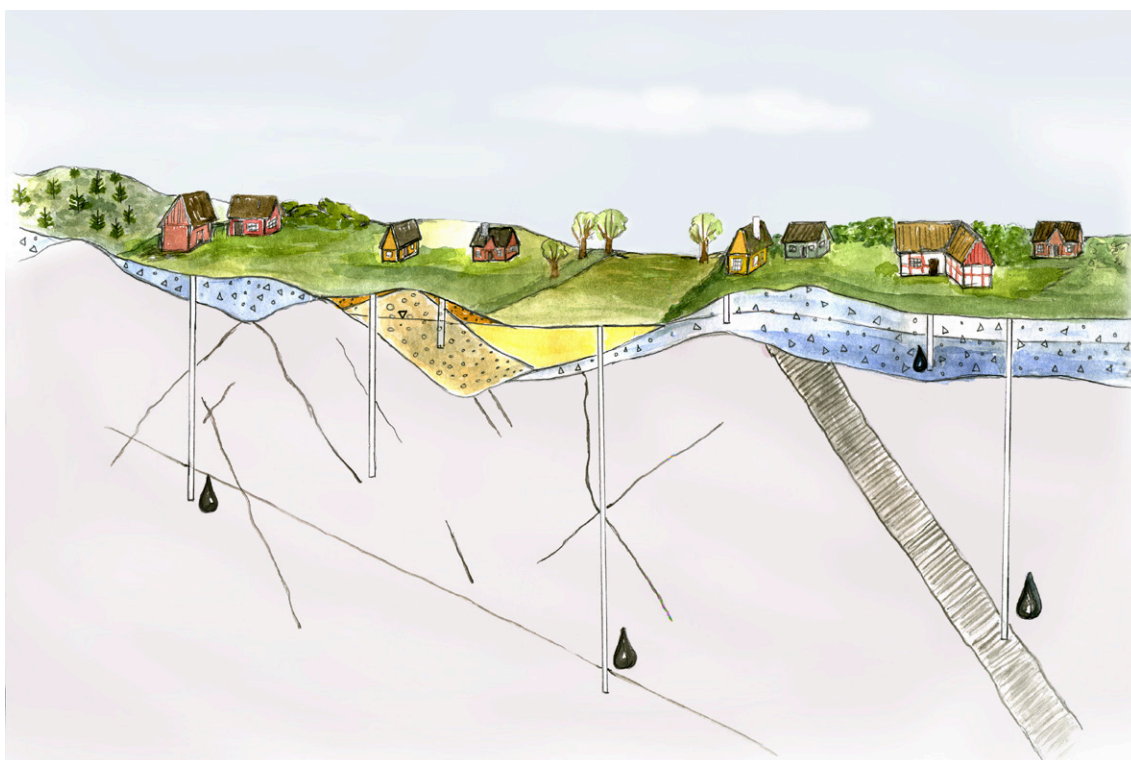


Kartläggning och tolkning av ursprung till höga halter av kadmium och bly i grundvattnet i Maglasäte–Lillasäte, Höörs kommun, Skåne

Peter Dahlgvist, Anna Ladenberger, Lena Maxe, Cecilia Jönsson,
Elisabeth Magnusson & Henrik Thulin Olander

februari 2016

SGU-rapport 2016:02



SGU

Sveriges geologiska undersökning
Geological Survey of Sweden

Omslagsbild: Illustration av de huvudsakliga geologiska och hydrogeologiska miljöer som finns i undersökningsområdet väster om Höör. Skissen visar även hur det kan komma sig att närliggande brunnar kan ha olika grundvattenkvalitet. Illustration: Magdalena Thorsbrink.

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

INNEHÅLL

Inledning	5
Syfte och mål	6
Hypotes	6
Områdesbeskrivning	6
Metod	10
Grundvattenprovtagning	11
Geofysik	12
Markprovtagning	13
Resultat och slutsatser av vattenprovtagningen	14
Resultat och slutsatser av de geofysiska undersökningarna	22
Resultat och slutsatser av jordprovtagningen	22
Diskussion	25
Implementering av resultat	28
Internt på SGU	28
Höörs kommun	29
Kompletterande analyser 2016	32
Referenser	32
Bilaga 1	35
Bilaga 2	36
Bilaga 3	38
Bilaga 4	43

INLEDNING

Under våren 2014 kontaktades Sveriges geologiska undersökning (SGU) av Arbets- och miljömedicin vid Skånes universitetssjukhus i Lund med anledning av att de på uppdrag av Höörs kommun analyserat dricksvatten från sex fastigheter väster om Höör med egna brunnar. Analyserna visade förhöjda halter av kadmium (1–12 µg/l) och bly (1,25–50 µg/l). Under sommaren 2014 utfördes ytterligare undersökningar av forskare vid Arbets- och miljömedicin. Nu analyserade man vatten från 62 fastigheter med en större geografisk spridning. Resultatet visade ännu högre halter av såväl kadmium (som högst 92 µg/l) som bly (som högst 378 µg/l) i grundvattnet. Vid båda provtagningarna kunde man påvisa brunnar med låga till inga halter av såväl bly som kadmium endast några tiotals till hundratals meter från brunnar med extremt höga halter.

Förhållandena i undersökningsområdet, med ett stort antal brunnar med extremt höga halter, men även stora skillnader mellan brunnar inom ett väldigt litet område, gör undersökningen extra intressant. Eftersom det inte finns någon anledning att misstänka att marken är förorenad av människan antas tungmetallerna ha ett naturligt ursprung. Att föroreningarna skulle komma från rörledningar är osannolikt eftersom så många fastigheter är drabbade.

SGU har tagit fram en översiktlig bild av förekomsten av bly och kadmium i jordlagren genom de markgeokemiska kartorna. För att kunna förklara de höga halterna krävs dock en betydligt mer detaljerad studie. För att kunna lägga tid och medel på fältarbete och analyser söktes ett internt FoU-projekt med titeln *Kartläggning och tolkning av ursprung till höga halter kadmium och bly i grundvattnet inom delar av Höörs kommun*. Projektet startade våren 2015. Under sommaren och hösten utfördes fältarbete och analyser av insamlade prover.

SGU har under hösten 2015 tagit ytterligare prover för fler analyser (blyisotoper och spår-element i vatten samt elementhalter i områdets representativa bergarter). Isotopdata kan användas för att identifiera ursprunget till de höga metallhalterna i grundvattnet och särskilja naturliga källor från antropogena källor. Spårelement från grundvatten och representativa bergarter



Provtagning av yttlig jord och morän i Lillasäte, väster om Höör. (Foto: Anna Ladenberger).

kan möjliggöra bättre tolkningar av metallernas ursprung och transportvägar. Resultaten från dessa analyser blir klara under 2016 och rapporteras senare i en separat rapport.

SYFTE OCH MÅL

Syftet med projektet var att utreda ursprunget av de höga halterna av bly och kadmium i grundvattnet i området. Går det att härleda ursprunget av bly och kadmium och kan vi förklara varför det finns höga halter i grundvattnet endast i vissa brunnar medan halterna i närliggande brunnar är låga? Beror det på jordlagren, berggrunden, sprickmönster, djup på brunnarna eller vad är förklaringen? Förhoppningarna var att få fram ett mönster som gör att vi kan förmedla möjliga risker och problem relaterade till de höga metallhalterna i mark och grundvatten till Höörs kommun. Detta blir sedan ett underlag för att kommunen ska kunna planera för lämplig markanvändning och rådgivning när det gäller brunnborrningar och dricksvattenplanering i området.

HYPOTES

Med bakgrund av tidigare geologisk kunskap från närområdet samt att det finns metaller i grundvatten, jord och berggrund formulerade vi denna hypotes:

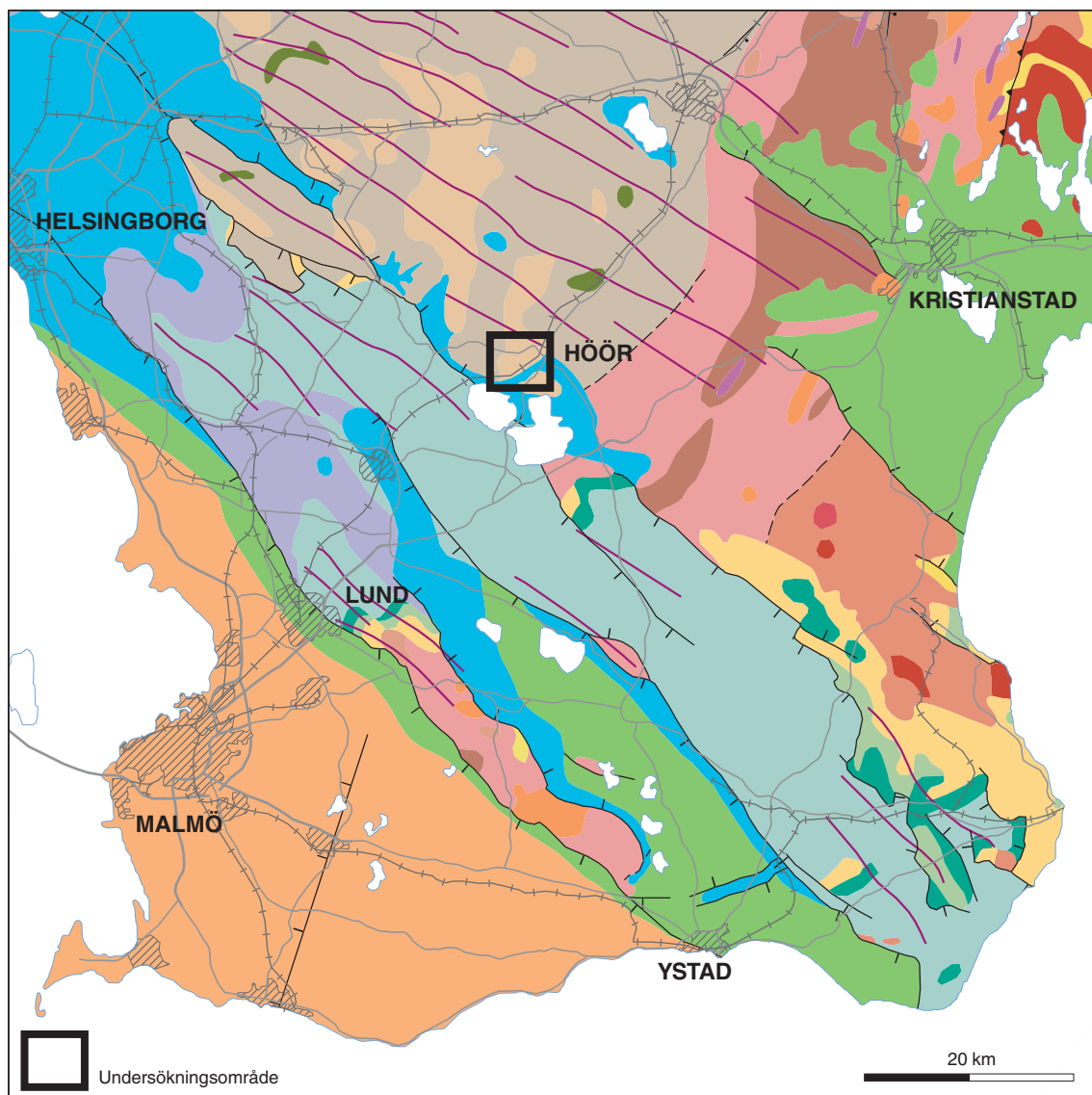
De höga halterna av bly och kadmium i grundvattnet har en naturlig orsak som är knuten till grundvattnets rörelse i sprickor i berggrunden. I sprickorna finns mineraliseringar som innehåller mycket bly och kadmium som lakas ur till grundvattnet. Anledningen till att metallerna finns här är den vulkaniska (värmekälla och fluider) och tektoniska (sprickor och förkastningar) aktivitet som förekommit i området. Den ursprungliga källan till metallerna kan vara den kambriska sandsten som har kända sulfidmineraliseringar i Skåne.

OMRÅDESBESKRIVNING

Undersökningsområdet ligger väster om Höör i centrala Skåne (fig. 1) inom Tornqvistzonen (som skär över Skåne i nordväst–sydöstlig riktning). Områdets berggrund domineras av sveko-norvegiska gnejser och graniter (Wickman & Sivhed 1993, fig. 2). Berggrunden har under trias, jura och krita utsatts för lervittring (kaolinbildning). Större delen av vittringsprodukterna har eroderats, men kaolinförekomster finns bevarade framför allt i områden där den vittrade berggrunden överlagras av sedimentär berggrund. Vittringens omfattning och utbredning kan vara större än vad vi känner till. Lokalt kan vittring i anslutning till sprickzoner i berggrunden resultera i lervittrade zoner som går djupt ned i berggrunden.

