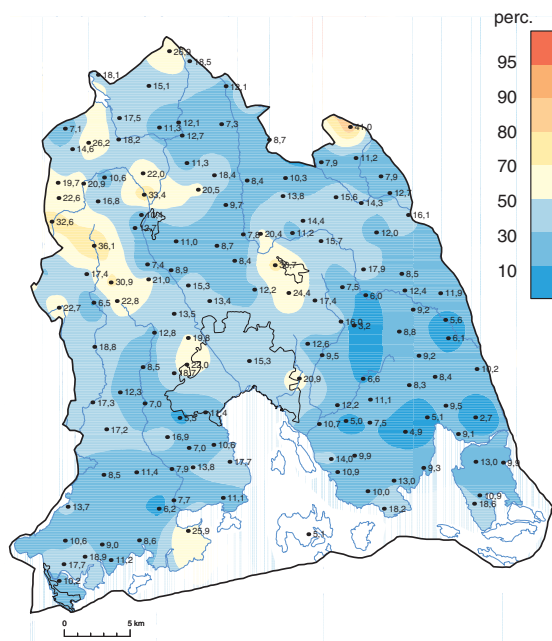
**Yttlig jord**



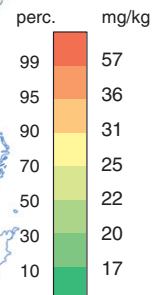
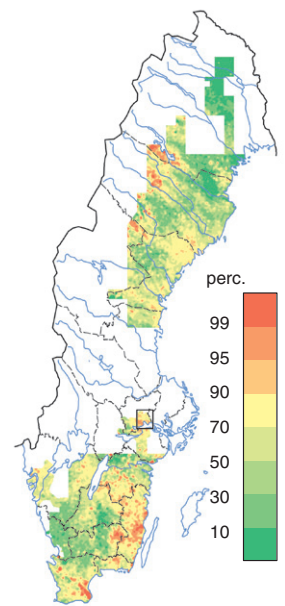
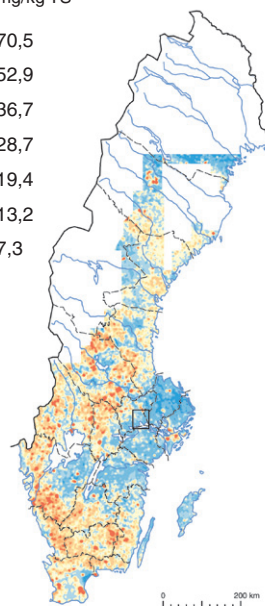
**Näckmossa**



**Pb i bäckvattenväxter**



**Pb i morän**



## Kadmium (Cd)

### Markgeokemi

Kadmium förekommer med samma medianvärden i finfraktion (<0,063 mm) i kommunens rurala moräner jämfört med landet i övrigt (0,08 mg/kg), men jämfört med övriga kommuner i västra Mälardalen ligger kadmium på en något högre nivå. Förekomst av metallen kan kopplas till de glimmerrika gråvackor som återfinns runt om och i Västerås stad. De urbana moränerna har något högre bakgrundshalter som sannolikt antyder ett diffust antropogent tillskott av kadmium. Högsta kadmiumvärdet, 0,30 mg/kg, uppmättes i ett urbant moränprov i Stallhagen väster om Svartåns utlopp. Även bly och zink har höga halter i denna lokal och kombinationen av metaller indikerar att de troligen till största delen har naturligt ursprung. I ytlig jord är kadmiumhalten 0,36 mg/kg vilket ger en kvot på 1,2 som är en ganska låg kvot, men kvoterna för andra metaller som krom, koppar, tenn och tallium är däremot relativt höga, vilket antyder antropogent metalltillskott i ytliga jorden. I de rurala moränerna återfinns högsta halten i ett område med pegmatit väster om staden. Här är kvoten mellan ytlig jord och underlag betydligt lägre (0,3) och kadmiumhalten geologiskt relaterad.

Kadmiumhalterna i de rurala sedimenten är högre jämfört med landet i övrigt men på medelhög nivå jämfört med närliggande kommuner. I den urbana miljön är halterna ytterligare något högre, och maxvärdet 0,70 mg/kg är uppmätt i Talltorp nära E18 i stadens östra del. Metallhalten överstiger här KM-värdet (0,4 mg/kg). Det ytligt tagna provet har ett betydligt lägre värde på 0,20 mg/kg och kvoten är därmed låg. Ett lågt pH-värde (5,1) i ytan och högre (6,8) i det djupare sedimentet indikerar dock att metallen kan ha mobiliserats, lakats ur de övre markskikten och åter lagts fast där pH-värdet är högre.

Kadmiumhalterna i ytlig jord ligger på betydligt högre nivåer i den urbana miljön jämfört med den rurala och de högsta halterna återfinns i urban miljö. Totalt har 6 lokaler med ytlig jord kadmiumvärden som överstiger KM-värdet. Fyra av dessa finns i urban miljö och två finns i trakten av Tillberga. Vid två lokaler i staden, Mårtens Hage i Gideonsberg samt väster om Billsta på Svartåns strand, är kadmiumhalten mer än 7 gånger högre i ytprovet än i de underliggande djupproven tagna i sediment. I Kungsängshöjden nära Kraftverkshamnen finns ett ytprov hela 16 gånger högre än underliggande moränprov. Dessa tre lokaler har också höga blyhalter. Ytterligare ett ytprov taget sydost om avfallsstationen har en kadmiumhalt överstigande KM-värdet och en metallkvot på 5,8.

Metallkvoterna för kadmium är generellt sett höga. Cirka 85 % av lokalerna har kvoter över 1, och hela 25 % har kvoter över 3. De tio högsta kvoterna är klart knutna till områden med antropogen påverkan.

### Cd mg/kg

Provtyp	Fraktion	område	n	Perc10	Median	Perc90	Max
Morän	<2 mm	Riks, ruralt	647	0,02	0,03	0,06	
		Västerås k:n, ruralt	44	0,04	0,06	0,10	0,27
		Ruralt Staden	26	0,04	0,06	0,10	0,27
		Urbant Staden	17	0,05	0,10	0,16	0,30
Sediment	<2 mm	Riks, ruralt	544	0,03	0,06	0,17	
		Västerås k:n, ruralt	39	0,06	0,14	0,21	0,26
		Ruralt Staden	22	0,06	0,14	0,24	0,26
		Urbant Staden	20	0,08	0,14	0,28	0,70
Ytlig jord	<2 mm	Västerås stad	83	0,11	0,20	0,37	1,14
		Ruralt Staden	47	0,09	0,18	0,37	0,44
		Urbant Staden	36	0,14	0,22	0,41	1,14

### Biogeokemi

Kartbilden över landet visar att förhöjda kadmiumhalter utbreder sig som ett stråk från Sala och vidare söderut mot Mälaren. Delar av detta stråk berör de östliga delarna av kommunen. Inom övriga kommunen är halterna allmänt över medianen för riket.

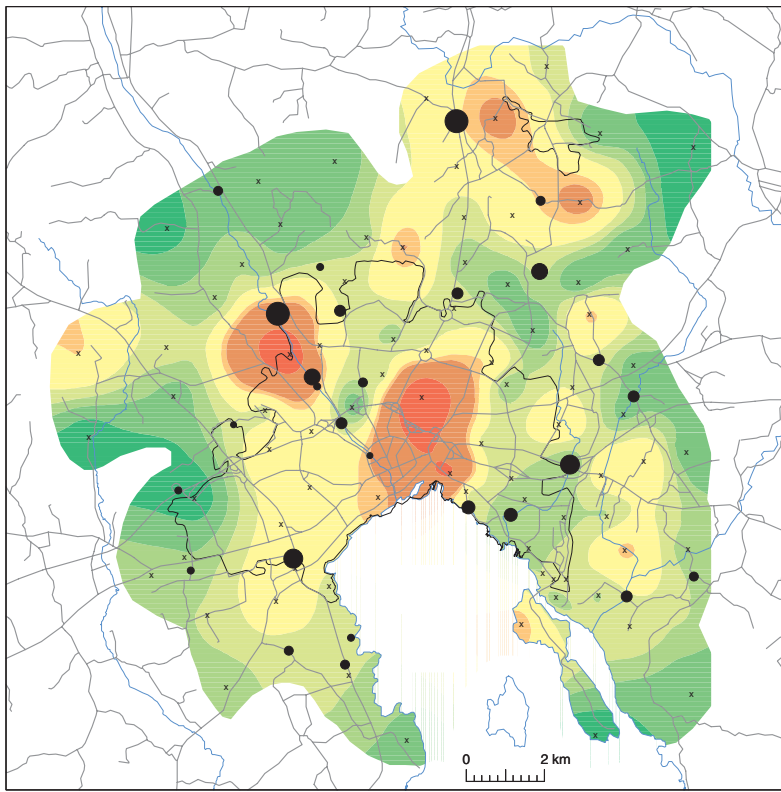
Kadmiumhalten i transplanterad näckmossa är för flertalet vattendrag inom intervallet för låg halt. Tre prover uppvisar halter motsvarande *måttligt hög halt*, 1–2,5 mg/kg. Ett av proven tillhör en bäck som dränerar vatten från avfallsstationen vid Norra Gryta. De två övriga proven är från bäckarna i Rönnby och Hacksta (Saltängsbäcken). I Svartån har totalt sex provpunkter med näckmossa utplacerats, från en plats strax norr om Skultuna till Djäknebron i centrala Västerås. Resultaten visar att kadmiumhalten minskar mot söder, från 0,77 mg/kg i norr till 0,13 mg/kg i Västerås.

#### Cd mg/kg TS

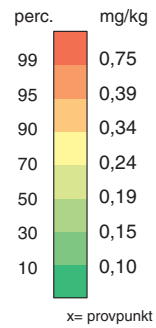
Provtyp	Område	n	Perc10	Median	Perc90	Max
Bäckvattenväxter	Riket	6 142	0,20	0,80	3,00	74,00
	Västerås k:n	25	0,67	2,10	5,20	10,00
Näckmossa	Tätort med omnejd	29	0,21	0,44	0,85	1,10
Husmossa	Tätort med omnejd	25	0,17	0,28	0,44	0,96

Kadmium i husmossa uppvisar en något utslätad bild av fördelningen. Halter under 0,20 mg/kg förekommer längst bort från tätorten som vid Skultuna och på Björnön. Inom tätorten är kadmiumhalten allmänt inom intervallet 0,20–0,40 mg/kg. De två högsta halterna (0,96 och 0,56 mg/kg) är parkområden i nära anslutning till vägtrafik (E18 och Kungsängshöjden). Det är värt att notera att provplatsen vid Grindtorp, strax öster om vägkorset mellan Sjöhagsvägen och Johannisbergsvägen har normal kadmiumhalt. För elementen antimon, krom, molybden, nickel, vanadin och vismut uppvisar denna provplats de högsta halterna i undersökningen.