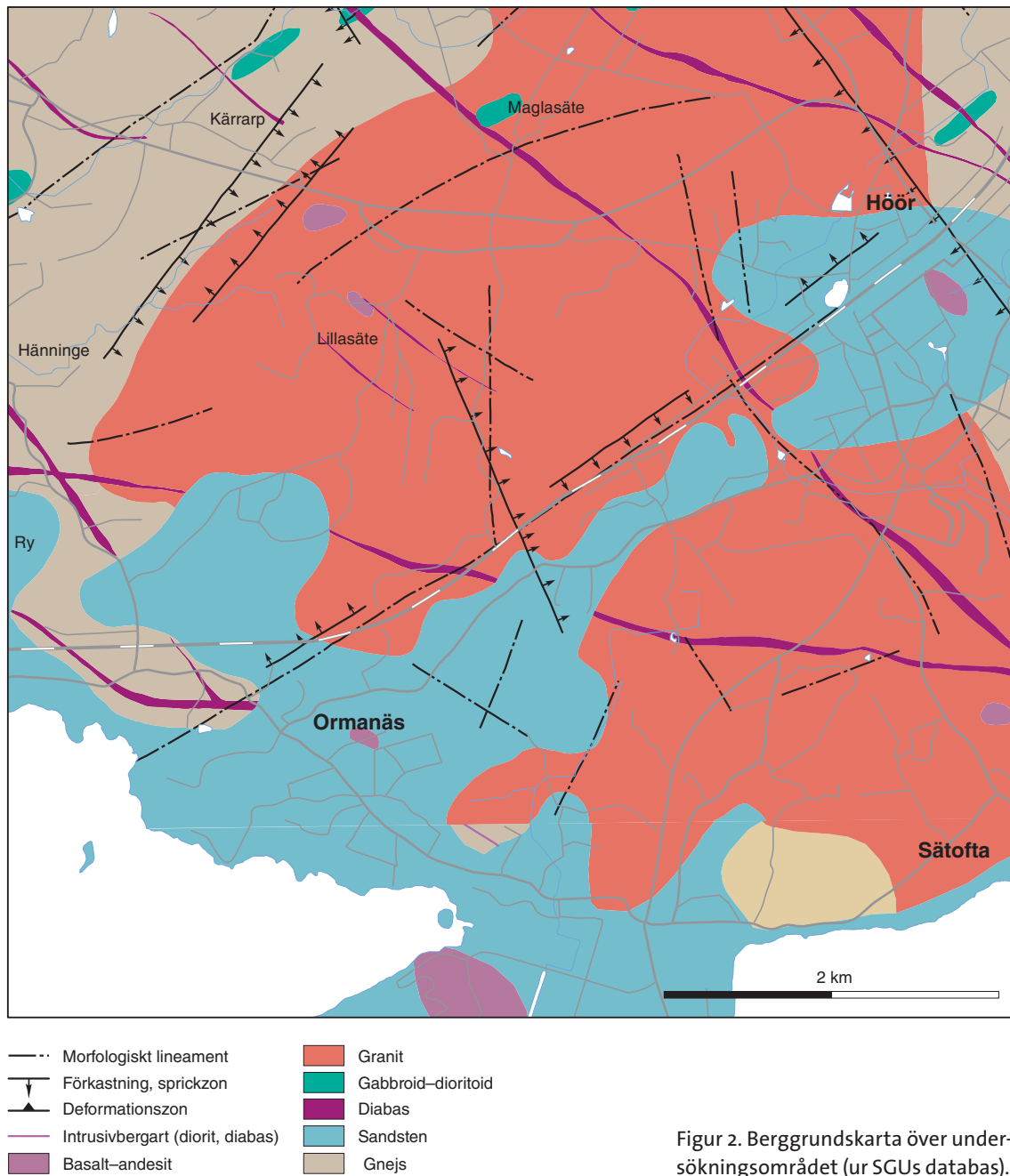
I de södra och östra delarna av det undersökta området förekommer mesozoiska bergarter som sandsten och siltsten (fig. 2). Lokalt finns även kol. De paleozoiska bergarterna finns närmast ca 2 km söder om undersökningsområdet i anslutning till den så kallade Ringsjöförkastningen. Den översta delen av den paleozoiska berggrunden består av ett 600–1 000 m tjockt lager med silurisk skiffer som överlagras 100–200 m med ordovicisk och kambrisk skiffer, som i sin tur överlagras ca 100 m med kambrisk sandsten. Den upp till 200 m mäktiga mesozoiska berggrunden består framför allt av triassiska och jurassiska sandstenar, bl.a. tillhörande Höör-sandstenen, och basalttuff. Höör-sandstenen har använts för byggnadsändamål sedan medeltiden och det finns ett stort antal mindre stenbrott i närområdet.

Området har påverkats av vulkanism vid minst två tillfällen (Bergelin m.fl. 2011) och där finns vulkaniska bergarter bl.a. i form av permo-karbonska diabasgångar samt jurassiska och kretaceiska basalter (fig. 2). Diabaserna i området har en övervägande nordväst–sydöstlig



- | | |
|--|---|
| — Diabas (perm till karbon) | ■ Diabas och metamorf ekvivalent (0,9–1,6 miljarder år) |
| ▲ Spröd till plastisk deformationszon, revers rörelse | ■ Amfibolit, mafisk granulit, eklogit (0,9–1,7 miljarder år) |
| — Spröd till plastisk deformationszon, rörelse i stupningsriktningen | ■ Granitisk migmatitisk gnejs, granit (1,0–1,7 miljarder år) |
| --- Spröd till plastisk deformationszon, ospecificerad rörelse | ■ Granit, syenitoid och metamorfa ekvivalenter (1,2 miljarder år) |
| ■ Kalksten, sandsten, mörksten (paleocen till eocen) | ■ Granit, syenitoid och metamorfa ekvivalenter (ca 1,44–1,47 miljarder år) |
| ■ Kalksten, sandsten, lera (krita) | ■ Granit, syenitoid och metamorfa ekvivalenter (ca 1,44–1,47 miljarder år) |
| ■ Lera, lerskiffer, sandsten, kol (rät till tithon) | ■ Granitoid till syenitoid migmatitisk gnejs (1,7 miljarder år) |
| ■ Sandsten, lera (yngre trias) | ■ Granit, granodiorit, syenitoid, kvartsmonzodiorit (1,7 miljarder år) |
| ■ Kalksten, lerskiffer, sandsten (silur) | ■ Metavulkaniska bergarter, paragnejs, kvartsit (ca 1,75–1,77 miljarder år) |
| ■ Kalksten, lerskiffer (ordovicium) | ■ Metavulkaniska bergarter, paragnejs, kvartsit (ca 1,75–1,77 miljarder år) |
| ■ Bituminös lerskiffer (alunskiffer) och kalksten (kambrium–tremadoc) | ■ Granitisk ortognejs (ca 1,7–1,8 miljarder år) |
| ■ Sandsten, konglomerat, siltsten, lerskiffer (ediacara till kambrium) | ■ Granitisk ortognejs (ca 1,7–1,8 miljarder år) |
| | ■ Granitoid, syenitoid, kvartsmonzodiorit (ca 1,7–1,8 miljarder år) |

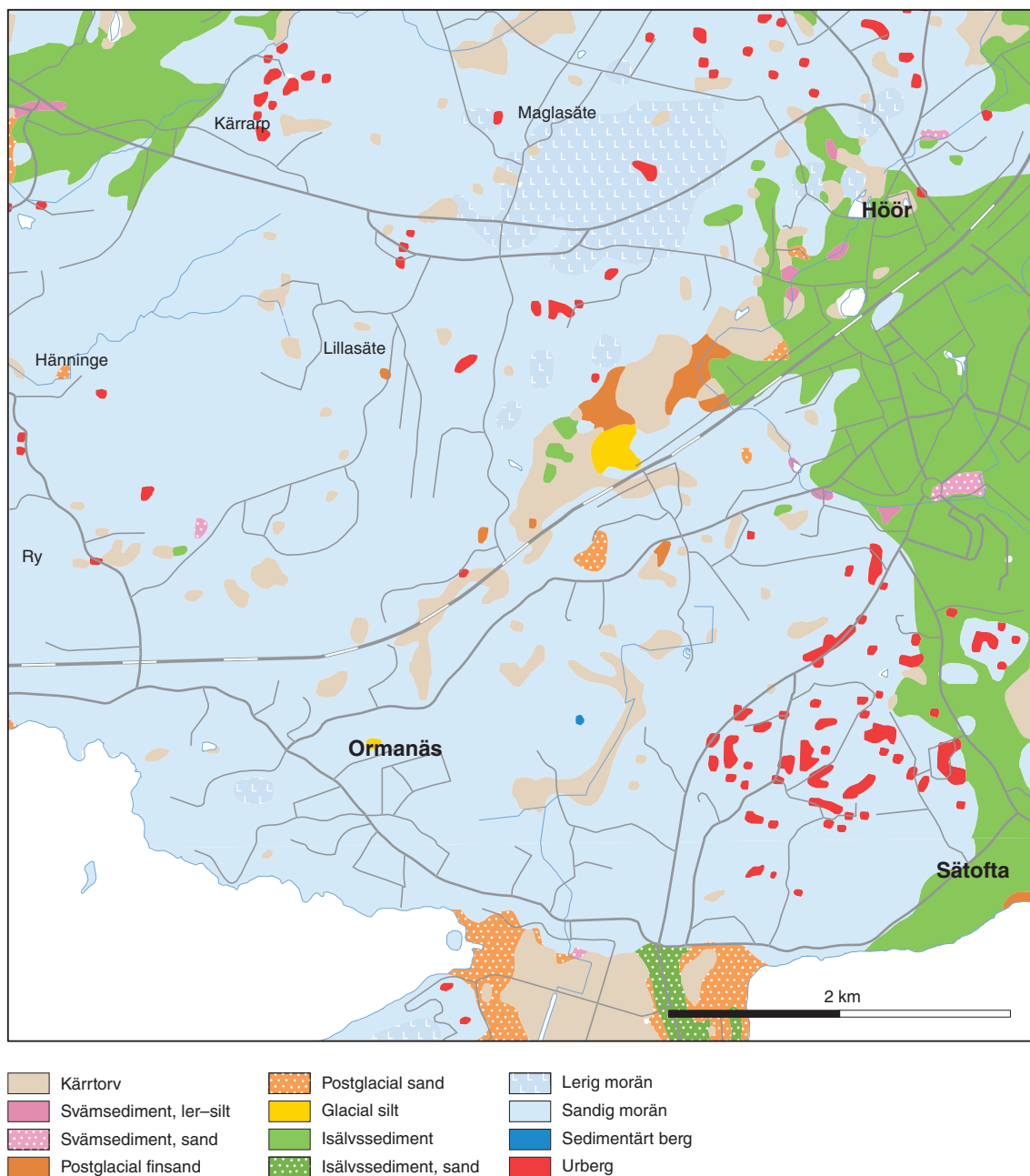
Figur 1. Berggrundskarta över Skåne (ur SGUs databas).



Figur 2. Berggrundskarta över undersökningsområdet (ur SGUs databas).

riktning. Den övervägande delen sprickor har också en nordväst–sydöstlig riktning, men det finns även en stor mängd sprickor med nordnordväst–sydsydöstlig och lokalt med nordnordost–sydsydvästlig riktning (fig. 2).

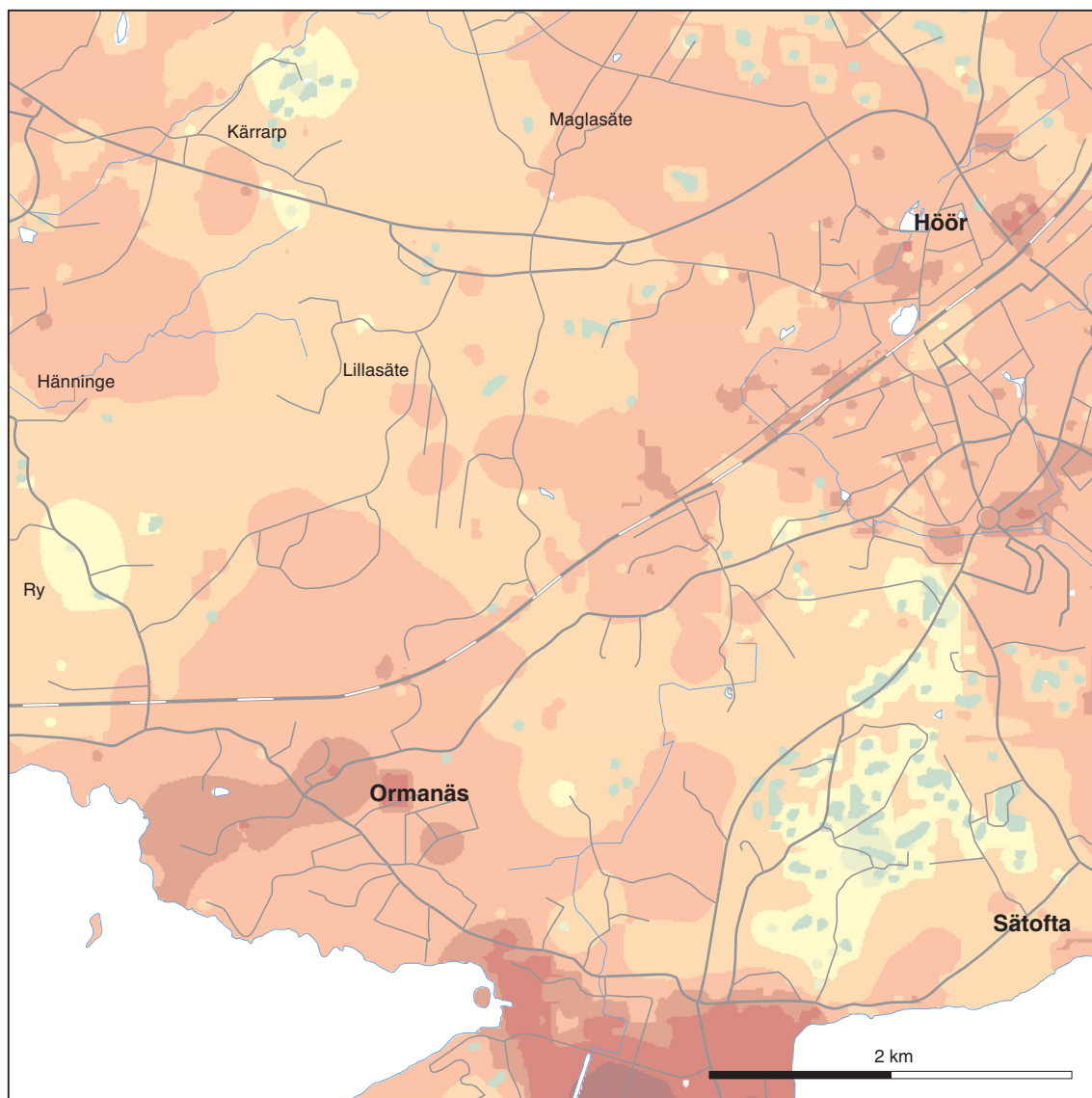
Jordarterna domineras av morän med inslag av organogena jordarter och isälvsediment (Ringberg 1986, fig. 3). Jordlagren har en mäktighet av ca 5–20 m inom undersökningsområdet, men det finns större mäktigheter i närheten (fig. 4). Moränlandskapet är småkuperat och har mestadels bildats som dödismorän. Här finns även drumliner med huvudsaklig ostnordost–västsydvästlig riktning. Moränen är mestadels sandig–siltig, men lerig morän förekommer också. Den leriga moränen är kopplad till förekomst av kaolin. Moränens innehåll har stor lokal variation. Den lokala berggrunden har stor dominans på moränen vilket talar för en relativt kort



Figur 3. Jordartskarta över undersökningsområdet (ur SGUs databas).

transport för merparten av materialet. Den huvudsakliga isrörelseriktningen från den senaste istiden var nordostlig till östlig vilket gör att mycket av ursprungsmaterialet bör ha kommit från nordost eller öst. I undersökningsområdet har moränen t.ex. en stor andel Höörsandsten. Isälvsmaterialet i Höörområdet består av upp till 15 m mäktigt grus som underlagras av morän eller berg. De organogena jordarterna utgörs främst av moss- och kärtrorv och har skapats antingen genom igenvuxna sjöar eller genom försumpning av fast mark.