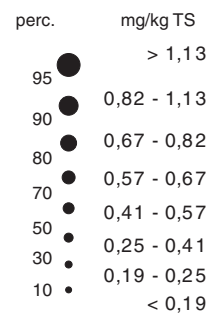
**Kadmium (Cd)**  
 Västerås tätort  
 Cd i yttlig jord samt näckmossa



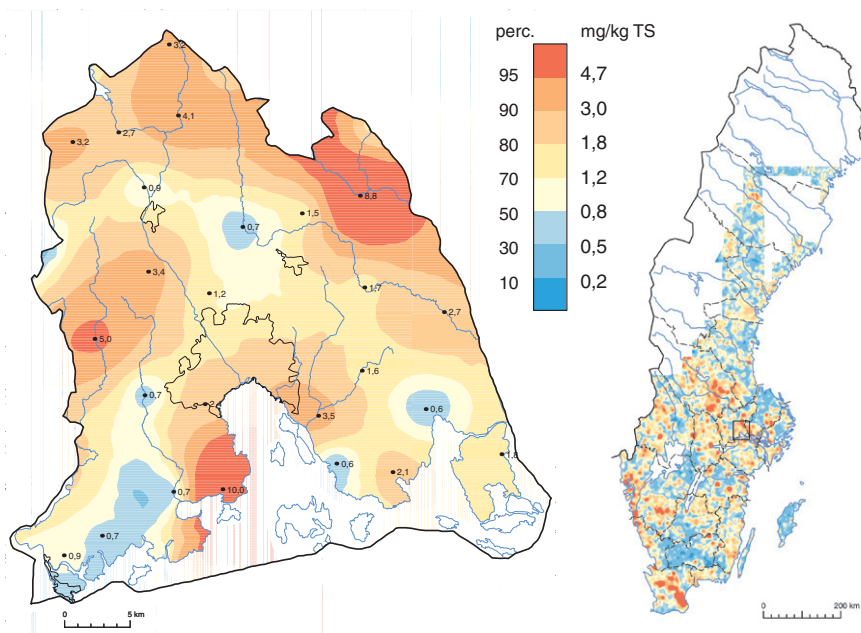
**Yttlig jord**



**Näckmossa**



**Cd i bäckvattenväxter**



## Koppar (Cu)

### Markgeokemi

Koppar förekommer med högre halter i finfraktion (<0,063 mm) i kommunens rurala moräner jämfört med landet i övrigt (12 mg/kg) och även jämfört med övriga kommuner i västra Mälardalen. Förekomst av metallen kan främst kopplas till gråvackorna som återfinns runt om och i Västerås stad. De urbana moränerna har något högre bakgrundshalter som sannolikt antyder ett diffust antropogent tillskott av koppar. Högsta värdet på koppar återfinns däremot vid Bergatorp nordväst om staden i rural miljö. Högsta urbana värdet återfinns vid Talltorp i stadens östra delar. Vid båda lokalerna är kvoterna låga och metallhalterna av naturlig karaktär.

Kopparhalten i de rurala sedimenten är högre jämfört med landet i övrigt men på ungefär samma nivå jämfört med närliggande kommuner. Den urbana miljön utmärker sig inte med högre halter.

Kopparhalterna i yttlig jord ligger på betydligt högre nivåer i den urbana miljön jämfört med de rurala delarna. Av samtliga framträder 3 ytprov med anomala kopparhalter varav ett överstiger KM-värdet 100 mg/kg. Detta maxvärde, 188,8 mg/kg, är uppmätt i Mårtens Hage, Gideonsberg. Det underliggande sedimentet har betydligt lägre kopparhalt varvid metallkvoten blir hög, 5,7.

Ungefär 50 % av metallkvoterna är över 1 med jämn fördelning i både morän och sediment. De åtta högsta kvoterna är klart kopplade till områden med antropogen aktivitet. Vid Kungsängshöjden i närheten av Kraftverkshamnen återfinns ett kopparvärde i ytprovet 6,7 gånger högre än underliggande morän och väster om Billsta på Svartåns västra strand har yttlig jord 5,1 gånger högre halt än underliggande sediment.

### Cu mg/kg

Provtyp	Fraktion	område	n	Perc10	Median	Perc90	Max
Morän	<2 mm	Riks, ruralt	647	2,6	6,9	18,1	
		Västerås k:n, ruralt	44	3,0	7,7	19,6	40,5
		Ruralt Staden	26	4,9	9,8	16,7	40,5
		Urbant Staden	17	4,2	12,6	31,1	31,9
Sediment	<2 mm	Riks, ruralt	544	6,0	15,0	28,0	
		Västerås k:n, ruralt	39	11,6	22,9	32,8	39,7
		Ruralt Staden	22	11,6	23,3	36,0	39,7
		Urbant Staden	20	15,0	21,9	32,9	34,6
Yttlig jord	<2 mm	Västerås stad	83	4,9	16,7	27,6	188,8
		Ruralt Staden	47	4,3	10,9	22,8	27,7
		Urbant Staden	36	12,2	20,5	32,8	188,8

### Biogeokemi

Kopparhalten i den biogeokemiska kartan uppvisar för Västerås kommun en ökande trend mot söder som sammanfaller med utbredningen av finkorniga jordarter.

Utmärkande för Mälardalen är att förhöjda kopparhalter förekommer allmänt i vattendragen närmast Mälaren. Geologiskt sammanfaller detta med utbredningen av finkorniga jordarter. Förutom koppar framträder också andra element som krom, nickel, uran och wolfram med snarlika mönster. Undersökningar från Strängnäs vid Sörfjärden visar att s.k. sulfidlera förekommer i Mälarenregionen. Beräkningar utifrån analyser, borrhningar och flödesmätningar indikerar att urlakningen av bland annat koppar är av betydande storlek (Manngård 1997). Sjösedimentprov från Mälaren visar på mycket höga halter som storleksmässigt kan förklaras med urlakning från regionens sulfidleror (muntlig kommunikation, Lithner). Bidragande faktorer som har påskyndat urlakningen är landhöjningen tillsammans med olika dränerings- och dikningsåtgärder.

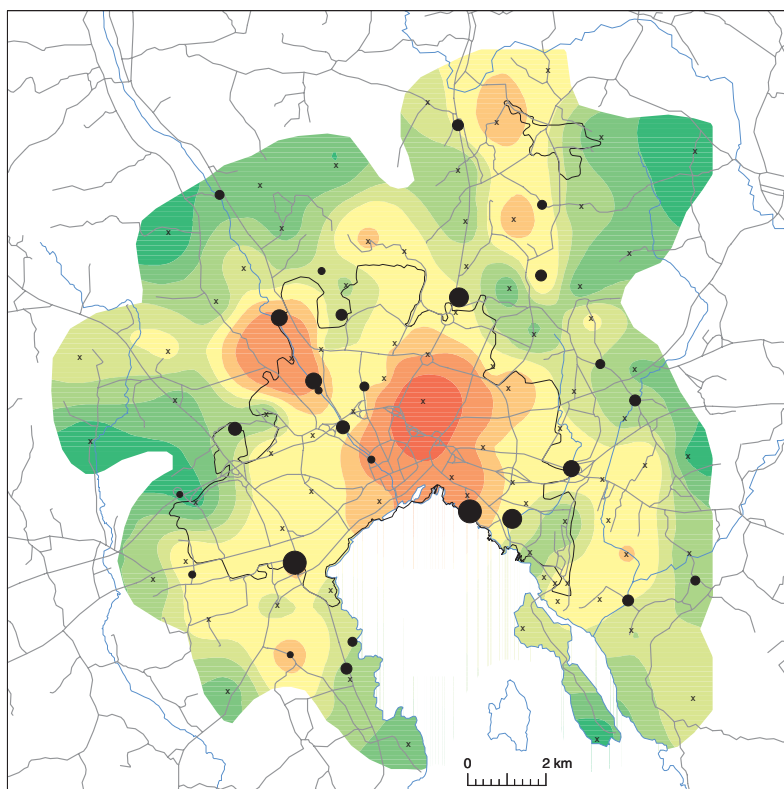
Näckmossan från 2002 visar att omnejden till Västerås har kopparhalter inom intervallet för klass 3 *måttligt hög halt*, 15–50 mg/kg. Inom tätorten höjs nivån och sex provplatser faller inom 45–70 mg/kg. Bäckan vid Mälarparken och Saltängsbäcken vid Hacksta faller inom klass 4 *hög halt*, 50–250 mg/kg. Dessa två vattendrag har även höga halter av andra element som antimon, arsenik, vanadin, wolfram och zink.

**Cu mg/kg TS**

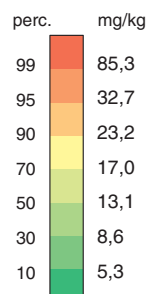
Provtyp	Område	n	Perc10	Median	Perc90	Max
Bäckvattenväxter	Riket	35 262	5,4	11,0	24,0	8 830,0
	Västerås k:n	135	11,0	19,0	41,0	126,0
Näckmossa	Tätort med omnejd	29	14,0	20,0	46,0	71,0
Husmossa	Tätort med omnejd	25	6,3	10,0	18,0	31,0

Jämför man med de ytliga jordproven framträder förhöjda kopparhalter inom de centrala delarna av Västerås. Sannolikt förekommer en allmän belastning av koppar inom tätorten. Detta stöds också av resultaten från husmossan där tätorten har dubbelt så hög halt jämfört med ytterområdena, 15–25 mg/kg respektive 5–10 mg/kg.

**Koppar (Cu)**  
 Västerås tätort  
 Cu i yttlig jord samt näckmossa

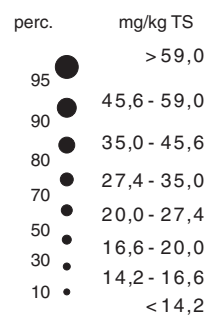


**Yttlig jord**

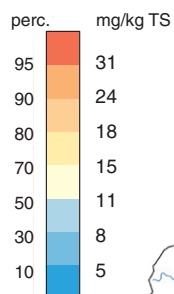
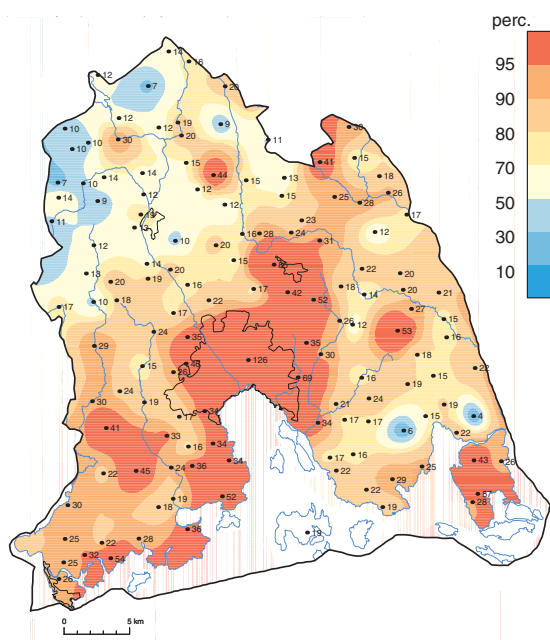


x= provpunkt

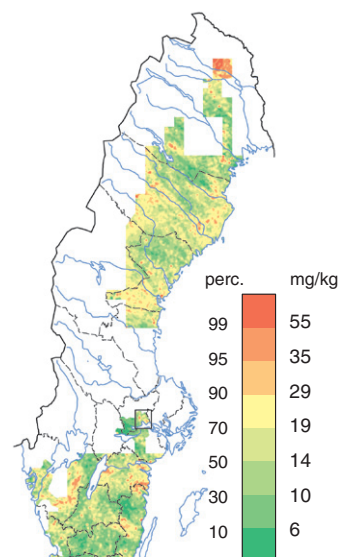
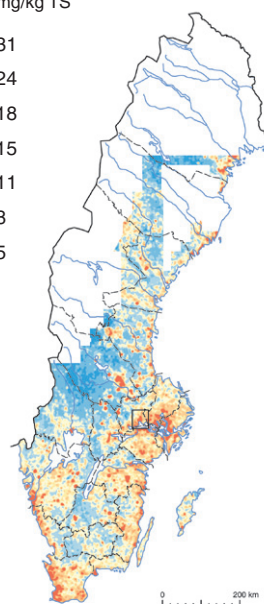
**Näckmossa**



**Cu i bäckvattenväxter**



**Cu i morän**



## Krom (Cr)

### Markgeokemi

Krom förekommer med något högre medianvärden i finfraktion (<0,063 mm) i kommunens rurala moräner jämfört med landet i övrigt (12,4 mg/kg), och haltnivåerna är också högre jämfört med övriga kommuner i västra Mälardalen. Förhöjda halter av krom förekommer främst i anslutning till de moräner som har högst inslag av gabbro, dioriter och tonalit i och omkring staden, vilket både de rurala och urbana halterna visar. Högsta kromvärde uppmättes i ett urbant moränprov vid brandstationen i Vallby strax norr om E18. Högst uppmätta värde i ytlig jord finns också på denna lokal, metallkvoten ligger på 1,0.

De rurala sedimenten har högre innehåll av krom jämfört med landet i övrigt och ligger på en medelhög nivå jämfört med närliggande kommuner. I den urbana miljön är kromhalterna lägre än i omgivande landsbygd. Högsta kromvärdet, 55 mg/kg, är uppmätt i närheten av vattenverket vid flygplatsen. Ovanpåliggande ytprov har lägre metallhalt, kvoten är 0,6.

Krom i ytlig jord ligger på ungefär samma generella nivåer i den urbana miljön jämfört med den rurala. Den högsta kromhalten i ytlig jord återfinns som nämnts ovan i urban moränmiljö, vid Vallby.

Metallkvoterna är överlag tämligen låga för krom. Den högsta kvoten ligger på 2,3 med en kromhalt i ytlig jord på 35,9 mg/kg uppmätt i Stallhagen väster om Svartåns utlopp. Här har flera metaller höga kvoter vilket antyder antropogen påverkan. Enbart hög kromkvot kan inte användas som kriterium på antropogen påverkan.

### Cr mg/kg

Provtyp	Fraktion	område	n	Perc10	Median	Perc90	Max
Morän	<2 mm	Riks, ruralt	647	3,2	7,0	15,7	
		Västerås k:n, ruralt	44	6,6	13,8	28,6	44,4
		Ruralt Staden	26	8,8	16,9	33,7	44,4
		Urbant Staden	17	13,9	17,7	33,1	53,4
Sediment	<2 mm	Riks, ruralt	544	10,0	23,0	44,0	
		Västerås k:n, ruralt	39	14,7	34,8	51,2	55,0
		Ruralt Staden	22	16,0	39,9	53,0	55,0
		Urbant Staden	20	20,7	30,4	42,2	46,7
Ytlig jord	<2 mm	Västerås stad	83	8,8	18,1	33,8	52,8
		Ruralt Staden	47	8,7	18,1	33,8	40,0
		Urbant Staden	36	9,3	18,1	30,7	52,8

### Biogeokemi

För biogeokemi är den regionala bakgrundsnivån för krom inom kommunen något över medianen för riket. Vid en överblick över hela Mälardalen är det främst odlingslandskapet som sammanfaller med förhöjda bakgrundshalter. Förklaringen kan härledas till finjordar där det främst är lerfraktionen som innehåller mest krom (Andersson 1979). Ett aktivt åkerbruk med täckdikning tillsammans med den pågående landhöjningen har inneburit ökade förutsättningar för transport av krom till vattendragen, bundet till minerogena partiklar.

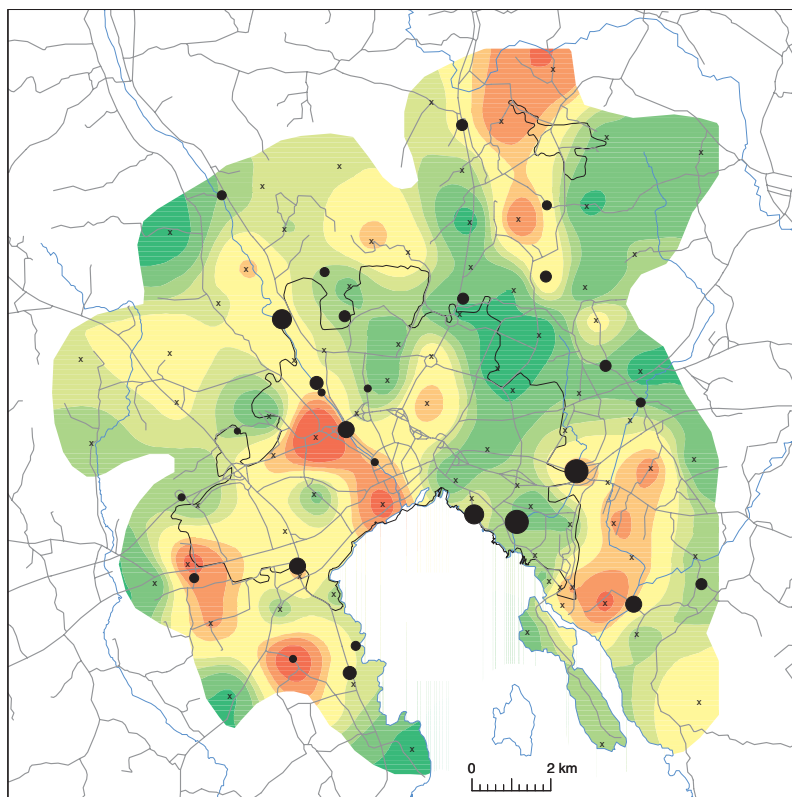
Resultaten från transplanterad näckmossa visar att nivån runt tätorten ligger inom intervallet klass 3 *måttligt hög halt*, 3,5–10 mg/kg. Halter över 10 mg/kg framträder i sydöstra delen av tätorten där även andra metaller förekommer med hög halt.

### Cr mg/kg TS

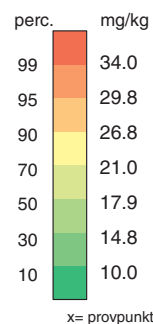
Provtyp	Område	n	Perc10	Median	Perc90	Max
Bäckvattenväxter	Riket	35262	2,9	8,3	22,0	9366,0
	Västerås k:n	135	4,4	8,9	15,0	27,0
Näckmossa	Tätort med omnejd	29	2,7	4,8	10,0	11,0
Husmossa	Tätort med omnejd	25	0,6	1,2	2,4	5,1

De två högsta halterna av krom i husmossa (luftdeponerat krom) förekommer i närheten av värmeverket och avfallsstationen. Man kan inom tätorten se en allmän trend med halter över 1,0 mg/kg medan ytterområdena uppvisar värden inom 0,5–1,0 mg/kg. Krom förekommer som legering i många produkter som kan ge upphov till exponering. Förbränning och annan hantering av avfall är verksamheter som kan förklara att kromhaltigt damm sprids till den lokala närmiljön.

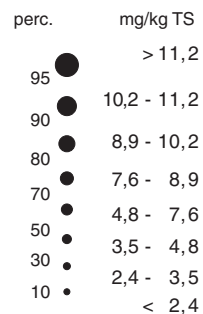
**Krom (Cr)**  
 Västerås tätort  
 Cr i yttlig jord samt näckmossa



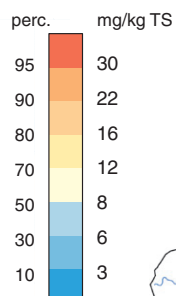
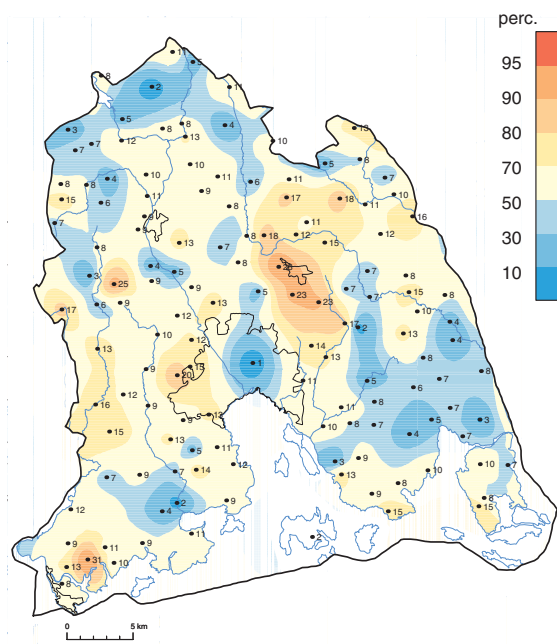
**Yttlig jord**



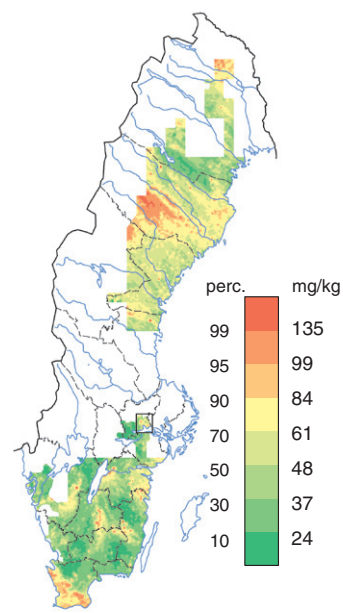
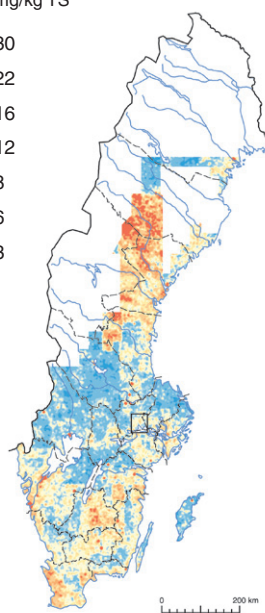
**Näckmossa**



**Cr i bäckvattenväxter**



**Cr i morän**



## Molybden (Mo)

### Markgeokemi

Molybden förekommer med något högre värden i finfraktion (<0,063 mm) i kommunens rurala moräner jämfört med landet i övrigt (0,32 mg/kg) och även jämfört med övriga kommuner i västra Mälardalen. Förhöjda halter förekommer främst i anslutning till graniter och pegmatiter men även de glimmerrika gråvackorna kan vara bärare av metallen. De urbana moränerna har högre bakgrundshalter än de rurala vilket kan antyda ett antropogent tillskott av metallen. Högsta molybdenvärde är uppmätt vid Skälby söder om E18. Även bly är förhöjt i denna lokal, men båda metallerna har låga kvoter och har troligen naturligt ursprung.

De rurala sedimenten har ganska lågt innehåll av molybden jämfört såväl med landet i övrigt som med närliggande kommuner. Inte heller i den urbana miljön har sedimenten höga molybdenthalter.

Molybden i yttlig jord ligger på ungefär samma generella nivåer i den urbana miljön jämfört med den rurala, och även för denna provtyp återfinns de högsta halterna i rural miljö. Kartbilden för yttlig jord visar en jämn, medelhög nivå av molybden i staden med halter som klingar av mot stadens ytterområden. Maxvärdet för metallen ligger dock i moränområdet sydost om staden öster om Gäddeholm och även metallkvoten 9,2 är den högsta här. Antropogena påverkansfaktorer för molybden är bland annat utsläpp från diesel respektive oljespill, orsaker som inte enbart är tätortsberoende.

Tämligen höga metallhalter och kvoter över 6 återfinns dels i Mårtens Hage, Gideonsberg, dels strax norr om Stenby industriområde. Kvoterna för yttlig jord/underlag är för övrigt högst i moränmark vad gäller molybden, men höga kvoter kan inte direkt kopplas till urban miljö eller antropogen påverkan.