Markanvändningen består i huvudsak av åker- och betesmark i den östra delen och skogsmark i de västra delarna (fig. 5). Bebyggelsen i undersökningsområdet är mestadels sommarstugor som gjorts om till mer eller mindre permanent boende. I dagsläget finns ingen kommunal



Jorrdjup (meter till berg)

0	3–5	20–30
0–1	5–10	30–50
1–3	10–20	>50

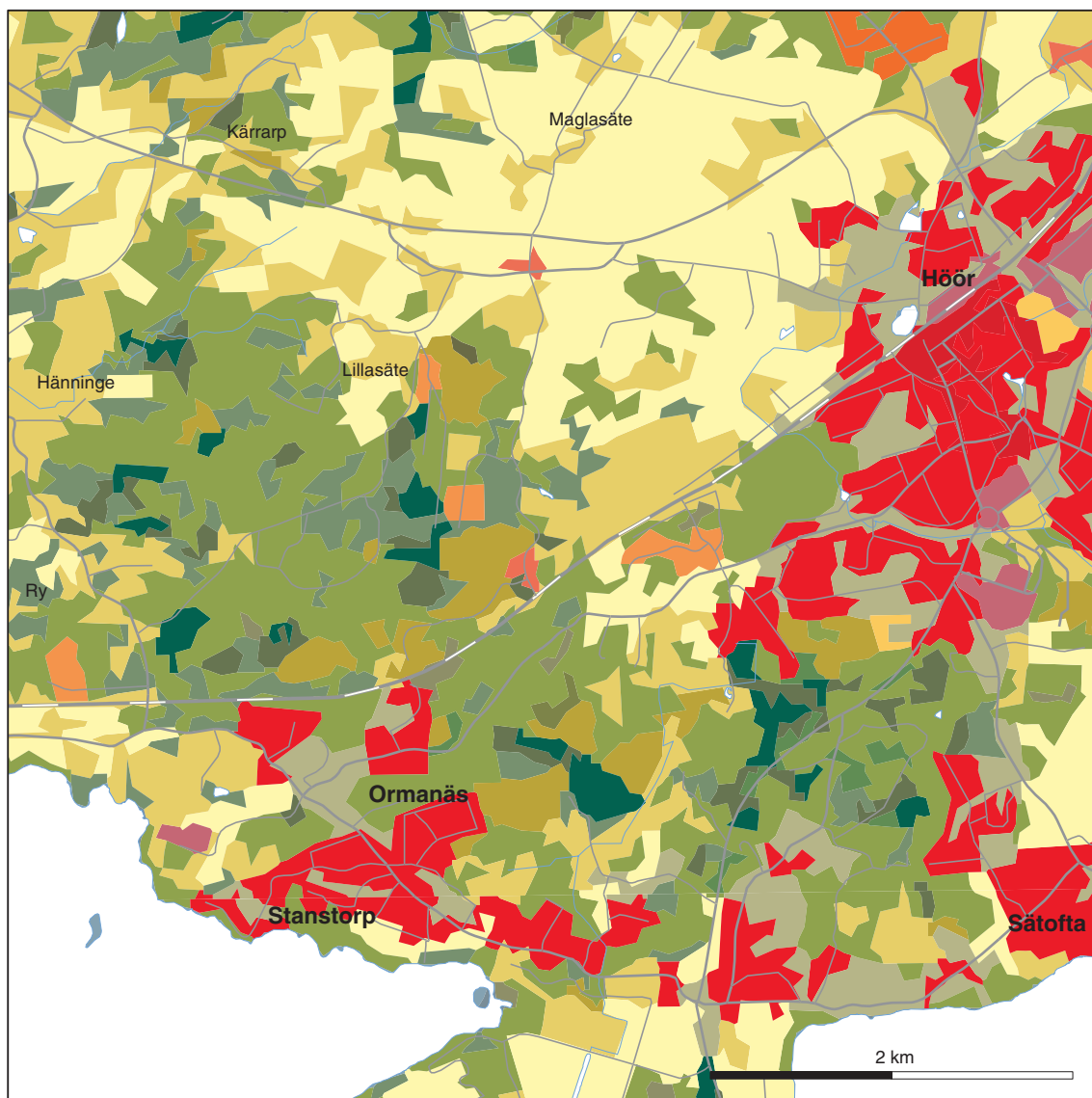
Figur 4. Jorrdjupskarta över undersökningsområdet (ur SGUs databas).

VA-försörjning, men det är tänkt att det ska byggas ut snarast, delvis på grund av de höga metallhalter i dricksvattenbrunnarna.

Tidigare markgeokemiska och biogeokemiska undersökningar (SGUs regionala geokemiska karteringsprogram) visar att det i Skåne finns fler områden med höga metallhalter, t.ex. bly, kadmium och zink i marken och i vattenväxter (fig. 6–7). Traditionellt har de höga metallhalterna tolkats som naturliga. Ursprunget har tolkats vara mineraliseringar i porer och sprickor i den kambriska sandstenen och i metallanrikad svartskiffer (Kornfält m.fl. 1996).

METOD

För att utreda ursprunget av de höga halterna bly och kadmium i grundvattnet och testa vår hypotes valde vi att använda oss av ett antal metoder som beskrivs nedan.

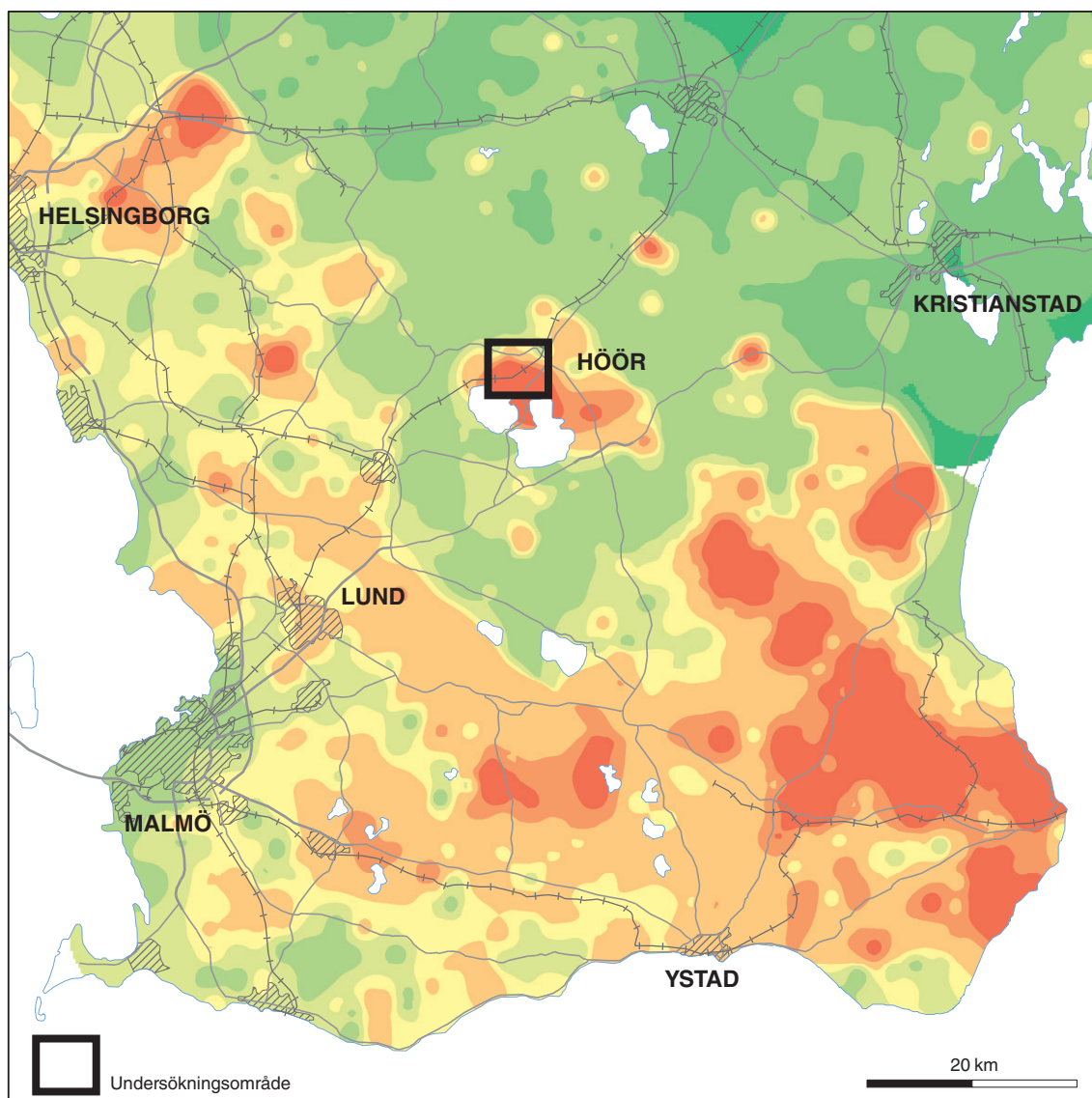


Figur 5. Förenklad markanvändningskarta över undersökningsområdet. Områden med röda och orange nyanser är bebyggd mark, gröna områden är olika typer av skog och de gula områdena är åker eller betesmark. Data från Lantmäteriet.

Grundvattenprovtagning

En kompletterande grundvattenprovtagning gjordes under mars–april 2015 av SGU i ett något utökat geografiskt område. Totalt analyserades 22 prover, varav 20 från dricksvattenbrunnar och två från dammar inom området (fig. 8). Tio av brunnarna hade tidigare analyserats av Arbets- och miljömedicin. Analyser från dessa togs dels för att se om det fortfarande fanns höga halter, dels för att kunna jämföra de två laboratorierna. De brunnar som valdes ut för detta ändamål hade alla höga halter av bly eller kadmium. Proverna analyserades på Sveriges lantbruksuniversitet (SLU). Parametrarna som analyserades var TOC, Tot-N, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{+NO}_3\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$, Tot-P, SO_4 , Cl, F, Ca, Mg, Na, K, Fe, Mn, Al, As, Cd, Co, Cr, Ni, Cu, Pb, V, Zn och Si och samtliga analysresultat finns sammanställda i bilaga 1.

Analyserna som utförts av Arbets- och miljömedicin analyserades på Skånes universitetssjukhus i Lund. Totalt analyserade de 62 prover från 56 olika brunnar (fig. 8) för parametrarna



Bly (Pb) morän

mg/kg

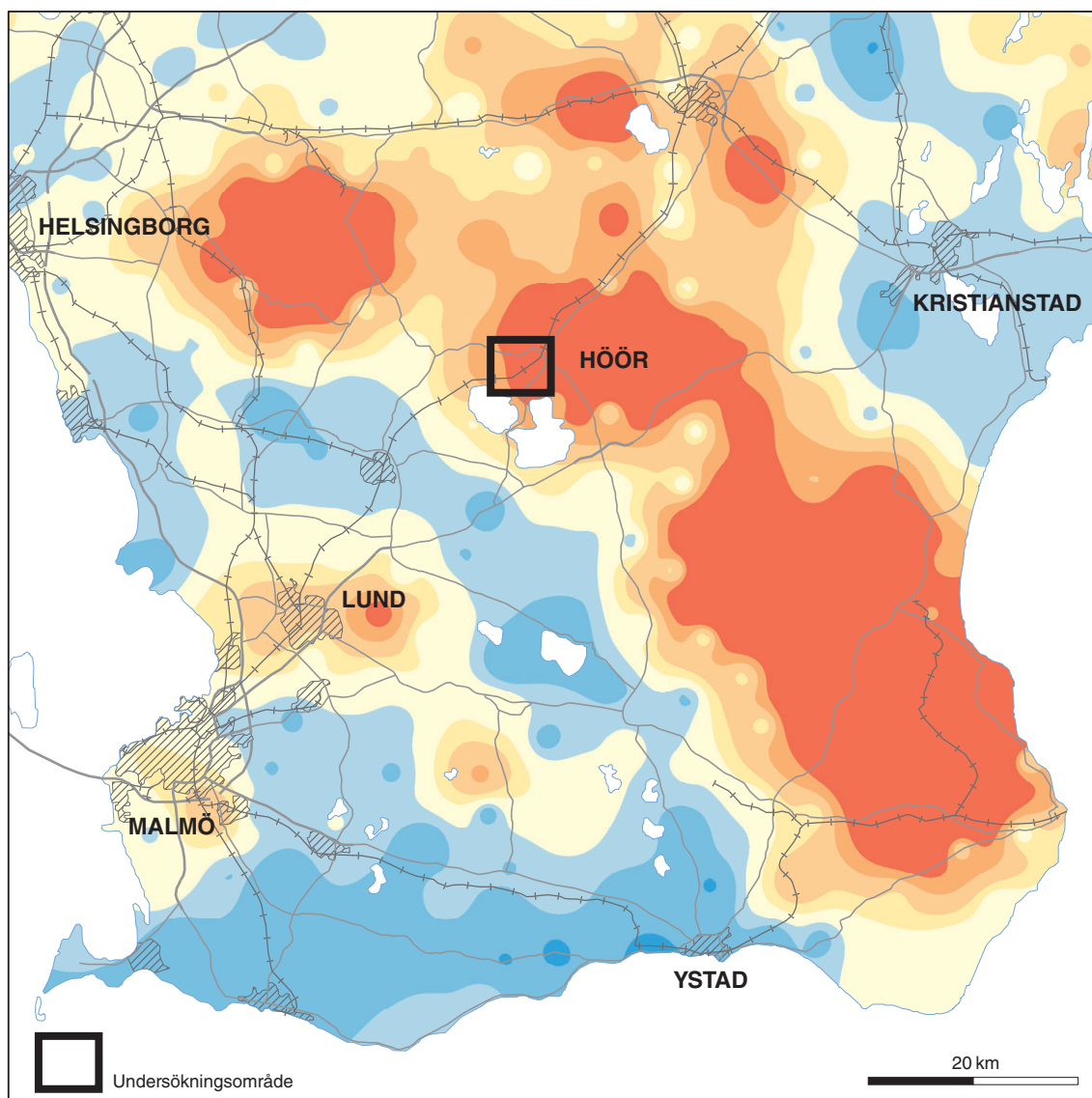
>43	17–20
32–43	9–17
23–32	7–9
20–23	< 7

Figur 6. Geokemisk karta över Skåne: blyhalter i morän (ur SGUs databas).

Pb, Cd, Zn, Al, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, As, T, U och SO_4 . Samtliga analysresultat redovisas i bilaga 2.