### Mo mg/kg

Provtyp	Fraktion	område	n	Perc10	Median	Perc90	Max
Morän	<2 mm	Riks, ruralt	647	0,08	0,17	0,44	
		Västerås k:n, ruralt	44	0,14	0,29	0,61	1,11
		Ruralt Staden	26	0,14	0,27	0,59	0,70
		Urbant Staden	17	0,23	0,41	1,12	1,29
Sediment	<2 mm	Riks, ruralt	544	0,14	0,34	1,45	
		Västerås k:n, ruralt	39	0,18	0,28	0,90	2,03
		Ruralt Staden	22	0,20	0,40	1,52	2,03
		Urbant Staden	20	0,21	0,34	0,84	1,27
Yttlig jord	<2 mm	Västerås stad	83	0,30	0,62	1,27	3,03
		Ruralt Staden	47	0,31	0,62	1,18	3,03
		Urbant Staden	36	0,29	0,65	1,27	2,09

### Biogeokemi

Molybden har geologiskt ursprung från bergarterna inom regionen. Den kända utbredningen av graniter överensstämmer tämligen väl med de biogeokemiska resultaten för metallen och i kalkrika jordar lakas molybden, precis som uran och arsenik m.fl., lätt ut.

Molybdenthalterna ökar mot söder och följer därmed den regionala trenden med ökande halter mot Mälaren, som framträder i den biogeokemiska kartan.

Uppsalaslätten är förhållandevis kalkrik, ett resultat från inlandsisens erosion av kalkberggrund i norr. De förhöjda pH-nivåerna i marken gynnar ämnen som arsenik, antimon, molybden, selen och uran att lakas ut ur marken.

I näckmossan kan man följa samma trend med högre halter mot söder. De redan tidigare nämnda bäckarna från Rönby och Mälarparken samt Hamre- och Saltängsbäckarna framträder med förhöjningar av molybden.

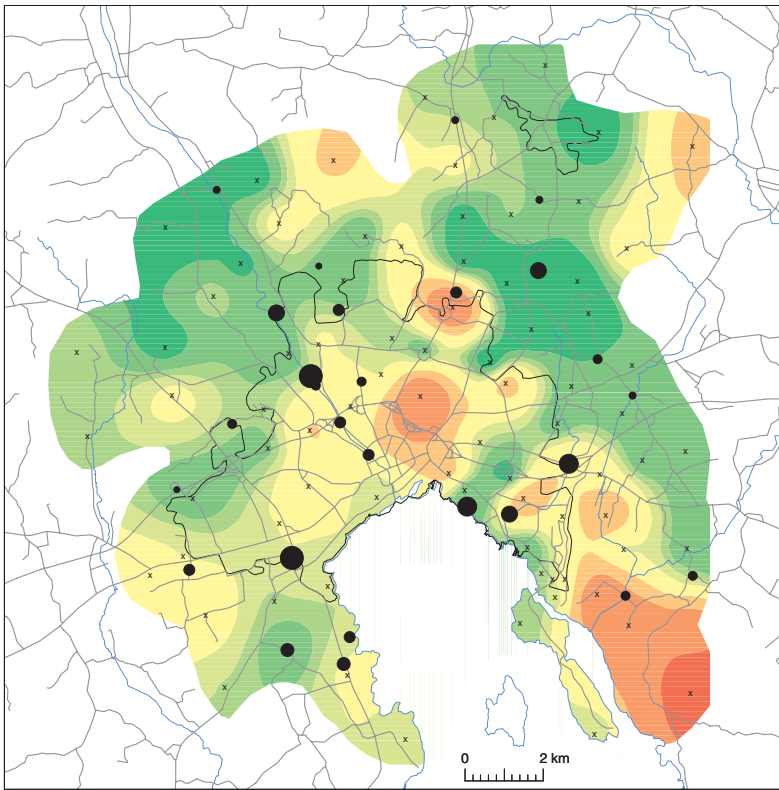
**Mo mg/kg TS**

<b>Provtyp</b>	<b>Område</b>	<b>n</b>	<b>Perc10</b>	<b>Median</b>	<b>Perc90</b>	<b>Max</b>
Bäckvattenväxter	Riket	35262	0,75	2,00	7,30	362,00
	Västerås k:n	135	0,88	1,90	5,40	31,00
Näckmossa	Tätort med omnejd	29	0,38	0,56	1,30	3,10
Husmossa	Tätort med omnejd	25	0,31	0,55	0,88	2,80

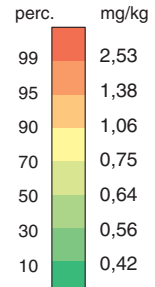
Maxvärdet för husmossan ligger i anslutning till västra hamnen, i samma område där också näckmossan har högt molybdeninnehåll. Däremot har den ytliga jorden låg halt av Mo.

## Molybden (Mo)

Västerås tätort  
Mo i yttlig jord samt näckmossa

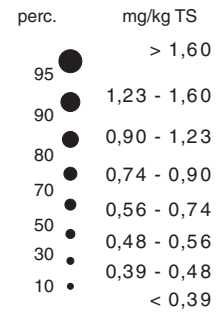


### Yttlig jord

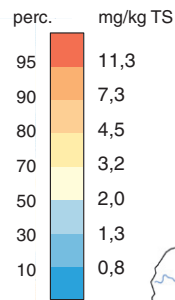
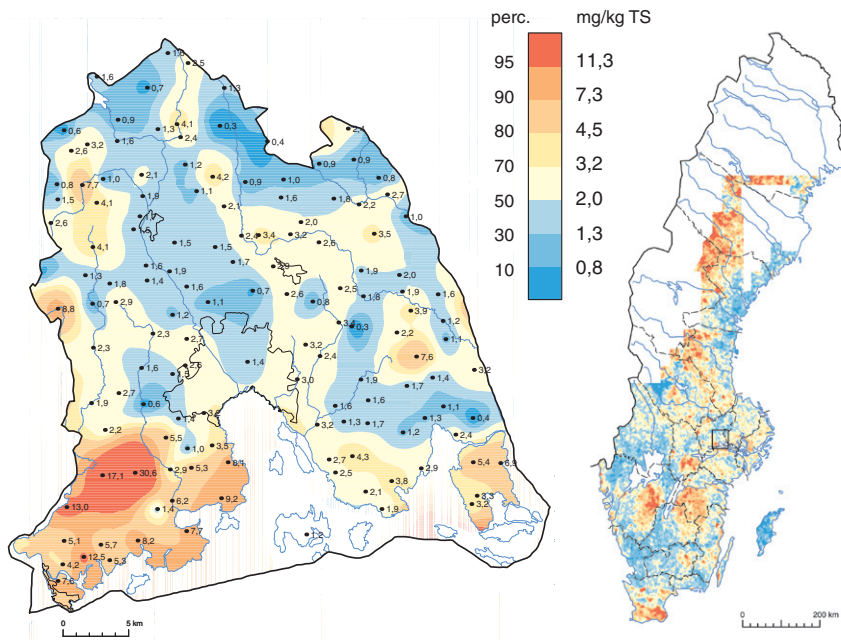


x= provpunkt

### Näckmossa



## Mo i bäckvattenväxter



## Nickel (Ni)

### Markgeokemi

Nickel förekommer med något högre medianvärden i finfraktion (<0,063 mm) i kommunens rurala moräner jämfört med landet i övrigt (8,5 mg/kg), och haltnivåerna är också högre jämfört med övriga kommuner i västra Mälardalen. Det tämligen rika inslaget av basiskt bergarts-material i moränerna har orsakat förhöjda nickelhalter i större delen av staden. I urban miljö är halterna något högre, men maxvärdet återfinns tillsammans med koppar i rural miljö vid Bergatorp nordväst om staden i anslutning till massiv av gabbro och diorit. Högsta nickelvärde i urban morän uppmättes vid brandstationen i Vallby strax norr om E18. Högst uppmätta ytprov finns också på denna lokal, men metallkvoten är låg och ligger på 0,6.

De rurala sedimenten har högre innehåll av nickel jämfört med landet i övrigt och ligger på jämförbar eller något lägre nivå med närliggande kommuner. Tre lokaler i rural miljö och en lokal i urban miljö har nickelhalter som överstiger KM-värdet (35 mg/kg). Ett par av lokalerna ligger intill Badelundaåsen och en i närheten av vattenverket vid Hässlö. I den urbana miljön är nickelhalterna generellt lägre än omgivande landsbygd. Högsta nickelvärde i urban miljö, 36,8 mg/kg, återfinns vid Hällamotet i östra delen av staden. Ovanpåliggande ytprov har betydligt lägre metallhalt, kvoten är 0,5.

Nickelhalterna i yttlig jord har högre medianhalt i den urbana miljön jämfört med den rurala, men den högsta halten återfinns i rural miljö vid Jotsberga golfbana. Några kilometer åt nordväst, i södra delen av Skälby, finns också ett ytprov lätt förhöjt på nickel. Kvoterna är 1,1 respektive 0,9 i dessa båda lokaler i sedimentmiljö. Öster om Västerås flygfält är nickelhalten förhöjd i ett par ytprov med underliggande sediment, även här är kvoterna måttliga. Högst nickelhalt i urban miljö återfinns i Mårtens Hage, Gideonsberg, med metallkvot 1.

Av metallkvoterna för nickel ligger 20 % över 1. Vid stallhagen väster om Svartåns utlopp återfinns den högsta kvoten 2,1 i en moränjord där ytprovet har en nickelhalt på 13,8 mg/kg. I samma region har också husmossa hög nickelhalt, vilket tyder på att belastningen av nickel är antropogen trots att det ytliga jordprovet har måttligt hög halt. Den högsta metallkvoten då ett sediment underlagrar ytprovet (1,9) återfinns intill järnvägen vid Hökåsen. De fyra högsta kvoterna kan kopplas till områden med antropogen påverkan.

### Ni mg/kg

Provtyp	Fraktion	område	n	Perc10	Median	Perc90	Max
Morän	<2 mm	Riks, ruralt	647	1,9	4,4	10,9	
		Västerås k:n, ruralt	44	3,0	7,9	15,9	32,1
		Ruralt Staden	26	5,4	8,9	14,0	32,1
		Urbant Staden	17	6,2	10,3	20,2	23,9
Sediment	<2 mm	Riks, ruralt	544	5,9	16,0	29,6	
		Västerås k:n, ruralt	39	9,3	21,0	36,0	38,3
		Ruralt Staden	22	9,1	23,3	36,2	38,3
		Urbant Staden	20	14,5	19,0	25,0	36,8
Yttlig jord	<2 mm	Västerås stad	83	3,8	9,0	20,8	28,5
		Ruralt Staden	47	3,7	7,9	21,3	28,5
		Urbant Staden	36	4,6	9,7	18,3	25,8

### Biogeokemi

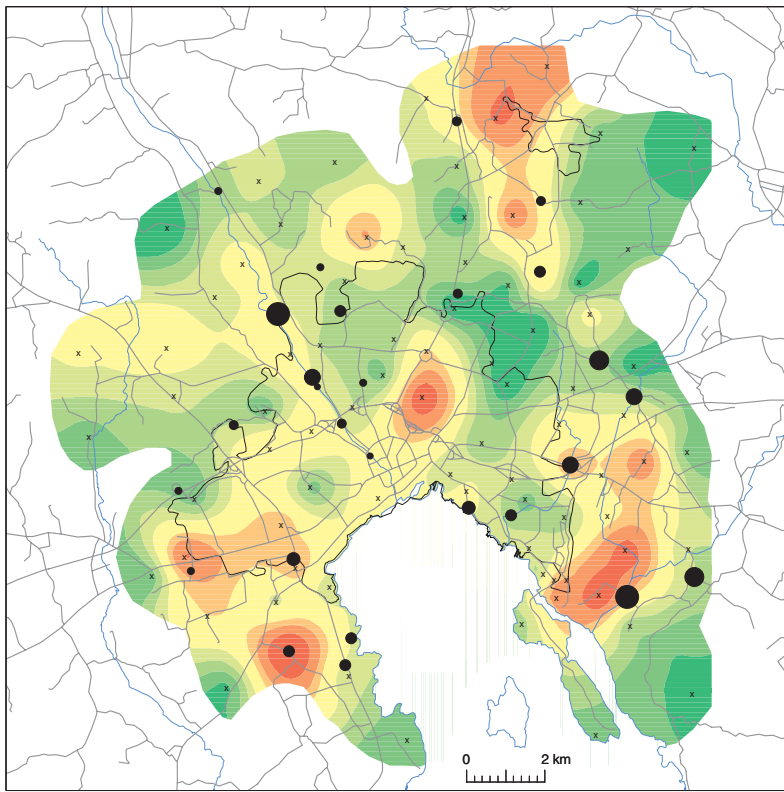
Den regionala biogeokemiska bilden av nickel i Mälarenregionen har gemensamma drag med koppar och krom. Utbredningen av nickel sammanfaller med odlingslandskapet där marken domineras av finkorniga jordar. Inom låglänta partier i landskapet kan s.k. sulfidleror förekomma, ofta i områden nära Mälaren. Vid nivåfluktuationer av grundvattenytan ökar möjligheten till oxidation av sulfidlagren. Det resulterar i att metaller lättare frisätts och lakas ut till vattendragen. Förutom svavel tillhör nickel den grupp metaller som associeras till oxidation av sulfidlera.

Näckmossan visar att de högsta nickelhalterna uppträder utanför tätorten. Tydligast framträder omgivningen strax sydost om Västerås. De berörda vattendragen avvattnar i huvudsak odlingsmark. I samband med fältarbetet noterades inga andra verksamheter som skulle kunna förorsaka utsläpp av t.ex. nickel.

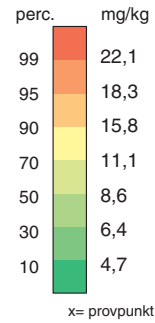
**Ni mg/kg TS**

Provtyp	Område	n	Perc10	Median	Perc90	Max
Bäckvattenväxter	Riket	35262	2,1	6,8	22,0	2030,0
	Västerås k:n	135	6,4	15,0	63,0	214,0
Näckmossa	Tätort med omnejd	29	5,5	10,0	21,0	30,0
Husmossa	Tätort med omnejd	25	1,5	2,1	3,6	5,8

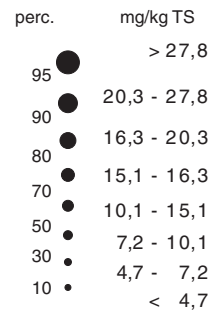
**Nickel (Ni)**  
 Västerås tätort  
 Ni i yttlig jord samt näckmossa



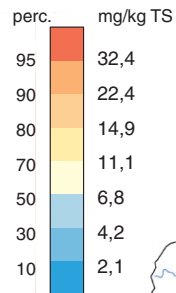
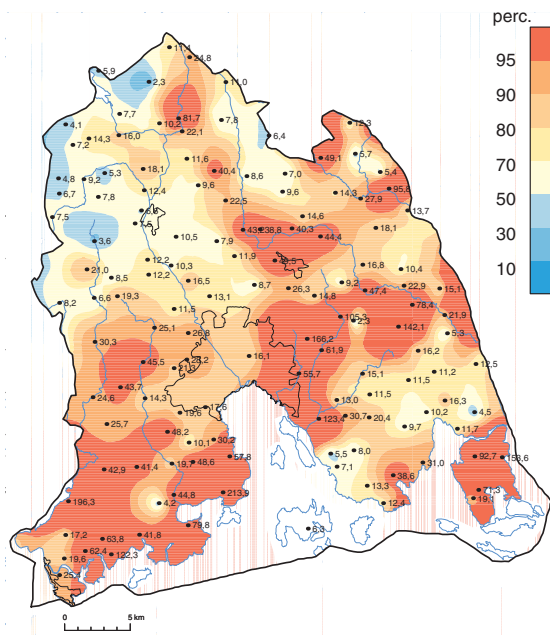
**Yttlig jord**



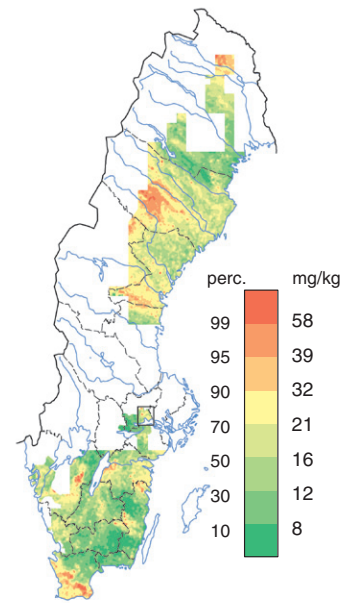
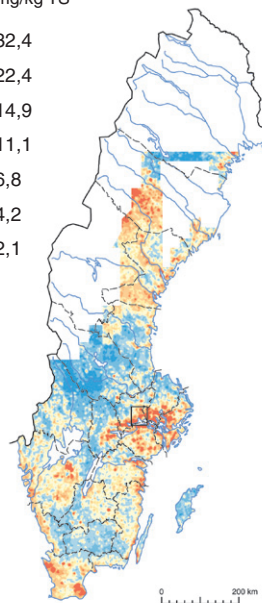
**Näckmossa**



**Ni i bäckvattenväxter**



**Ni i morän**



## Silver (Ag)

Silver förekommer med högre halter i finfraktion (<0,063 mm) i kommunens rurala moräner jämfört med landet i övrigt (0,041 mg/kg) och även jämfört med övriga kommuner i västra Mälardalen. Förekomst av metallen kan främst kopplas till de gråvackor som återfinns runt om och i Västerås stad. De urbana moränerna har högre bakgrundshalter som sannolikt antyder ett diffust historiskt antropogent tillskott av silver.

Silverhalten i de rurala sedimenten är högre jämfört med landet i övrigt men ligger på något lägre nivå jämfört med närliggande kommuner. Även i sedimenten har silver högre halter i den urbana miljön.

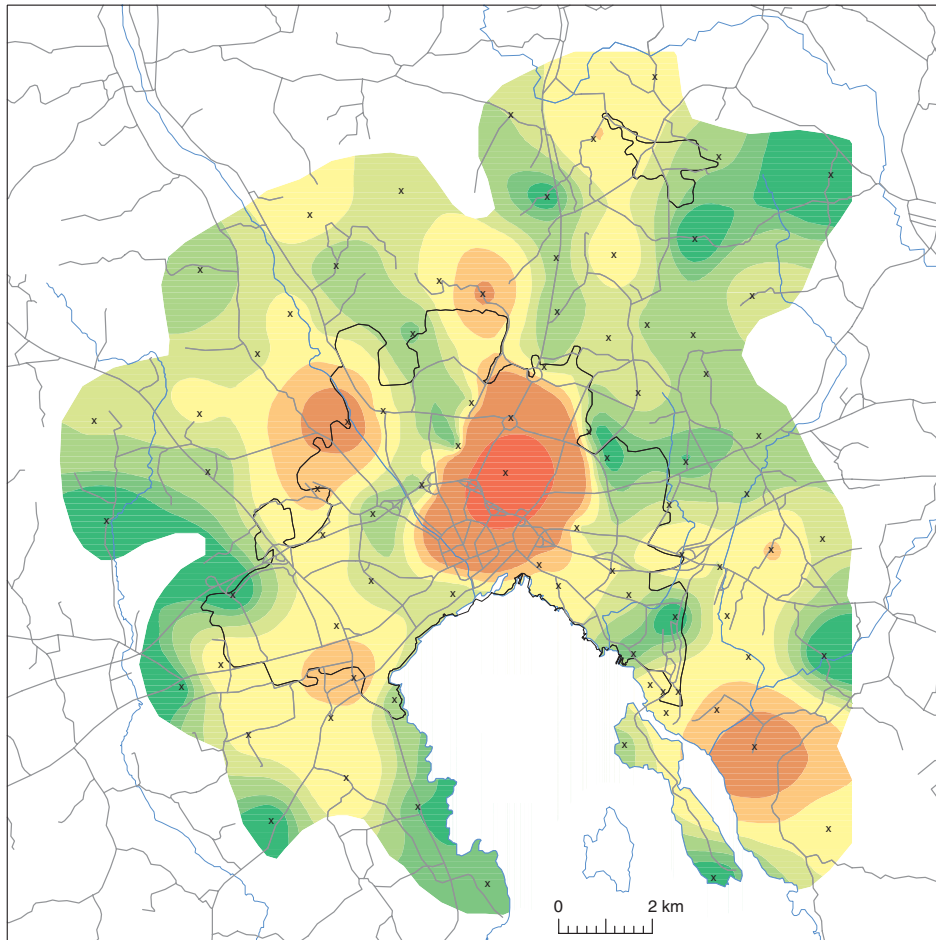
I yttlig jord ligger silver på betydligt högre halter i urban miljö jämfört med den rurala och de högsta halterna återfinns i urban miljö. Maxvärdet 2,991 mg/kg är uppmätt i Mårtens Hage, Gideonsberg. Underliggande sediment har betydligt lägre silverhalt, metallkvoten är 12,3. En km norrut, vid Tunbytorp, är silverhalten 0,683 i yttlig jord vilket är 4,1 gånger högre än i underliggande sediment.

Metallkvoterna för silver är generellt sett högre för moränlokaler. Sydost om avfallsstationen är exempelvis kvoten 4,5 och i Kungsängshöjden nära Kraftverkshamnen är kvoten 5,0. De högsta kvoterna som direkt kan kopplas till antropogen påverkan återfinns däremot i både morän- och sedimentmiljö. Även ruralt visar kvoterna anrikning i yttlig jord, som i moränområdet sydost om Västerås flygfält, där ett par lokaler har silverhalter i yttlig jord som är 7,1 respektive 4,3 gånger så höga som i underlaget.

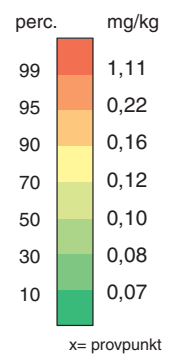
### Ag mg/kg

Provtyp	Fraktion	område	n	Perc10	Median	Perc90	Max
Morän	<2 mm	Riks, ruralt	647	0,014	0,025	0,052	
		Västerås k:n, ruralt	44	0,028	0,047	0,077	0,109
		Ruralt Staden	26	0,028	0,040	0,076	0,109
		Urbant Staden	17	0,032	0,053	0,136	0,138
Sediment	<2 mm	Riks, ruralt	544	0,040	0,090	0,180	
		Västerås k:n, ruralt	39	0,070	0,157	0,190	0,209
		Ruralt Staden	22	0,069	0,152	0,187	0,209
		Urbant Staden	20	0,115	0,168	0,203	0,243
Yttlig jord	<2 mm	Västerås stad	83	0,057	0,106	0,172	2,991
		Ruralt Staden	47	0,056	0,103	0,163	0,308
		Urbant Staden	36	0,065	0,116	0,241	2,991

Silver (Ag)  
Västerås tätort  
Ag i ytlig jord



Ytlig jord



## Tenn (Sn)

Tenn förekommer med högre metallvärden i finfraktionen (<0,063 mm) i kommunens rurala moräner jämfört med landet i övrigt (0,30 mg/kg), men haltnivåerna är jämförbara med övriga kommuners i västra Mälardalen. Förekomsten av tenn kan kopplas till yngre graniter och pegmatiter och deras moräner nordväst och väster om staden. Även biotit i de glimmerrika gråvackorna kan innehålla tenn. De urbana moränerna har något högre andel höga tennhalter än de rurala, men högsta värdet återfinns i en rural moränlokal.