Geofysik

Som en inledande undersökning använde vi VLF (very low frequency), som är en elektromagnetisk metod, och magnetometri för att lokalisera eventuella spricksystem och diabasgångar. Syftet var dels att verifiera befintlig berggrundskarta, dels att identifiera eventuella sprickor och diabasgångar som inte tidigare kartlagts i området (fig. 9). Den geofysiska informationen har analyserats av SGU och ska lagras i SGUs geofysiska databas.



Kadmium (Cd) vattenväxter

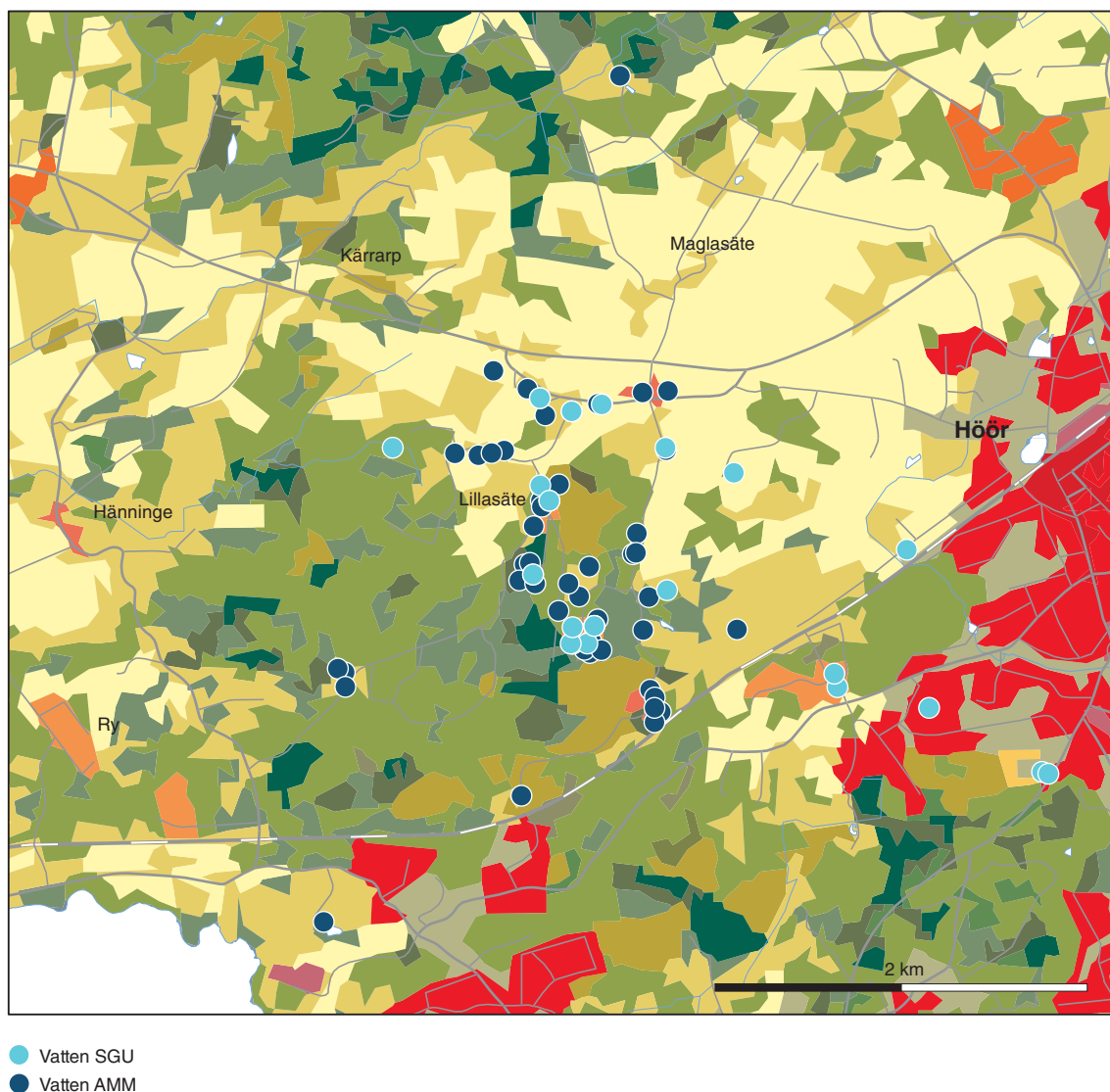
mg/kg

>25	3,3–6
16–25	2,1–3,3
9–16	0,3–2,1
6–9	<0,3

Figur 7. Geokemisk karta över Skåne: kadmiumhalter i vattenväxter (ur SGUs databas).

Markprovtagning

I juni 2015 utfördes provtagning av det översta marklagret (på ca 10 cm djup) samt underliggande morän vid C-horizonten i 37 lokaler inom ett område på ca 5 × 5 km (fig. 10). Vi försökte få en stor spridning inom området och även få med prover från områden med olika markanvändning. Samtliga 74 prov har analyserats under hösten 2015 för syralakade elementhalter med ICP MS på SGUs laboratorium (53 element med salpetersyralakning). Först vakuumtorkas proverna och därefter siktas de på en nylonsikt med en maskvidd på 2 mm respektive 0,063 mm. Fraktionerna >0,063 mm samt den mängd material <0,063 mm som inte behövs för analyser har arkiverats på SGU för eventuella framtida analyser. Efter partiell lakning av

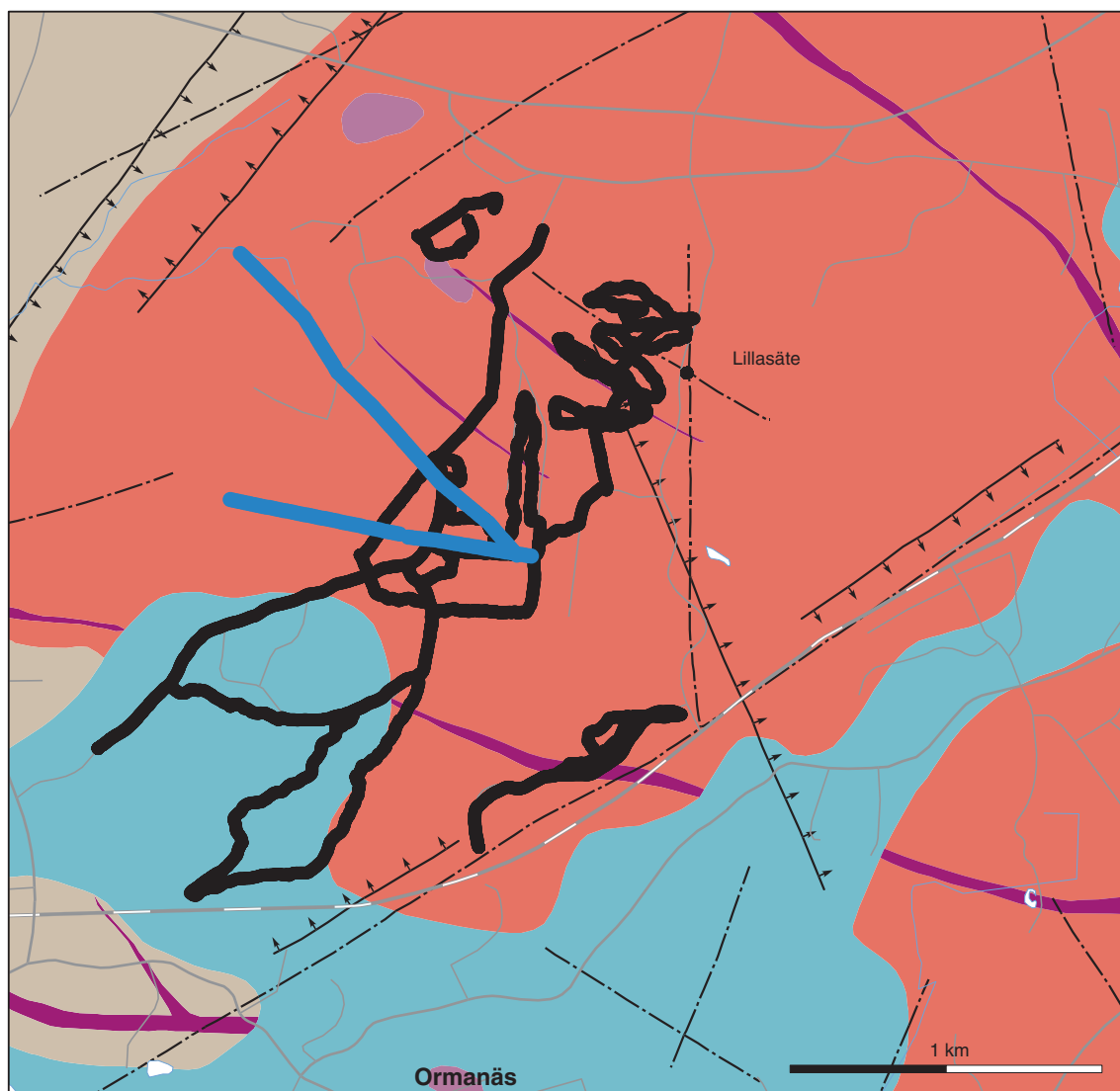


Figur 8. Provtagningslokaler för vatten i undersökningsområdet. Förenklad markanvändningskarta som underlag. Områden med röda och orange nyanser är bebyggd mark, grönaktiga områden är olika typer av skog och de gulaktiga områdena är åker eller betesmark. Mörkblå punkter: brunnar som analyserats av Arbets- och miljömedicin (AMM). Ljusblå punkter: brunnar som analyserats i denna undersökning (SGU).

2 g prov (<0,063 mm) med salpetersyra (7M HNO₃) analyseras den lösta delen av provet med plasmateknik (ICP-MS). Som kontroll används internt kontrollprov.

RESULTAT OCH SLUTSATSER AV VATTENPROVTAGNINGEN

Analysresultaten från vår utökade grundvattenprovtagning bekräftar de höga metallhalterna från de tidigare analyserna (fig. 11). Totalt provtogs 20 brunnar och två dammar av SGU under detta projekt. Samtliga analysresultat redovisas i bilaga 1. Samtliga resultat från tidigare analyser utförda av Arbets- och miljömedicin redovisas i bilaga 2. Sammanlagt har vatten från 65 olika brunnar analyserats, varav tio har analyserats två eller flera gånger samt ytvatten från två dammar. Totalt rör det sig om 42 analyser från 27 olika brunnar som har halter av bly och eller kadmium som ligger över halterna för otjänligt ($\geq 10 \mu\text{g/l}$ för bly och $\geq 5 \mu\text{g/l}$ för kadmium) som

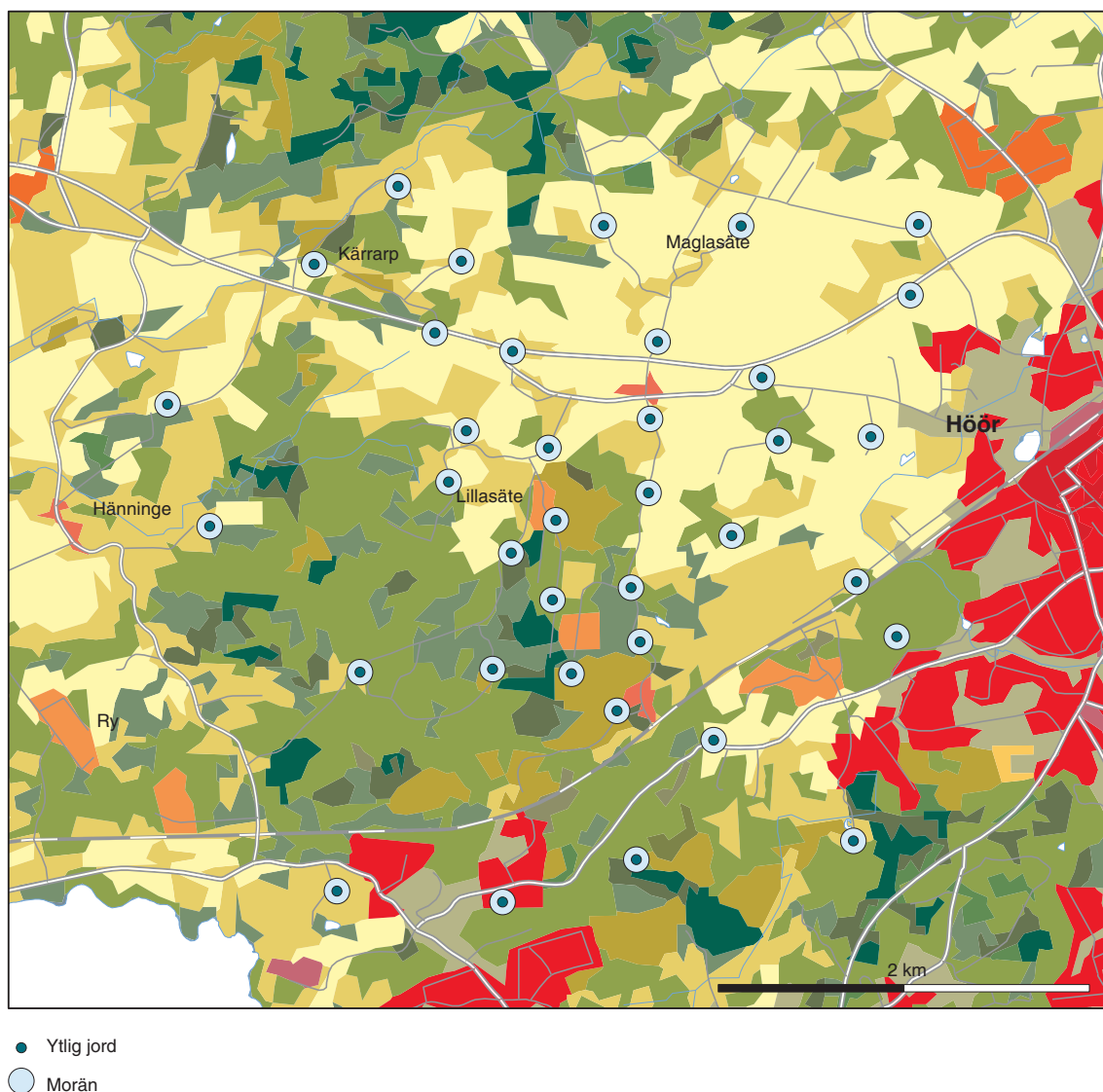


Figur 9. Figuren visar var det utfördes VLF-mätningar respektive magnetometerundersökningar. De två blå linjerna visar VLF-profiler medan de svarta linjerna visar var det utfördes magnetometri. Berggrundskartan utgör underlag. Se figur 2 för teckenförklaring till denna.

dricksvatten (tabell 1). De allra högsta värdena av bly och kadmium är lokaliserade i ett område i de centrala delarna av undersökningsområdet (fig. 11).