Tennhalten i de rurala sedimenten är något högre jämfört med landet i övrigt men jämförbara med närliggande kommuners. I den urbana miljön är halterna något högre än ruralt, dock är högsta tennhalten i sediment uppmätt i en rural lokal.

Tennhalterna i yttlig jord ligger på högre nivåer i den urbana miljön och de högsta halterna återfinns i urban sedimentmiljö tillsammans med zink. Det ena, med tennhalt 1,22 mg/kg, ligger väster om Billsta på Svartåns västra strand och har en metallkvot på 5,3. Det andra återfinns i Mårtens Hage, Gideonsberg, där den ytliga jordens tennhalt är 5,60 mg/kg, vilket är 12,5 gånger högre än i underlaget. Ett par moränlokaler har också avvikande, tämligen höga tennhalter i yttlig jord, dock utan särskilt höga metallkvoter. En lokal i Stallhagen väster om Svartåns mynning har kvoten 2,8. En moränlokal sydost om avfallsstationen har förhöjda halter i yttlig jord av tenn tillsammans med silver och wolfram.

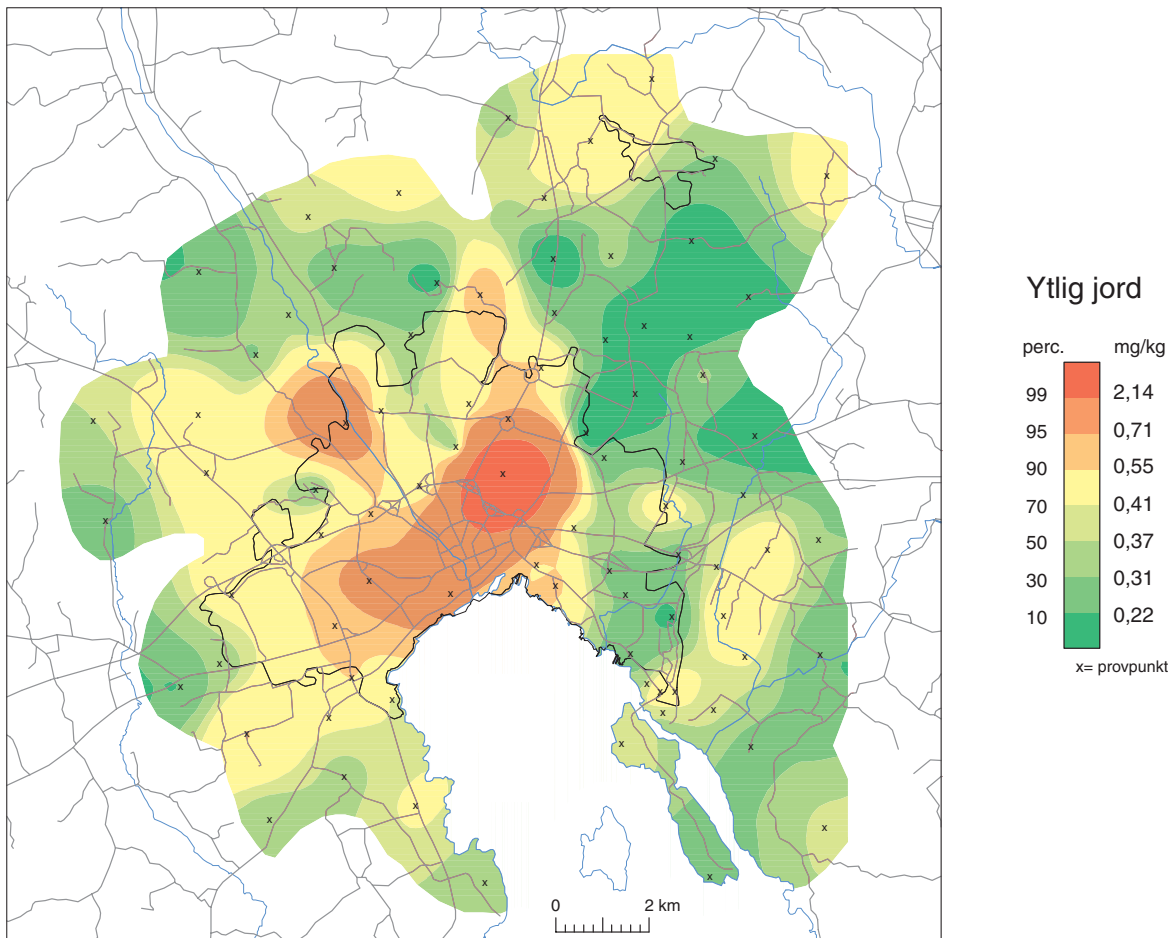
Av tennkvoterna ligger ca 65 % över 1. Kvoterna fördelar sig jämnt i morän- respektive sedimentmiljö. De ca 10 högsta kvoterna är klart knutna till områden i urban miljö eller med antropogen påverkan.

### Sn mg/kg

Provtyp	Fraktion	område	n	Perc10	Median	Perc90	Max
Morän	<2 mm	Riks, ruralt	647	0,11	0,17	0,31	
		Västerås k:n, ruralt	44	0,22	0,29	0,46	0,66
		Ruralt Staden	26	0,21	0,27	0,37	0,46
		Urbant Staden	17	0,20	0,28	0,54	0,58
Sediment	<2 mm	Riks, ruralt	544	0,12	0,25	0,39	
		Västerås k:n, ruralt	39	0,18	0,33	0,41	0,81
		Ruralt Staden	22	0,18	0,31	0,41	0,81
		Urbant Staden	20	0,21	0,34	0,45	0,45
Yttlig jord	<2 mm	Västerås stad	83	0,18	0,36	0,57	5,63
		Ruralt Staden	47	0,18	0,34	0,50	0,56
		Urbant Staden	36	0,21	0,42	0,78	5,63

## Tenn (Sn)

Västerås tätort  
Sn i ytlig jord



## Wolfram (W)

### Markgeokemi

Wolfram förekommer med högre metallhalter i finfraktionen (<0,063 mm) i kommunens rurala moräner jämfört med landet i övrigt (0,10 mg/kg), och även något högre jämfört med övriga kommuner i västra Mälardalen. Förekomst av metallen kan kopplas till det granitiska inslag i moränerna som återfinns runt om och i Västerås stad. De urbana moränerna har något högre bakgrundshalter men högsta wolframvärdet återfinns i rural miljö.

Wolframhalten i de rurala och urbana sedimenten är något högre jämfört med landet i övrigt men ligger på lägre nivå jämfört med närliggande kommuner. Den urbana miljön utmärker sig inte med högre halter.

Wolframhalten i ytlig jord ligger på betydligt högre nivåer i den urbana miljön jämfört med den rurala och de högsta halterna återfinns i urban miljö. Framför allt har ett ytprov anormalt hög wolframhalt på 3,11 och detta maxvärde är uppmätt i Mårtens Hage, Gideonsberg. Wolfram är här kraftigt anrikt i ytlig jord med en metallkvot 62,2 gånger underliggande sediment.

Av metallkvoterna ligger ca 80 % över 1, ganska jämnt fördelade i morän- respektive sedimentmiljö. Emellertid ligger kvoter under 1 nästan undantagslöst i moränlokaler. Flertalet av högsta kvoterna kan kopplas till urban miljö eller antropogen aktivitet. Högsta kvoten för en moränlokal (9,1) ligger vid Hacksätra i närheten av väg 66.

#### W mg/kg

Provtyp	Fraktion	område	n	Perc10	Median	Perc90	Max
Morän	<2 mm	Riks, ruralt	647	0,03	0,06	0,15	
		Västerås k:n, ruralt	44	0,05	0,14	0,22	0,69
		Ruralt Staden	26	0,05	0,14	0,21	0,69
		Urbant Staden	17	0,06	0,14	0,31	0,32
Sediment	<2 mm	Riks, ruralt	544	0,02	0,04	0,10	
		Västerås k:n, ruralt	39	0,05	0,05	0,08	0,10
		Ruralt Staden	22	0,05	0,06	0,08	0,09
		Urbant Staden	20	0,04	0,06	0,07	0,08
Ytlig jord	<2 mm	Västerås stad	83	0,06	0,13	0,35	3,11
		Ruralt Staden	47	0,06	0,11	0,24	0,59
		Urbant Staden	36	0,07	0,17	0,39	3,11

#### Biogeokemi

Fördelningen av wolfram har vissa likheter med zink. I Bergslagen framträder områden med förhöjda halter som isolerade öar i en bakgrund som består av relativt låga wolframhalter. Mot söder och närmare Mälaren ökar haltnivån på bakgrunden, ett fenomen som flera metaller uppvisar. Möjligen har de finkorniga jordarna en utslätande effekt och avskärmar den direkta påverkan från berggrunden.

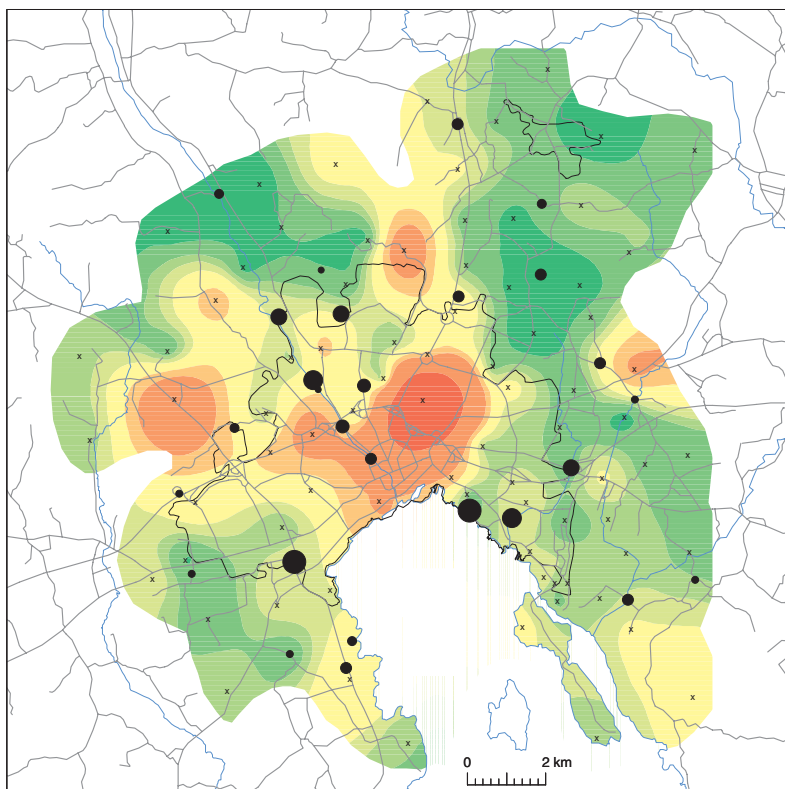
Resultaten från näckmossan visar att landsbygden runt Västerås generellt har lägre halter än tätorten. Högre halter av wolfram förekommer främst i Saltängsbäcken, Hamrebäcken och bäcken vid Mälarparken. Detta tyder på att man sannolikt har ett tillskott från antropogena källor. I lakvatten från soptippar brukar wolfram och krom förekomma i förhöjda halter, vilket gör att man kan misstänka förorening.

#### W mg/kg TS

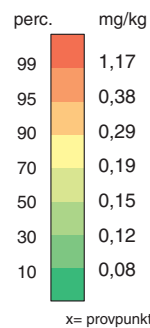
Provtyp	Område	n	P10	Median	P90	Max
Bäckvattenväxter	Riket	35 262	0,48	1,40	3,50	351,00
	Västerås k:n	135	0,69	2,20	5,10	10,00
Näckmossa	Tätort med omnejd	29	0,14	0,24	2,60	6,90
Husmossa	Tätort med omnejd	25	0,16	0,40	0,64	0,91

Även husmossa uppvisar generellt högre wolframhalter inom tätorten än i omgivningarna. Bilden över fördelningen av wolfram inom tätorten tyder på att närheten till vägtrafik innebär ökad halt.