De brunnar som har analyserats av både SGU och Arbets- och miljömedicin uppvisar relativt stora variationer i blyhalt medan kadmiumhalten är mer konstant (tabell 1, fig. 12). Förändringarna kan bero på flera orsaker som i sin tur kan ha med vattenomsättningen att göra. De höga blyhalterna innebär att vattnen kan beräknas vara nära mättnad med avseende på t.ex. blykarbonat. Det är möjligt att det kan ske utfällningar i brunn, hydrofor etc. eller mellan provtagning och analys. Det kan inte heller uteslutas att provtagnings- och analysmetoder också spelat in.

Det finns en stor skillnad på halterna av bly och kadmium i grundvatten mellan grävda och borrade brunnar (fig. 13, tabell 1–3, bilaga 1–2). Maxvärdena är oerhört höga jämfört med normala grundvattenhalter för både bly och kadmium. Detta gäller framför allt de höga kad-



Figur 10. Provtagningslokaler för ytlig jord och morän i undersökningsområdet. En förenklad markanvändningskarta har använts som underlag. Områden med röda och orange nyanser är bebyggd mark, grönaktiga områden är olika typer av skog och gulaktiga områden är åker eller betesmark.

miumhalterna som inte har någon motsvarighet i SGUs kemiarkiv. Medelvärden för samtliga analyser ligger väl över gränsen för vad som anses vara otjänligt ($\geq 10 \mu\text{g/l}$ för bly och $\geq 5 \mu\text{g/l}$ för kadmium) som dricksvatten (tabell 2–3). Dock beror de höga medelvärdena på ett fåtal extremt höga halter, vilket gör att man bör titta på medianvärdena i stället. Medianvärdena ligger under dessa otjänlighetsvärden, men är ändå klart högre än normalt för grundvatten. Om man jämför medianhalterna i undersökningsområdet ($6,75 \mu\text{g/l}$ för bly och $0,87 \mu\text{g/l}$ för kadmium) med de analyser som SGU redovisar för dessa ämnen i rapporten *Bedömningsgrunder för grundvatten* (SGU-rapport 2013:01), har ca 90 % lägre halter bland de övriga analyserna när det gäller bly och ca 98 % lägre när det gäller kadmium. Detta visar ytterligare vilka höga halter det är fråga om i undersökningsområdet.

Grundvatten från de borrade brunnarna har mycket höga halter, $\geq 10 \mu\text{g/l}$ för bly och $\geq 5 \mu\text{g/l}$ för kadmium, enligt de klassgränser som anges i *Bedömningsgrunder för grundvatten*

Tabell 1. I tabellen redovisas analysresultat (Pb=bly och Cd=kadmium) och brunnsinformation från samtliga vattenprover. Analysresultat där halterna av bly och eller kadmium är över riktvärdet för otjänligt dricksvatten ($\geq 10 \mu\text{g/l}$ för bly och $\geq 5 \mu\text{g/l}$ för kadmium, markerade med röd text) är grupperade i den vänstra kolumnen. (b)= borrar brunn, (g)= grävd brunn, (d)= damm, (?)= okänt utförande. Fastigheterna markerade med blå färg visar att brunnen används av flera fastigheter (se heldragen linjeavgränsning). De gråskuggade fälten är analyser från SGUs provtagning.

Fastighet	Pb $\mu\text{g/L}$	Cd $\mu\text{g/L}$	Djup	Fastighet	Pb $\mu\text{g/L}$	Cd $\mu\text{g/L}$	Djup
Lillasäte 4:25 (b)	70,0	10,0	45	Lillasäte 1:7 (b)	2,9	1,6	60
Lillasäte 4:25 (b)	81,4	12,7	45	Lillasäte 3:8 (b)	0,0	0,0	25
Lillasäte 4:26 (b)	98,2	28,4	45	Lillasäte 4:21 (b)	0,0	0,1	37
Lillasäte 4:26 (b)	80,0	11,0	45	Maglasäte 11:60 (b)	0,1	0,0	38
Maglasäte 11:41 (b)	7,1	11,1	30	Maglasäte 11:53 (b)	0,1	0,1	51
Maglasäte 11:41 (b)	47,0	9,9	30	Maglasäte 11:65 (b)	2,1	0,2	28
Maglasäte 11:72 (b)	6,8	10,9	30	Lillasäte 4:15 (b)	1,5	0,3	62
Maglasäte 11:49 (b)	37,6	12,7	70	Maglasäte 11:38 (b)	0,0	-0,0	70
Maglasäte 11:50 (b)	40,7	12,9	70	Maglasäte 11:40 (b)	0,3	0,1	16
Maglasäte 11:51 (b)	33,3	12,4	70	Lillasäte 4:14 (b)	0,1	0,0	66
Maglasäte 11:51 (b)	22,0	11,0	70	Lillasäte 3:10 (b)	0,0	0,0	32
Maglasäte 11:57 (b)	45,0	2,5	70	Maglasäte 11:43 (b)	0,5	1,3	50
Maglasäte 4:9 (b)	21,5	25,0	19	Maglasäte 13:12 (b)	0,0	0,0	87
Maglasäte 4:9 (b)	24,0	14,0	19	Maglasäte 11:61 (b)	0,1	0,3	20
Maglasäte 11:45 (b)	13,9	5,3	20	Maglasäte 11:27 (b)	0,0	0,0	100
Maglasäte 11:45 (b)	64,0	3,7	20	Maglasäte 1:46 (b)	0,1	0,0	48
Lillasäte 4:11 (b)	378,5	92,5	36	Maglasäte 11:20 (b)	2,9	0,4	58
Lillasäte 4:12 (b)	600,0	78,0	36	Lillasäte 4:19 (b)	0,8	1,6	50
Lillasäte 4:10 (b)	12,0	3,1	30	Lillasäte 4:10 (b)	6,7	4,9	30
Lillasäte 4:20 (b)	322,9	38,2	30	Maglasäte 11:33 (b)	0,0	0,0	22
Lillasäte 4:20 (b)	580,0	31,0	30	Maglasäte 13:8 (b)	0,0	0,0	52
Lillasäte 2:10 (b)	42,7	17,8		Maglasäte 5:15 (b)	0,6	1,0	
Lillasäte 2:10 (b)	47,0	18,0		Lillasäte 2:7 (b)	1,8	0,1	
Maglasäte 11:55 (b)	38,6	2,8		Stenskogen 3:96 (b)	0,9	0,1	75
Maglasäte 11:37 (b)	31,9	3,0		Yxnaholma 1:4 (b)	1,6	0,1	
Lillasäte 3:4 (b)	204,3	62,5	60	Ekenäs 1 (b)	0,1	0,0	
Maglasäte 11:39 (b)	3,9	10,5	30	Ormanäs 2:21 (g)	0,0	0,1	5
Maglasäte 11:58 (b)	180,9	61,8	65	Maglasäte 11:66 (g)	0,2	0,0	10
Lillasäte 4:2 (b)	34,6	2,4	24	Maglasäte 12:6 (g)	0,0	0,1	8
Lillasäte 4:4 (b)	16,0	0,4	32	Lillasäte 1:2 (g)	3,8	0,2	4
Lillasäte 4:22 (b)	109,0	12,8	23	Maglasäte 13:14 (g)	0,3	0,4	4
Lillasäte 4:18 (b)	65,6	25,9	33	Lillasäte 3:13 (g)	0,0	0,0	4
Lillasäte 3:9 (b)	21,2	0,3	8	Maglasäte 11:59 (g)	0,0	0,2	
Stenskogen 3:43 (b)	14,0	0,6	6	Maglasäte 13:10 (g)	0,1	0,0	
Tjuvaröd 1:21 (b)	13,0	0,0		Maglasäte 11:53 (g)	0,1	0,1	
Tjuvaröd 1:33 (b)	17,0	4,3		Stenskogen 3:94 (g)	7,4	0,1	10
Lillasäte 3:9 (b)	52,0	0,8		Maglasäte 4:2 (g)	0,6	0,1	
Lillasäte 6:1 (g)	10,4	1,4		Maglasäte 11:46 (?)	0,5	0,8	
Maglasäte 11:63 (g)	12,4	0,8		Tjuvaröd 1:31 (?)	0,0	0,0	
Maglasäte 4:10 (g)	7,1	22,4		Lillasäte 2:13 (?)	0,3	0,3	
Lillasäte 4:27 (?)	106,9	35,9		Lillasäte 1:2 (d)	0,1	0,0	
Lillasäte 4:28 (?)	15,7	0,9		Maglasäte 11:65 (d)	0,4	1,5	

Tabell 2. Max-, min-, medel- och medianvärde för bly för samtliga vattenanalyser fördelat på borrade brunnar, grävda brunnar, okänt utförande, och dammar, samt djupet för borrade (b) respektive grävda (g) brunnar.

Bly	Borrade	Grävda	Okänt	Damm	Djup (b)	Djup (g)
Brunnar	n = 46	n = 14	n = 5	n = 2	n = 37	n = 9
Analyser	n = 63	n = 14	n = 5	n = 2		
Max	600	12,4	106,9	0,4	100	10
Min	0	0	0	0,1	16	4
Medel	55,6	3,0	24,7	0,2	44	7
Median	13,9	0,3	0,5	0,2	38	6

Tabell 3. Max-, min-, medel- och medianvärde för kadmium för samtliga vattenanalyser fördelat på borrade brunnar, grävda brunnar, okänt utförande, och dammar, samt djupet för borrade (b) respektive grävda (g) brunnar.

Kadmium	Borrade	Grävda	Okänt	Damm	Djup (b)	Djup (g)
Brunnar	n= 46	n=14	n= 5	n=2	n=37	n=9
Analyser	n= 63	n=14	n=5	n=2		
Max	92,5	22,4	35,9	1,5	100	10
Min	0	0	0,0	0,0	16	4
Medel	10,7	1,9	7,6	0,8	44	7
Median	2,5	0,1	0,8	0,8	38	6

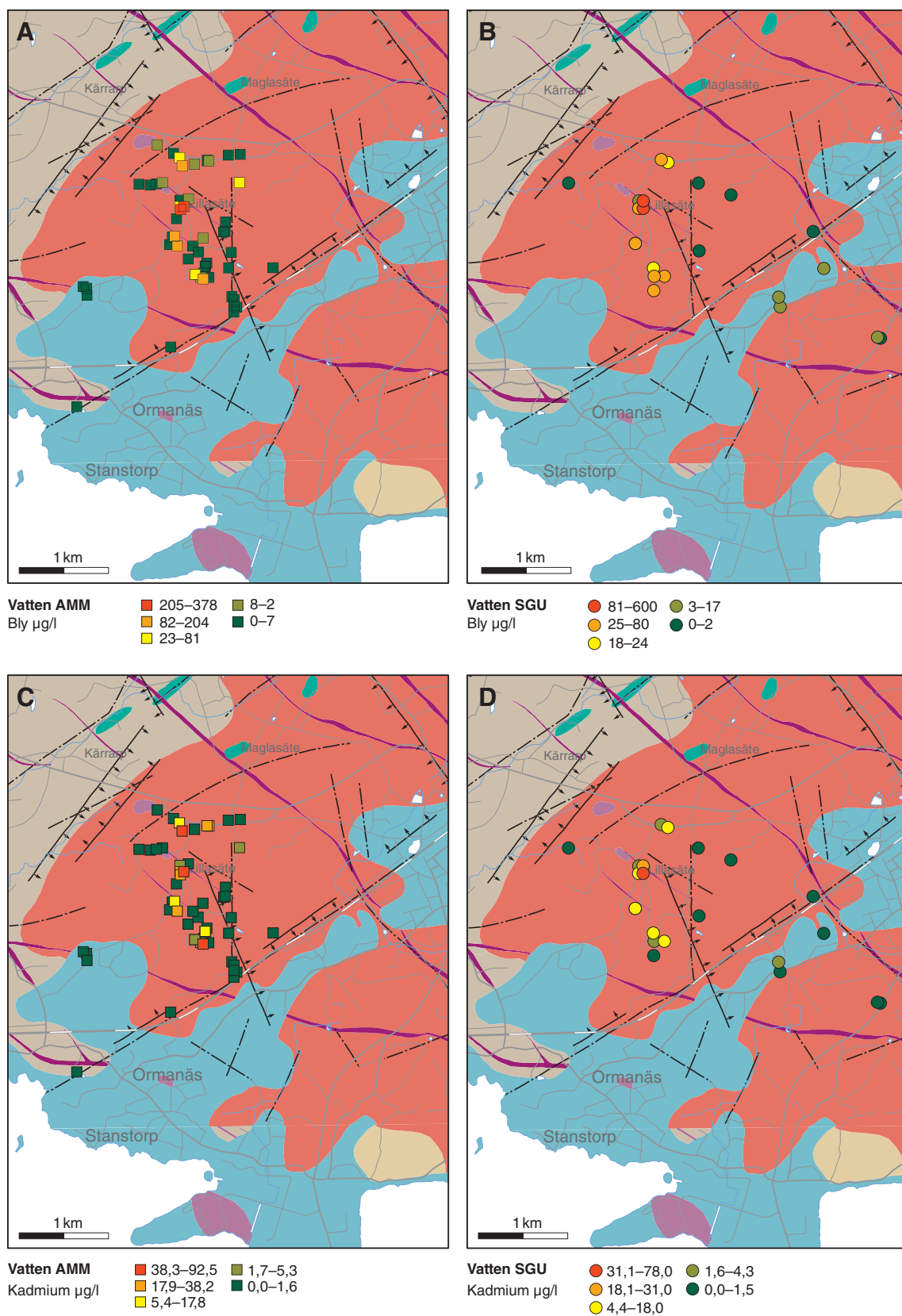
(SGU-rapport 2013:01) i 22 av de 46 borrade brunnarna (fig. 13B, D). Det är totalt 48 % som har dessa mycket höga halter, varav bly finns i 46 % (21) och kadmium finns i 28 % (13) av de borrade brunnarna. I tre av 14 grävda brunnar har grundvattnet mycket höga halter av bly och kadmium. (fig. 13A, C, totalt 21 %, varav 14 % med bly, 7 % med kadmium). Grundvatten från brunnar med okänt utförande har mycket höga halter i två av fem brunnar (totalt 40 % varav 40 % med bly och 20 % med kadmium). Brunnar med mycket höga halter av bly finns framför allt i de centrala delarna av undersökningsområdet men även söder om järnvägen (fig. 13B).