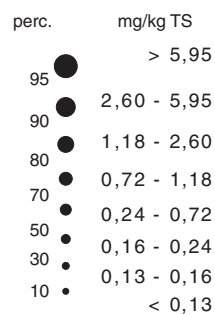
**Wolfram (W)**  
 Västerås tätort  
 W i yttlig jord samt näckmossa



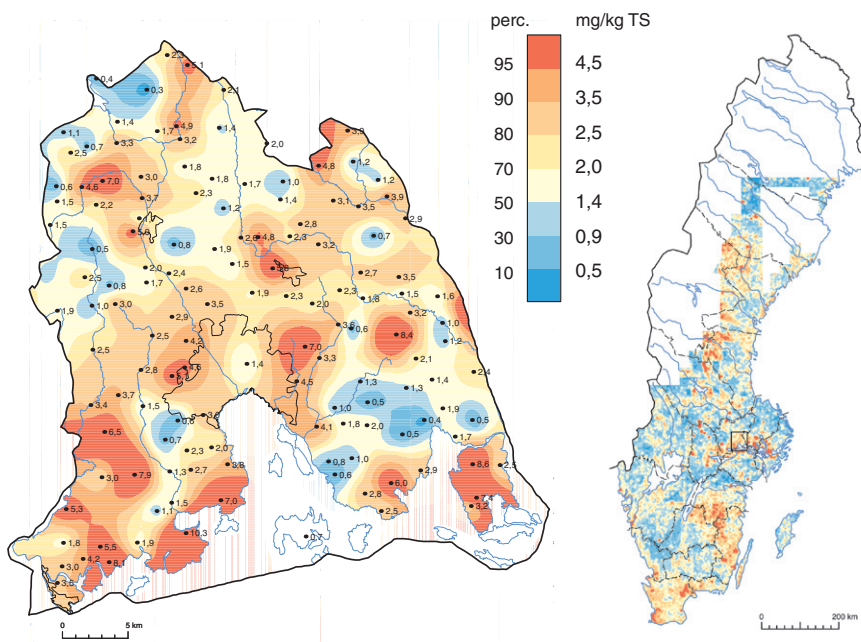
**Yttlig jord**



**Näckmossa**



**W i bäckvattenväxter**



## Zink (Zn)

### Markgeokemi

Haltnivåerna på zink ligger högre i finfraktion (<0,063 mm) i kommunens rurala moräner jämfört med landet i övrigt (32,2 mg/kg), och också jämfört med övriga kommuner i västra Mälardalen. Förekomst av metallen kan bland annat kopplas till det rika biotitinhållet i de glimmerrika gråvackor som återfinns runt om och i Västerås stad, men även zinkmineral kan vara orsak till de relativt höga halterna i moränen. De urbana moränerna har högre bakgrundshalter som sannolikt antyder ett diffust antropogent tillskott av zink. Högsta zinkvärdet, 83,1 mg/kg, återfinns tillsammans med arsenik i ett urbant moränprov vid Norrleden söder om Rönnby. Ytprov saknas tyvärr för denna lokal. Näst högsta zinkvärdet uppmättes i ett urbant moränprov i Stallhagen väster om Svartåns utlopp. Även bly och kadmium har höga halter i denna lokal och metallhalten är till stor del troligen naturlig. Zinkhalten i ytlig jord är 1,6 gånger underlaget och flera metaller har höga kvoter i ytan vilket indikerar ett antropogent påslag av metallerna. I de rurala moränerna återfinns högsta halten i ett område med pegmatit väster om staden. Kvoten mellan ytlig jord och underlag är här låg, 0,4, och metallbelastningen är naturlig.

Zinkhalten i de rurala sedimenten är högre jämfört med landet i övrigt och på ungefär samma nivå som närliggande kommuners. Metallhalterna är på jämförbara nivåer i den rurala och urbana miljön. De högsta zinkhalterna är uppmätta dels vid Skälby, i stadens västra del, dels i närheten av vattenverket vid Hässlö. Metallkvoterna för dessa lokaler är tämligen låga, 0,8 vid Skälby och 1,2 vid vattenverket.

Zinkhalterna i ytlig jord ligger på betydligt högre nivåer i den urbana miljön jämfört med den rurala och de högsta halterna återfinns i urban miljö. Ett par av proverna överstiger KM-värdet 350 mg/kg. Dessa återfinns i sediment i urban miljö, det ena väster om Billsta på Svartåns västra strand, det andra i Mårtens Hage i Gideonsberg, båda med höga kvoter, 4,7 respektive 5,4. Ytterligare två lokaler med höga zinkhalter i ytan finns, det ena vid Bjurhovda med metallkvot 6,5 och det andra, som också har hög kadmiumhalt, vid Kungsängshöjden i närheten av Kraftverkshamnen med en metallkvot 13,6 gånger zinkhalten i underlaget. Båda dessa ytprov underlagras av morän. Ytprovet som är taget i närheten av Kraftverkshamnen har dessutom ett lågt pH-värde, 4,3. Även husmossan och näckmossan uppvisar tämligen höga zinkhalter i området.

Av metallkvoterna ligger drygt 55 % över 1 med ganska jämn spridning för morän- respektive sedimentlokaler. De fyra högsta kvoterna återfinns i urban miljö.

### Zn mg/kg

Provtyp	Fraktion	område	n	Perc10	Median	Perc90	Max
Morän	<2 mm	Riks, ruralt	647	7,9	14,2	32,6	
		Västerås k:n, ruralt	44	19,9	33,6	55,9	97,1
		Ruralt Staden	26	20,8	38,1	55,9	97,1
		Urbant Staden	17	36,5	46,5	79,7	83,1
Sediment	<2 mm	Riks, ruralt	544	23,0	62,0	103,0	
		Västerås k:n, ruralt	39	39,6	83,5	113,7	131,3
		Ruralt Staden	22	39,6	93,2	118,1	131,3
		Urbant Staden	20	55,4	85,9	113,0	120,2
Ytlig jord	<2 mm	Västerås stad	83	30,8	81,3	133,8	528,8
		Ruralt Staden	47	28,6	67,2	116,8	159,7
		Urbant Staden	36	40,3	88,1	248,9	528,8

### Biogeokemi

Den regionala biogeokemiska bilden visar att större sammanhängande högområden av zink förekommer främst i Bergslagen i nära anslutning till kända bruksorter. Vattendragens zink-

halter är här en reflektion av berggrunden som även har påverkat jordtäcket kemiska sammansättning. Längre söderut mot Mälaren uppvisar zinkkartan en mer småplottrig bild där förhöjda zinkhalter är av mer lokal karaktär.

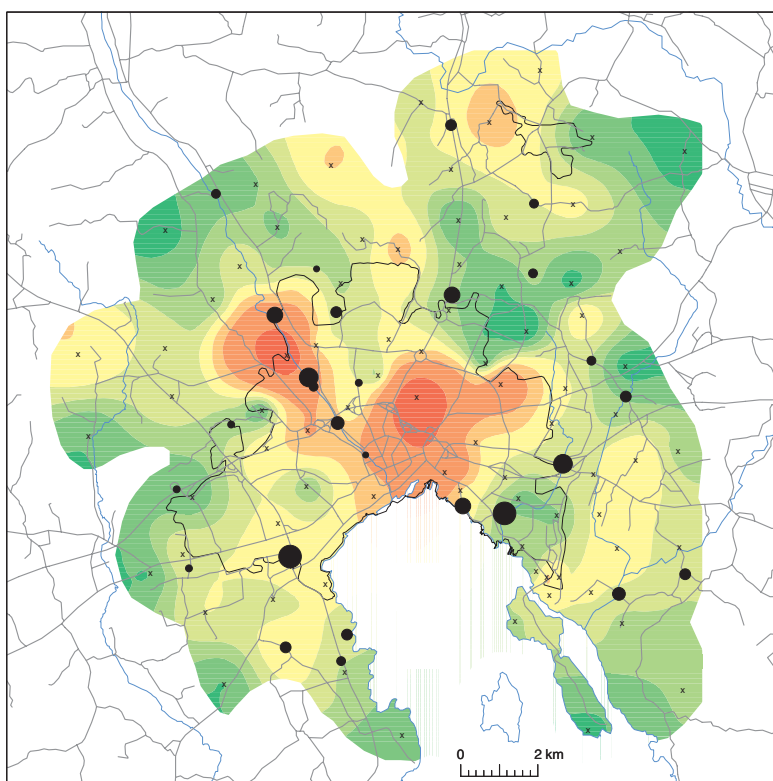
#### Zn mg/kg TS

Provtyp	Område	n	Perc10	Median	Perc90	Max
Bäckvattenväxter	Riket	35262	32	72	238	18802
	Västerås k:n	135	50	110	268	1406
Näckmossa	Tätort med omnejd	29	73	106	382	705
Husmossa	Tätort med omnejd	25	55	80	148	241

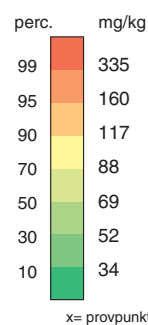
I den biogeokemiska kartan från 1995 framträder Emausbäcken vid Gideonsberg med ett extremt högt zinkvärde. Vid 2002 års omprovtagning med näckmossa saboterades transplantaten av hungriga änder. En vattenanalys från Emausbäcken visade på 60,3 µm/l och var det näst högsta värdet i undersökningen.

Resultaten från näckmossan visar att omgivningen kring Västerås och Svartån har lägre zinkhalter än vattendragen inom tätorten. De högsta halterna uppmättes i Hamrebäcken och Saltängsbäcken. Halterna är i gränsen mellan klass 3 och 4, alltså 500 mg/kg. I berggrund och mineraljordar förekommer vanligtvis zink och kadmium tillsammans. I näckmossan kan man också se detta samband att bäckar med förhöjd zinkhalt även har förhöjd halt av kadmium. Sambandet ger inget entydig svar på vad som är naturlig nivå eller antropogent tillskott. Orsaken är att zink och kadmium har snarlika kemiska egenskaper och därmed kan förekomma i många produkter som cirkulerar i samhället. Detta märks bl.a. i analyser av lakvatten från soptippar där både zink och kadmium förekommer med förhöjd halt.