Medelvärde för bly i vattnet (tabell 2) från de borrade brunnarna var 55,6 µg/l (46 brunnar), från de grävda brunnarna 3,0 µg/l (14 brunnar) och för vatten från brunnar med okänt utförande 24,7 µg/l (5 brunnar). Även medianvärdena visar en klar skillnad mellan borrade (13,9) respektive grävda (0,3) brunnar. Medianvärdet för de borrade brunnarna är över gränsen (≥10 µg/l) för otjänligt dricksvatten.

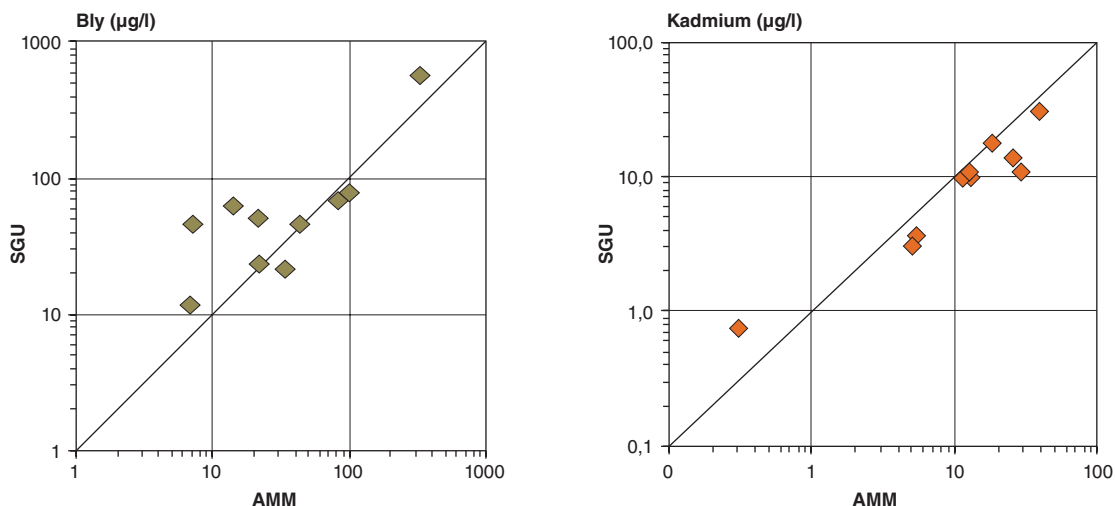
Medelvärde för kadmium i vattnet (tabell 3) från de borrade brunnarna var 10,7 µg/l (46 brunnar), från de grävda brunnarna 1,9 µg/l (14 brunnar) och för vatten från brunnar med okänt utförande 7,6 µg/l (5 brunnar). Även medianvärdena visar vilken stor skillnad det är på borrade (2,5) respektive grävda (0,1) brunnar.

Det finns indikationer som tyder på att brunnarnas djup har betydelse för halterna av bly och kadmium i dricksvattnet. För det första är det stor skillnad mellan borrade och grävda brunnar. En borrad brunn i undersökningsområdet har oftare höga halter av bly eller kadmium än en grävd brunn (tabell 2–3). Man kan dock inte se något tydligt mönster relaterat till brunnsdjupet inom de borrade respektive grävda brunnarna. En anledning till detta kan vara att vi saknar djupinformation och utförande för vissa brunnar. Dessutom har djupinformation i de flesta fall inhämtats muntligen från brunnsägarna när det inte har varit möjligt att mäta brunnarna p.g.a. brunnsinstallationer, överbyggnad m.m.

I de två ytvattenprover vi analyserade finns inga höga halter av bly (0,08 respektive 0,38 µg/l), medan den ena dammen hade hög halt kadmium (0,02 respektive 1,50 µg/l, se bilaga 1 för



Figur 11. **A–D.** Analysresultat från grundvattenprovtagningen. **A–B:** Blyhalter från vattenanalyser gjorda av AMM (Arbets- och miljömedicin) respektive SGU. **C–D:** Kadmiumhalter från vattenanalyser gjorda av AMM (Arbets- och miljömedicin) respektive SGU. Berggrundskartan utgör underlag. Se figur 2 för teckenförklaring till denna.



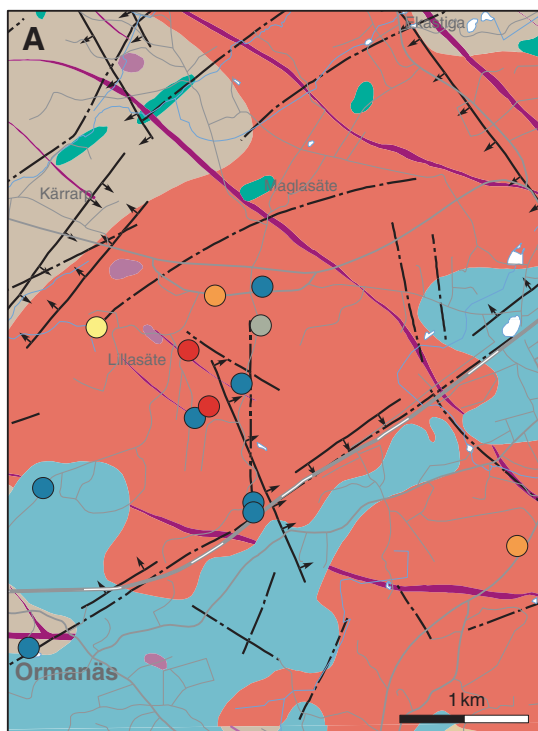
Figur 12. Analysresultat från grundvattenprovtagningen för brunnar som provtagits och analyserats av både Arbets- och miljömedicin (AMM) och SGU. Proven i de två undersökningarna har inte tagits vid samma tillfälle. Trots detta visar kadmiumproven en ganska stor samstämmighet – koncentrationen är relativt konstant över tiden. Blyanalyserna uppvisar en betydligt större spridning.

kompleta analysresultat). En kadmiumhalt på 1,50 µg/l är en mycket hög halt. Miljökvalitetsnorm (årsmedelvärde) för ytvatten är 0,08–0,2 µg/l beroende på vattnets hårdhet.

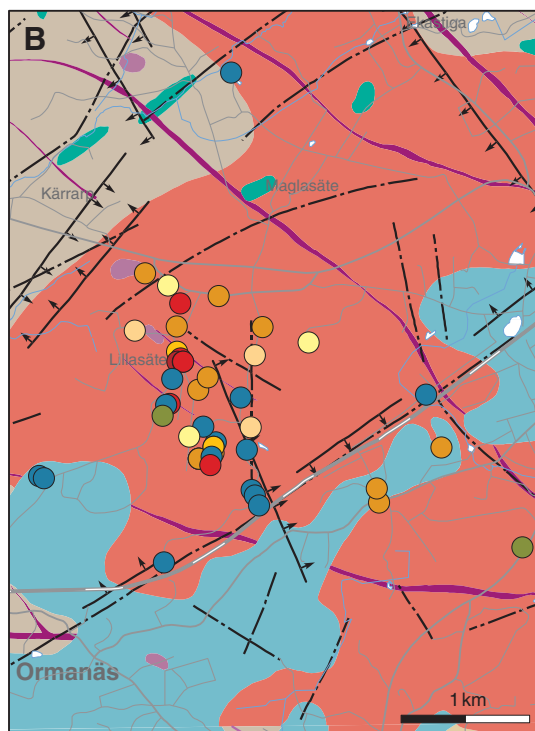
Förutom de mycket höga halterna av kadmium och bly i vissa av vattenproven är vattnens grundläggande sammansättning vad avser huvudkomponenter inte anmärkningsvärd (bilaga 1–2). pH och alkalinitet (HCO_3^-) mättes inte i det provtagna vattnet eftersom provmängden var otillräcklig. Detta begränsar möjligheterna till säkra bedömningar avseende speciering och eventuell jämvikt med fasta faser. Översiktliga beräkningar med programmet Phreeqc (Parkhurst 1995) under vissa antaganden ($\text{pH} = 7,5$, $\text{pe} = 4$, $T = 7^\circ\text{C}$ och att HCO_3^- utgör skillnaden mellan positivt och negativt laddade joner) ger emellertid att kadmium huvudsakligen förekommer i fri form som Cd^{2+} . Bly förekommer i huvudsak som PbCO_3^0 – dvs. som oladdad molekyl – men även delvis som PbHCO_3^+ -joner. I de två vattenen med högst blyhalt indikerar beräkningarna att det kan finnas en övermättnad av cerrusit (blykarbonat).

I figur 14 visas resultaten från SGUs provtagning i ett s.k. Piperdiagram. Proverna med de högsta blyhalterna har markerats med röda trianglar. Dessa prov ligger väl samlade vad gäller katjonsammansättningen, men uppvisar en större spridning på anjonsidan.

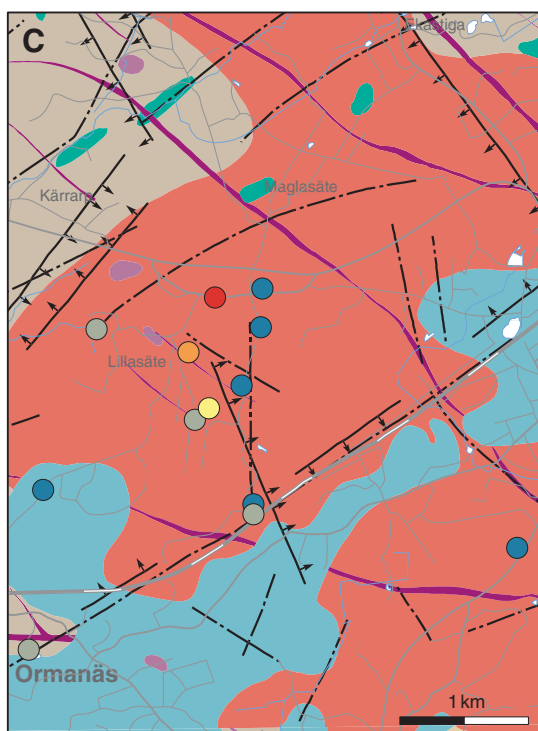
En kontroll av de undersökta vattnens redoxklass (för klassindelning se *Bedömningsgrunder för grundvatten*, SGU 2013) visar att samtliga fyra prover med högst blyhalt från SGUs provtagning tillhör klass 1, dvs. aeroba vatten med hög redoxpotential. Att höga blyhalter och även kadmiumhalter i första hand påträffas i vatten med hög redoxpotential kan indikera att sulfid-mineral kan oxideras och därmed ge höga halter. Resultaten för brunnarna som har provtagits av Arbets- och miljömedicin är emellertid mindre tydliga. Denna provtagning visar att ytterst få brunnar hamnar i redoxklass 1 eftersom järnhalterna genomgående är högre än vid SGUs provtagning. Detta medför att förhöjda bly- och kadmiumhalter främst förekommer i vatten som inte är i redoxjämvikt och skulle kunna indikera att vattnet i hög grad utgörs av en blandning av olika vatten. Det kan inte uteslutas att skillnader i provbehandling och analys har påverkat resultaten.



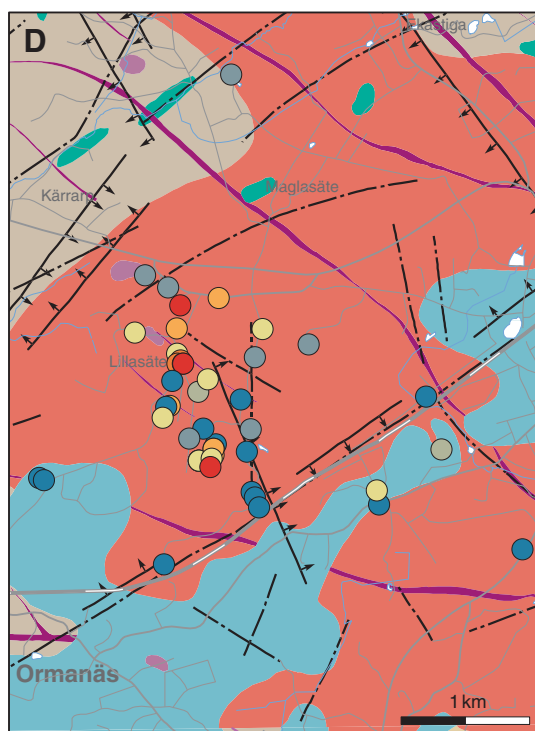
Blyhalter i grävda brunnar (µg/l)



Blyhalter i borrade brunnar (µg/l)



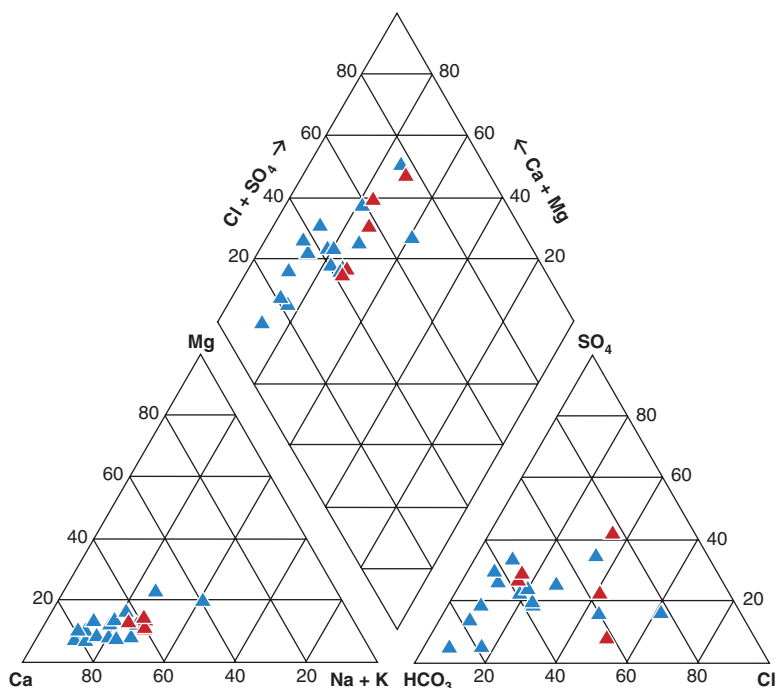
Kadmiumhalter i grävda brunnar (µg/l)



Kadmiumhalter i borrade brunnar (µg/l)



Figur 13 A–D. Analysresultat (bly: A & B, kadmium: C & D) från grundvattenprovtagningen för grävda (A & C) respektive borrade (B & D) brunnar. Berggrundskartan utgör underlag. Se figur 2 för teckenförklaring till denna.