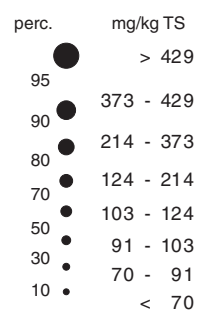
**Zink (Zn)**  
Västerås tätort  
Zn i yttlig jord samt näckmossa



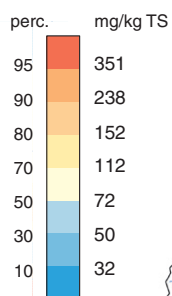
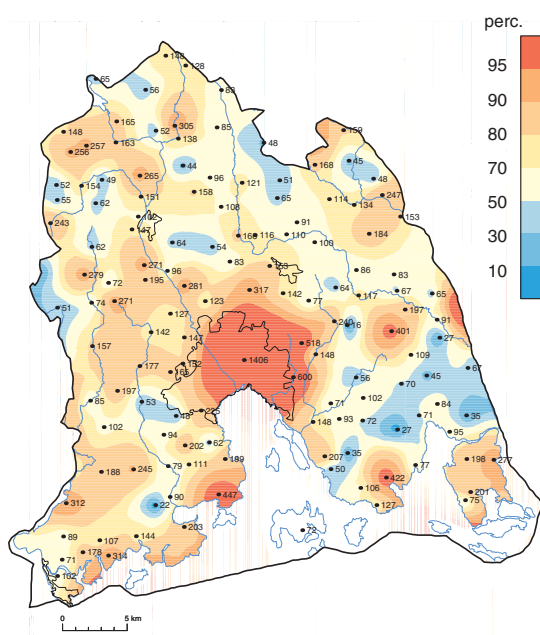
**Yttlig jord**



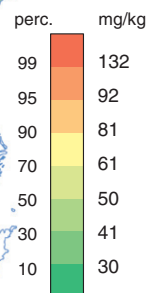
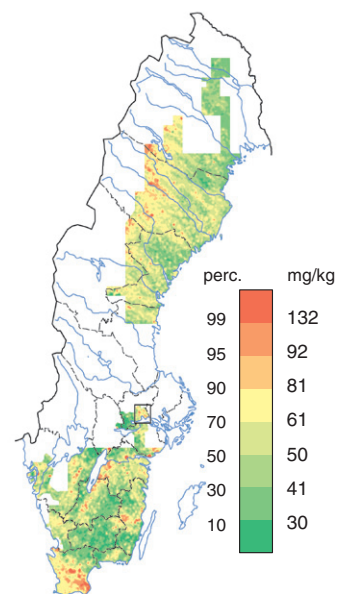
**Näckmossa**



**Zn i bäckvattenväxter**



**Zn i morän**



## SAMMANFATTNING VÄSTERÅS

I Västerås har prover från ytlig jord, C-horisont i morän och andra sediment samt näckmossa samlats in och analyserats på ett flertal huvud- och spårelement varav antimon, arsenik, bly, kadmium, koppar, krom, molybden, nickel, silver, tenn, wolfram och zink berörs i detta kapitel. Provtagning har även gjorts av husmossa och ofiltrerat vatten och där analysresultaten i första hand använts som tolkningsstöd.

Nämnda metallers fördelning i ytlig jord visar tydliga avvikelser med förhöjda halter i Västerås tätort och har därför definierats som antropogent påverkade. Med utgångspunkt från dessa metaller har redovisning och översiktlig tolkning gjorts av metallinnehållet i övriga provtyper.

Resultaten visar att urban miljö och antropogen aktivitet har gett högre bakgrundshalter för de studerade metallerna i ett eller flera provmedier jämfört med halterna i rural miljö. Morän har högre innehåll av As, Pb, Cd, Cu, Mo, Ni, Ag och Zn. Övriga sediment har högre innehåll av Ag och möjligen Pb, Cd och Sn. Ytlig jord har högre innehåll av Pb, Cd, Cu, Ni, Ag, Sn, W, Zn och möjligen As och Cr. Kvoter mellan ytlig jord och underliggande jord kan användas som markörer av antropogent påslag för Cd, Cu, Sn och W och med viss försiktighet för Ni, Ag och Zn. Transplanterad näckmossa har högre halter av främst Sb, Cu, W och Zn. Husmossa har högre innehåll av samtliga metaller utom möjligen Cd (inga data för Ag och Sn).

Resultaten från husmossan visar att tätorten generellt har ett större nedfall av metaller via luft och nederbörd än omgivande landsbygd. Detta är en naturlig konsekvens med tanke på de verksamheter som förekommer i dagens samhälle. Ur de geokemiska mönstren kan man skönja att avståndet till vägtrafik är en faktor som medför förhöjd metallhalt. En annan faktor är lokala utsläppskällor. Den tydligaste indikationen på det senare är resultaten för kvicksilver där den högsta halten återfanns inom ett skogsparti 300 m öster om krematoriet vid Hovdestalund.

En metall ger i vissa fall inom ett och samma område upphov till olika geokemiska mönster beroende på provtyp. Med detta menas att låg halt i marken kan förekomma i närområdet till vattendrag med hög halt i näckmossa och vice versa. Ett exempel utgör den sydöstra delen av Västerås som dräneras dels via en bäck vid Mälarparken, dels via Hamrebäcken. I båda dessa har näckmossan förhöjda halter av arsenik, bly, kadmium, krom och zink som inte återspeglar högre halter i närmaste markprov, däremot från husmossa. Detta är en indikation på att vattendragen har antropogent tillskott av metaller som bör återfinnas inom respektive avrinningsområde. Bäckens vid Mälarparken dränerar i huvudsak stadsbebyggelse inom södra Västerås. Väster om Mälarparken, vid Kungsängshöjden, har däremot såväl husmossan som den ytliga jorden höga halter av Cd, Cu, Pb och Zn samtidigt som pH är lågt (4,3). Metallerna har därför troligen lätt att röra sig till grundvattnet. Hamrebäcken dränerar ett relativt stort område som omfattar tätbebyggelse, industriområden och jordbruksmark. Inom avrinningsområdet kan man finna förhöjda halter av en eller flera metaller i en eller flera provtyper och bäcken dränerar en region som har varierande pH i både ytlig och underliggande jord.

Vid undersökningar av metaller i tätortsmiljö är det viktigt att insamling av prover görs av olika provmedia som kompletterar varandra. Insamling av tillräckligt stort antal prover måste också göras i såväl urban som rural miljö för att kunna värdera geologins inverkan på metallhalterna. Vid tolkning av resultaten är det också viktigt att ta reda på stadens historia, även från den förindustriella epoken, för att kunna förstå och belysa olika metallassociationer i stadens teknosfär (detta ingick dock inte i föreliggande projekt).

## SUMMARY FOR VÄSTERÅS

In Västerås, samples of top soil, C-horizon in till and other sediments, and Willow moss (*Fontinalis antipyretica*) have been collected and analyzed for numerous major and trace elements. Antimony, arsenic, lead, cadmium, copper, chromium, molybdenum, nickel, silver, tin, wolfram, and zinc are discussed in this chapter. Specimens and samples of Stair-step moss (*Hylacomium splendens*) and unfiltered water have also been collected, with the analysis results being used primarily as an interpretive aid.

The highest contents of the aforementioned metals occur at higher levels in the top soil in the urban areas of Västerås than outside those areas, and have consequently been characterized as anthropogenically influenced. Based on these metals, we have prepared reports and general interpretations of the metal levels in other sample media.

The results indicate that anthropogenic activity in urban environments has produced elevated background levels of the studied metals in one or more sample media compared with the levels in rural environments. Till areas contain higher levels of As, Pb, Cd, Cu, Mo, Ni, Ag, and Zn. Other sediments contain higher levels of Ag and possibly Pb, Cd, and Sn. Top soil contains higher levels of Pb, Cd, Cu, Ni, Ag, Sn, W, Zn, and possibly As and Cr. Ratios between top soil and underlying soil can be used as markers for anthropogenic increments of Cd, Cu, Sn, and W and, with a degree of caution, for Ni, Ag, and Zn. Transplanted Willow moss mainly has higher levels of Sb, Cu, W, and Zn. Stair-step moss has higher levels of all the metals, with the possible exception of Cd (no data for Ag or Sn).

The results for Stair-step moss indicate that urban areas generally experience higher metal fallout via the air and precipitation than do the rural surrounding. This is a natural result, given the activities that take place in urban areas in modern society. We can discern from geochemical patterns that the highway traffic is a factor that contributes to elevated metal contents. Mercury yielded the clearest indication of a local emission source, with the highest level being measured in a section of forest 300 m east of the crematorium at Hovdestalund.

In some cases, a single metal will give rise to different geochemical patterns within the same area, depending on the type of sample or specimen in question. In other words, low levels can occur in the ground near a watercourse while high levels are observed in Willow moss, and vice versa. One example of this difference is found in the south-eastern section of Västerås, which is drained in part via a stream at Mälarparken, and in part via Hamrebäcken [Hamre Stream]. The Willow moss in both streams contains elevated levels of As, Pb, Cd, Cr, and Zn that are not reflective of higher levels in adjacent soil samples. However, the levels in Stair-step moss samples are elevated, which indicates that these watercourses are subject to anthropogenic additions of metals. Also, it is possible that polluted areas are present elsewhere in the drainage basins.

The stream at Mälarparken mainly drains the populated urban area in southern Västerås. West of Mälarparken at Kungsängshöjden, both Stair-step moss and the top soil conversely contain high levels of Cd, Cu, Pb, and Zn with concomitant low pH (4.3). As a result, it is probably easier for these metals to migrate to the groundwater. Hamrebäcken drains a relatively large area that includes urban areas, industrial areas, and cultivated fields. Elevated levels of at least one metal can be found in one or more sample types within the drainage area, and this stream drains a region that exhibits varying pH levels in both its surface and underlying soils.

When studying metals in urban environments, it is important to collect samples from different media that complement one another. A sufficiently large number of samples must also be collected in both urban and rural environments to enable assessment of the effects of geology on metal levels. In interpreting the results, it is also important to take into account the history of the city, including the pre-industrial era, to be able to understand and elucidate various metal associations in the city's technosphere (although this was not included in the present project).

## REFERENSER

- Andersson, A., 1979: On the distribution of heavy metals as compared to some other elements between grain size fractions in soils. *Swedish Journal of Agricultural Research* 9, 7–13.
- Birke, M. & Rauch, U., 2000: Urban Geochemistry: Investigations in the Berlin metropolitan area. *Environmental Geochemistry and Health* 22, 223–248.
- Chaney, R., Mielke, H. & Sterret, S., 1988: Speciation, mobility and bioavailability of soil lead. *Environmental Geochemistry and Health, supplement for volume 9 (1989)*, 105–129.
- Folkesson, L., 1978: Interkalibrering av tungmetallhalter i mossor och lavar för tillämpning vid nedfallsmätningar. *Statens Naturvårdsverk PM 1021*, 41 s.
- Lithner, G. & Holm, K., 2003: Nya metaller och föroreningar i svensk miljö. *Naturvårdsverket Rapport 4913*, 76 s.
- Manngård, B., 1997: Sulfidhaltiga lerors inverkan på vattenkemin i två tillflöden till Sörfjärden, Mälaren. *SLU, institutionen för markvetenskap. Examens- och seminariearbeten nr 28*.
- Nilsson, C.-A. & Ressar H., 1995: Biogeokemiska kartan. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter & meddelanden nr 78*, 36 s.
- Naturvårdsverket, 1997: Bakgrundshalter i mark. *Naturvårdsverket Rapport 4640*, 47 s.
- Naturvårdsverket, 1999: Sjöar och vattendrag. *Naturvårdsverket Rapport 4913*, 101 s.
- Naturvårdsverket, 1999: Metodik för inventering av förorenade områden. *Naturvårdsverket Rapport 4918*, 150 s.
- Norrström, A.-C. & Jacks, G., 1998: Concentration and fractionation of heavy metals in roadside soils receiving de-icing salts. *Science of the Total Environment* 218, 161–174.
- Otto, B. & Berger, U., 2001: Enhanced PET production through new heavy metal-free catalyst systems. *Chemical Fibers International* 51, 188–189.
- Peltola, P. & Åström, M., 2003: Urban Geochemistry: A multimedia and multielement survey of a small town in northern Europe. *Environmental Geochemistry and Health* 25, 397–419.
- Rosén G., 1993: Vatten. *Naturvårdsverkets metodhandbok*.
- Selinus, O., Rundqvist, R. & Johansson, P., 2001. Göteborgsprojektet. *Geokemi i Göteborgs kommun 2000*, 34 s + kartbilaga.
- Tyler, G., 1970: Moss analysis – a method for surveying heavy metal deposition. I H.M. Englund & W.T. Berry (red.): *Proceedings of the Second International Clean Air Congress*. Academic Press, New York.







**Sveriges geologiska undersökning**

Box 670  
751 28 Uppsala  
Tel: 018-17 90 00  
Fax: 018-17 93 70  
[www.sgu.se](http://www.sgu.se)

Uppsala 2004  
ISSN 1404-3157  
ISBN 91-7158-695-4