Figur 14. Piperdiagram över analysresultat från grundvattenprovtagningen. (Prover tagna av SGU, bilaga 1.) De fem prov som har högst blyhalt, 64–600 µg/l, har markerats med rött. Observera att alkaliniteten inte mätts utan att halten HCO_3 har beräknats utifrån skillnaden mellan positiva och negativa joner.

RESULTAT OCH SLUTSATSER AV DE GEOFYSISKA UNDERSÖKNINGARNA

De höga bly- och kadmiumhalterna i grundvattnet visar ingen klar koppling till berggrundens magnetiska egenskaper. Figur 15 visar magnetfältskartan som har varit underlag för tidigare tolkade mafiska gångar (diabas) och några mafiska intrusioner av gabbro och basalt.

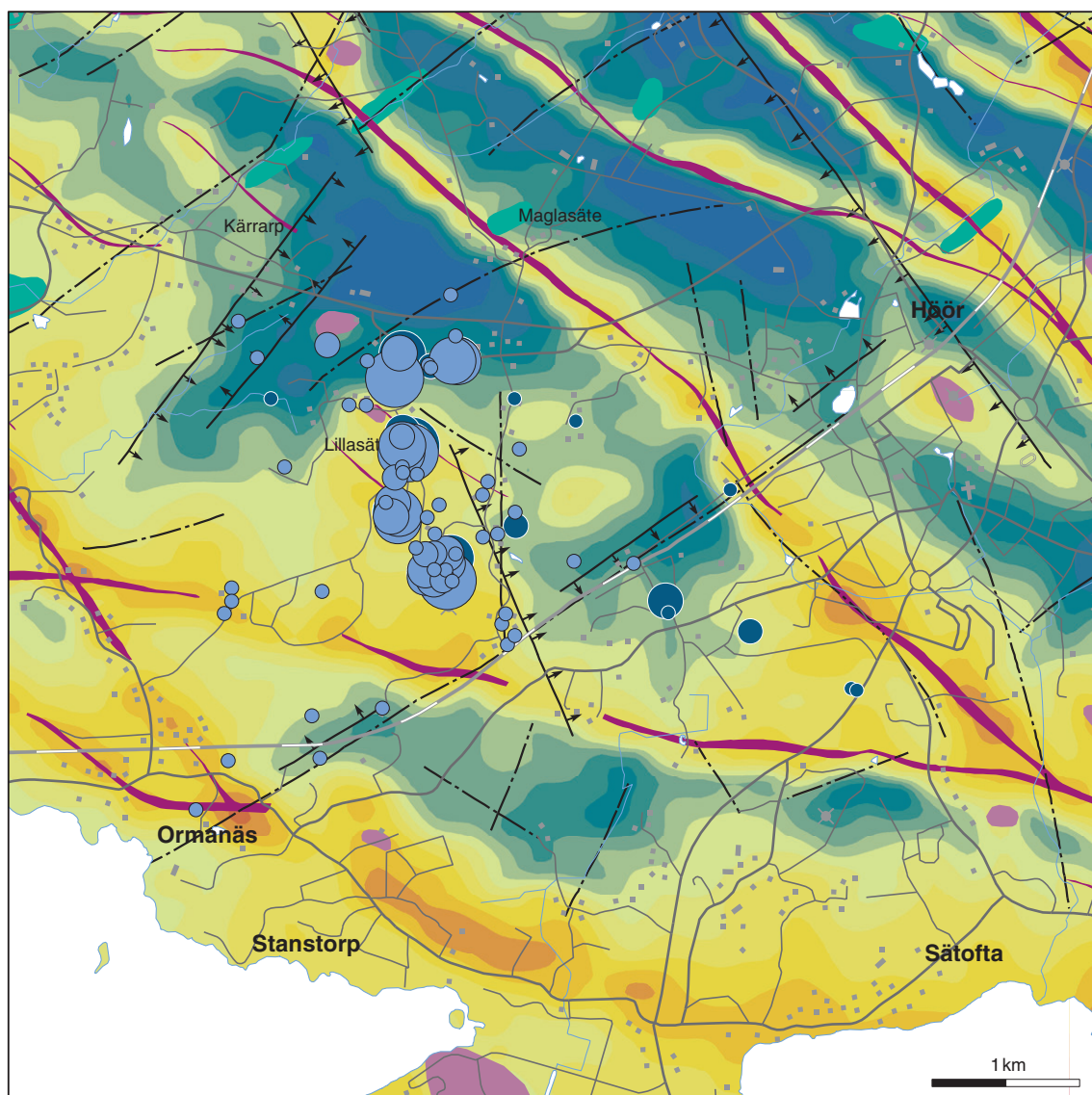
Provtagning av berggrunden inom detta projekt visar att graniten i undersökningsområdet har en magnetisk susceptibilitet som är så pass hög att den ensam kan förklara det förhöjda magnetfältet i området (fig. 15). Därför är det inte längre självklart att de tolkade mindre diabasgångarna (i närheten av Lillasäte i figur 15) faktiskt existerar. Det förhöjda magnetfältet här skulle kunna förklaras av magnetitinnehållet i graniten. Om man antar att endast graniten ger upphov till magnetfältsbilden i området kan svaghetszoner (sprickor) tolkas ur de nya magnetfältsmätningarna och dessa kan vara transportvägar för grundvatten. De tolkade sprickorna som redovisas i figur 16 visar dock ingen uppenbar korrelation med halterna av bly och kadmium i grundvattnet (fig. 16). Från VLF-mätningarna kan man se att det finns en trolig svaghetszon väster om Lillasäte som skulle kunna leda vatten bra (fig. 16). Det finns emellertid inga brunnar i eller precis väster om denna zon att jämföra med.

Sammanfattningsvis kan vi inte se något tydligt samband mellan höga bly- och kadmiumhalter i grundvatten, yttlig jord eller morän och tolkade svaghetszoner (t.ex. sprickor) i berggrunden från de geofysiska mätningar som utfördes i undersökningen.

RESULTAT OCH SLUTSATSER AV JORDPROVTAGNINGEN

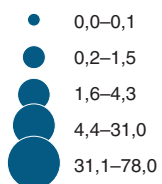
37 prover av yttlig jord och 37 prover av morän från C-horisont analyserades på 53 element genom salpetersyralakning och ICP-MS-mätning (bilaga 3–4).

På flera ställen inom undersökningsområdet har moränen höga halter av både bly och kadmium (fig. 17). Eftersom proverna är spridda inom ett ca 16 km² stort område pekar dessa resultat på en naturlig källa. Medianvärdena för bly (16 mg/kg) och kadmium (0,13 mg/kg) i morän är väsentligt högre än medianvärdena för bly och kadmium i Sverige (bly=7 mg/kg respektive kadmium=0,07 mg/kg).



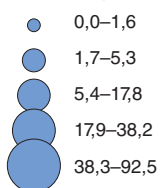
Vatten SGU

Kadmium $\mu\text{g/l}$



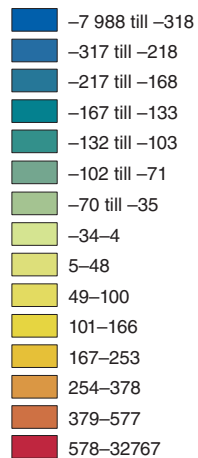
Vatten AMM

Kadmium $\mu\text{g/l}$

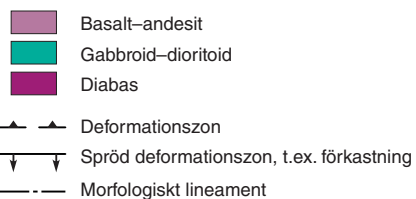


Magnetisk anomali, 50 m

Värde



Litologi och struktur



Figur 15. Magnetfältskarta (baserad på flygmätningar) med mafiska gångar och intrusioner (ur SGUs databas) samt kadmiumhalter i vatten. (AMM) = brunnar som analyserats av Arbets- och miljömedicin, (SGU) = brunnar som analyserats i denna undersökning av SGU.



Blyhalter i borrade brunnar ($\mu\text{g/l}$)



Figur 16. Tolkade svaghetszoner från geofysiska mätningar och blyhalter i grävda brunnar i de centrala delarna av undersökningsområdet. Berggrundskartan utgör underlag. Se figur 2 för teckenförklaring till denna.

I morän med relativt höga blyhalter (maxvärde 404 mg/kg) är det tre prov som överstiger KM-värdet 150 mg/kg. I yttlig jord har ca 30 % av proverna blyhalter som är högre än 50 mg/kg och medianvärdet är ungefär dubbelt så högt som medianvärdet för bly i morän (tabell 4). Maxvärdet är däremot lägre i yttlig jord än i moränen. Kadmiumhalterna i moränen är inte extremt höga och endast två prover överstiger KM-värdet (0,5 mg/kg). KM-värde är ett generellt riktvärde för känslig markanvändning (Naturvårdsverket 2009). I yttlig jord är kadmiumhalterna högre och åtta prov har halter högre än 0,5 mg/kg.

Den geokemiska kartan med blyhalter (fig. 17, metod: salpetersyralakning med ICP-MS) i morän visar att de högsta halterna förekommer i södra delen av området med underliggande jurassisk sandsten (Höörsandsten). Två prover av morän med de högsta blyhalterna har tagits i anslutning till gamla sand- och stenbrott. Generellt är moränen väldigt sandig i undersökningsområdet och lokalt starkt påverkad av vatten, dvs. svallad. De högsta blyhalterna i yttlig jord förekommer också i södra delen av undersökningsområdet (fig. 17A–B). Blyets geokemiska mönster verkar inte ha någon koppling till markanvändningen (åkermark respektive skogsmark). Vissa prov som har tagits i närheten av en väg kan vara kontaminerade, men det är svårt att bedöma till vilken grad (fig. 17A–B).

Moränen i södra delen av området har högre kadmiumhalter än i norra delen. Detta verkar inte bero på markanvändningen (fig. 18A). Några prover ligger nära diabasgångar (fig. 18B). Vi bedömer att sandsten och eventuellt även diabasgångar och eroderad svartskiffer kan vara möjliga kadmiumkällor. I till exempel *Geokemisk atlas över Sverige* (Andersson m.fl. 2014) visar kartan över kadmium i moränen tydliga förekomster av höga halter i områden med unga sedimentära bergarter i Skåne och i områden med svartskiffer (Skåne, Öland, Billingen, Kumla och Östersund).

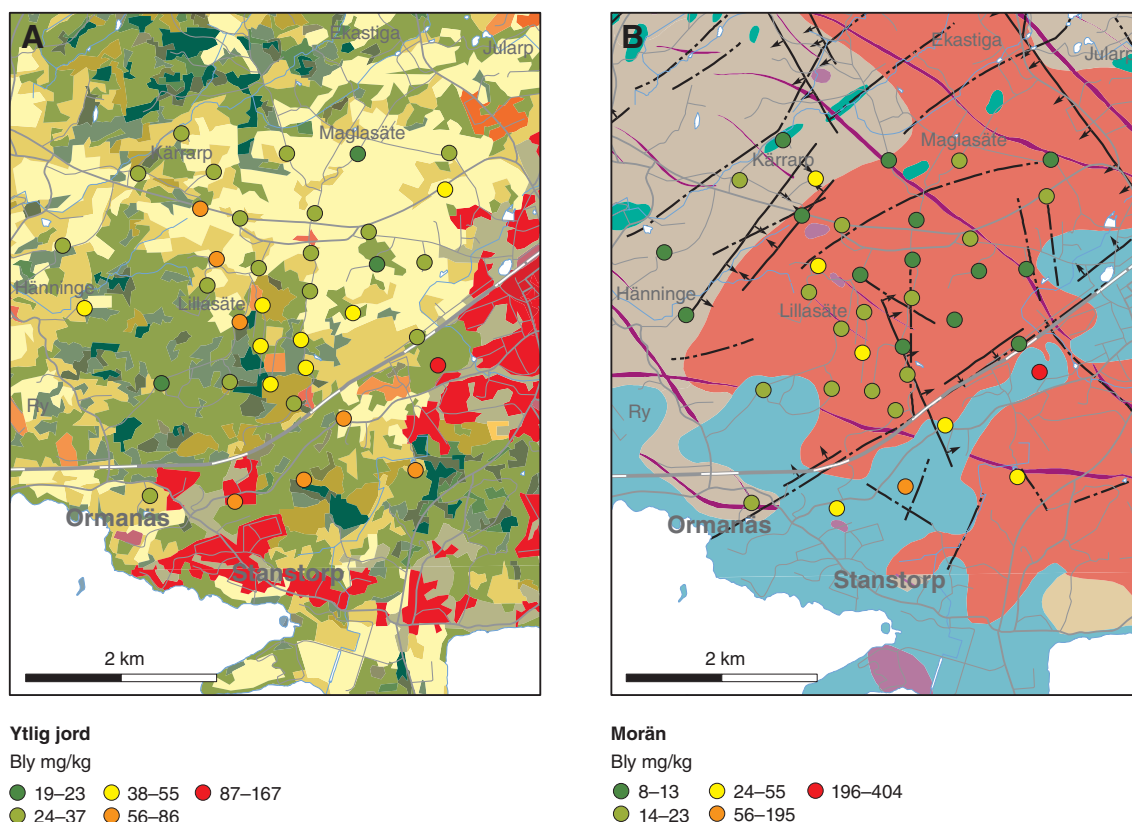
Höga kadmiumhalter i yttlig jord finns på vissa ställen i undersökningsområdet (fig. 18A–B). Detta kan tyda på att organiskt material spelar en viktig roll i anrikningsprocessen för kadmium (t.ex. anrikningstrend för kadmium i europeisk åkermark, Reimann m.fl. 2014). En antropogen källa till kadmium i området kan vara spridning av stall- eller handelsgödsel. En del av proverna med högre kadmiumhalter har också högre fosforhalter, något som kan peka på gödselursprung. Det är möjligt att det geokemiska mönstret för kadmium är en blandning av naturligt höga halter och gödsling (högre halter förekommer dock både i jordbruksmark och icke odlad mark).

Höga halter av bly och kadmium åtföljs ofta av höga zinkhalter (från t.ex. zinkblände). Detta är också fallet i vår undersökning, både i morän och i yttlig jord (zink har median 69 mg/kg respektive 97 mg/kg, bilaga 3–4). Generellt förekommer de högsta zinkhalterna inklusive maxvärdet (>600 mg/kg) i morän, men jämnt fördelade medelhöga halter i yttlig jord resulterar i högre medianvärde för yttlig jord. Denna trend tyder på en naturlig källa av zink i marken.

Genom att använda statistiska metoder (Spearman rank correlation) kan vi skilja mellan naturliga metallhalter och signaturer från antropogen påverkan. I moränen tyder den geokemiska signaturen på en naturlig källa för de flesta metaller (t.ex. Pb, Cd och Zn). Korrelation mellan bly och kadmium (samt silver, arsenik och tallium) tyder på en naturlig källa med koppling till sulfidförekomster. I yttlig jord finns emellertid troligen en påverkan från användning av gödsel som kan observeras genom stark korrelation mellan fosfor och bl.a. barium, kalcium, strontium, lantan, cerium, yttrium och bor. Medelhög korrelation mellan kadmium och fosfor, strontium, yttrium, barium och uran bekräftar den visuella tolkningen av kartan med delvis antropogen påverkan av yttlig jord som provtogs på åkermark. Hög korrelation mellan koppar och fosfor är troligen tecken på att man använder kopparanrikad gödsel, en typ av gödsel som anses särskilt lämplig för veteodling. Det är dock viktigt att notera att det saknas korrelation mellan bly och grundämnen som är typiska för gödsel och även mellan bly och kadmium. Den typ av statistisk korrelation som tyder på gödselanvändning saknas i djupare horisont (morän).

DISKUSSION

Kemiska analyser av grundvatten, yttlig jord och morän visar att höga halter av flera metaller, framför allt bly och kadmium, förekommer i undersökningsområdet. Eftersom vi kan jämföra markgeokemiska data med grundvattendata kan vi göra en bättre tolkning av var metallerna finns och varifrån de har kommit. De höga halterna av metaller som bly, kadmium och zink

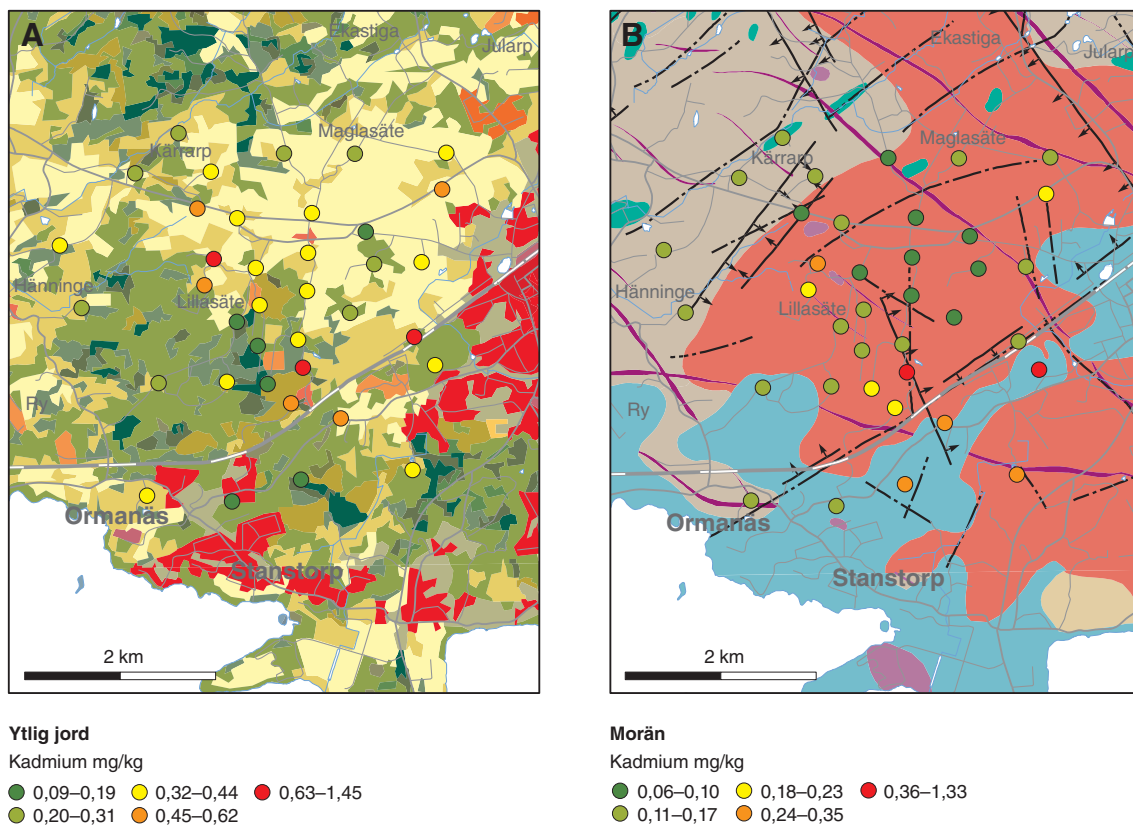


Figur 17. **A–B.** Geokemisk karta över blyhalter i yttlig jord (**A**) och morän (**B**). I (**A**) är markanvändningskarta underlag. Områden med röda och orange nyanser är bebyggd mark, grönaktiga områden är olika typer av skog och de gulaktiga områdena är åker eller betesmark. I (**B**) är berggrundskartan underlag för bergartsindelning, se figur 2.

Tabell 4. Min-, median- och maxvärde för Kadmium (Cd), Bly (Pb) och Zink (Zn) i yttlig jord och morän i undersökningsområdet.

	Yttlig jord (mg/kg)	Morän (mg/kg)	Yttlig jord (mg/kg)	Morän (mg/kg)	Yttlig jord (mg/kg)	Morän (mg/kg)
	n = 37	n = 37	n = 37	n = 37	n = 37	n = 37
	Pb	Pb	Cd	Cd	Zn	Zn
min	19	8	0,1	0,1	38	34
median	36	16	0,39	0,13	97	69
max	167	404	1,5	1,3	254	660

som återfanns i grundvattnet ansågs inledningsvis som naturliga. Dessa metaller förekommer i höga halter både i morän och i yttlig jord. Både bly och kadmium bygger lätt karbonatmineral. Kadmium har hög förmåga att adsorbera organiskt material. Därför kan de något högre medianvärdena av bly och kadmium i yttlig jord bero på sekundära anrikningsprocesser, t.ex. som resultat av kalkning och metalladsorption av organiskt material (som saknas i större mängder i morän). Samtidigt finns de högsta blyhalterna i moränen och maxvärdena för kadmium är på samma nivå i båda jordtyperna. Någon signatur från användning av fosfatgödsel liknande den i yttlig jord saknas i både morän och grundvatten. Det betyder att antropogen påverkan bedöms vara minimal och att de höga metallhalterna i djupare markhorisonter samt grundvattnet inte har sitt ursprung i gödselanvändning.



Figur 18. **A–B.** Geokemisk karta över kadmiumhalter i yttlig jord och morän. I **(A)** är markanvändningskartan underlag. Områden med röda och orange nyanser är bebyggd mark, grönaktiga områden är olika typer av skog och de gulaktiga områdena är åker eller betesmark. I **(B)** är berggrundskartan underlag för bergartsindelning, se figur 2.

Den naturliga källan till bly och kadmium anses vara kambrisk sandsten som finns i närheten. I denna förekommer blyglans och zinkblände som impregnationer och mineraliseringar i sprickor och krosszoner (Kornfält m.fl. 1996). Sandstenen kan ha haft en större utbredning före istiden och jordartsbildningen, men kan ha blivit borteroderad. I en brunnborrning i den kambriska sandstenen strax söder om Lyby några kilometer sydost om undersökningsområdet kom man t.ex. ned i en spricka fylld med mineral som blyglans, flusspat och kalcit (M. Erlström muntlig kommunikation, 2016). Att blyglans är en stark ursprungskandidat stärks av vattenprovtagningen som pekade på att det kan finnas en övermättnad av cerrusit, ett mineral som bildas när blyglans vittrar, i grundvattnet. Dessutom kan det finnas sulfidmineraliseringar i de mesozoiska sedimentära bergarterna (t.ex. i Höörsandstenen) som kan vara ytterligare källor till metaller i jord och vatten.

Undersökningsområdet med omnejd har varit påverkat av intensiv tektonisk aktivitet. Flera förkastningar och sprickor har bildats under olika geologiska tider vilket gjort att fluider med lösta metaller kunnat migrera i porer och spricksystem i berggrunden. Förutsättningar för migrerande fluider med höga metallhalter har troligen också skapats av hydrotermal aktivitet associerad med den vulkaniska aktivitet (Bergelin m.fl. 2011) som funnits i området. Bland annat visade Johansson & Rickard (1982) på impregnation av bly- och zinkmalm i den kambriska sandstenen under permisk tid. Enligt Halling (2015), som studerat sprickmineraliseringar i Tornqvistzonen, är det troligt att den permiska extensionen och intrusionen av

diabasgångar mobiliserade många grundämnen och var den primära orsaken till mineralbildning i sprickor. Precis som den kambriska sandstenen har blivit impregnerad med bly- och kadmiummineraliseringar är det inte osannolikt att även Höörsandstenen har kunnat få samma metallanrikning, i detta fall genom den hydrotermala aktivitet som kan kopplas till den jurassiska vulkanismen i området.

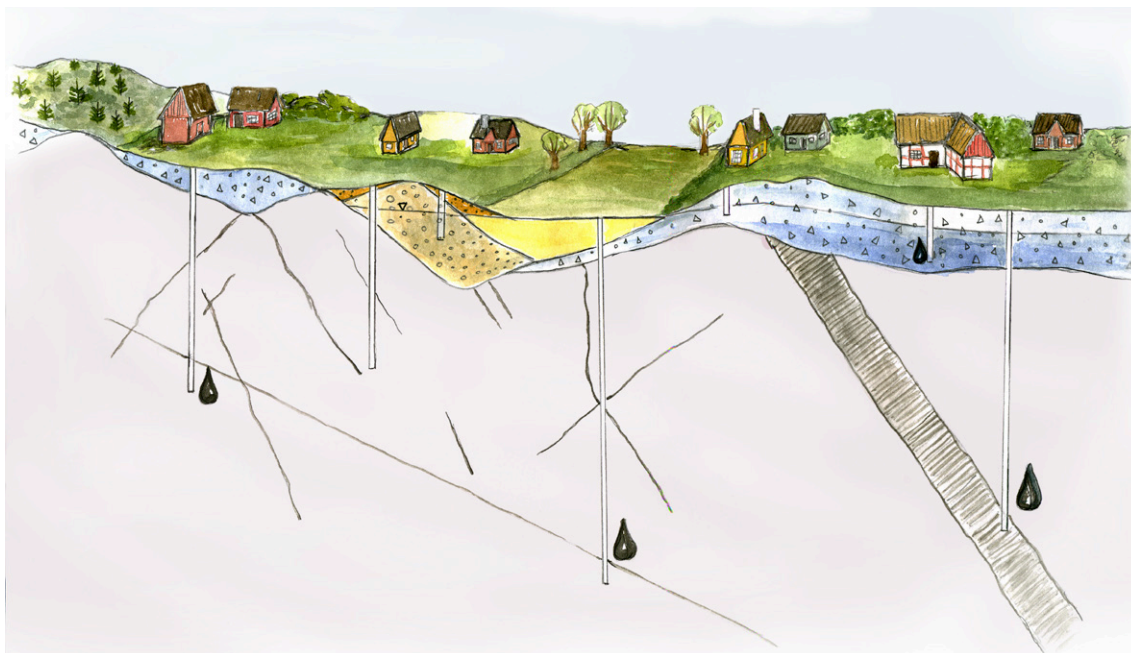
De undersökningar som genomförts har inte kunnat ge en entydig geologisk förklaring till de höga halterna av bly och kadmium i grundvattnet utifrån de geologiska faktorer som idag kan iakttas. Kunskap om tidigare geologisk utveckling i detta och närliggande områden ger dock vissa ledtrådar. Området har, liksom andra delar av Skåne, förhöjda halter av bly och kadmium i moränen. Resultaten från grävda brunnar, dvs. brunnar som i normalfallet får vatten från jordlagren, uppvisar i vissa fall halter över riktvärdet för dricksvatten. Detta visar i sin tur att morän eller andra jordarter utgör en källa till metallerna. Halterna är dock generellt lägre än i de bergborrade brunnarna och de når inte heller de exceptionella halter som uppmätts i några av de bergborrade brunnarna. De höga halterna i de bergborrade brunnarna bedöms därför härröra från berggrunden. Emellertid utgör gnejsberggrunden i området en osannolik källa till metallerna. Eftersom de höga halterna måste ha en annan källa och bedöms vara knutna till senare processer som avsatt bly- och kadmiumhaltiga mineral i sprickor i berggrunden är det svårt att peka ut exakta riskområden inom Höörs kommun.

I figur 19 har vi gjort en principskiss över de olika geologiska och hydrogeologiska miljöer som finns i undersökningsområdet. Brunnarna i området kan få det mesta av sitt vatten från olika områden även om brunnarna ligger nära varandra. Detta kan t.ex. bero på vilka sprickor som respektive brunn står i kontakt med och därmed vilket tillrinningsområde och ursprung grundvattnet har. Framför allt kadmium och zink är lätttrörliga i sur miljö. Därför kan vattnets pH-värde påverka halterna i brunnarna. Vilka sprickor som leder vatten kan även variera med tiden. Sprickorna kan dessutom bli antingen relativt täta eller öppnas med åren. I undersökningsområdet finns troligen lervittring i sprickor, något som kan göra sprickorna relativt täta. Detta gör också att nya kontakter mellan sprickor kan öppnas om t.ex. grundvattenflödet blir större eller förändrat, t.ex. vid borrning av en ny brunn eller ett utökat uttag. Därför blir det svårt att förutspå vilka brunnar som lider av höga metallhalter, varför de har det och om och i så fall hur detta kan förändras med tiden.

IMPLEMENTERING AV RESULTAT

Internt på SGU

Problematiken med höga bly- och kadmiumhalter i mark och grundvatten är något som finns på fler ställen i Sverige. Det finns ett antal områden där SGU i sin karteringsverksamhet bör vara extra vaksam och eventuellt undersöka förekomst av bly och kadmium i mark och grundvatten. Liknande områden med naturligt höga metallhalter och eventuell problematik kan förekomma i delar av Skåne, Västra Götaland (Billingen), Örebro (Kumla, Örebro), Östergötland (Linköping), Jämtland (Östersund), Kalmar (Kalmar, Mönsterås) och i Västerbotten. Några områden är extra intressanta och här rekommenderar vi att SGU utför en mer detaljerad geokemisk kartering. Dessa områden (fig. 20) är Andrarum, Simrishamn och Brantevik i sydöstra Skåne (bly- och kadmiumanomalier i morän och vattenväxter), Östersund (svartskifferproblematik), Linköping (svartskifferproblematik och urban planering) och Mönsterås (höga blyhalter i vatten samt blyförgiftningsincident noterad av Arbets- och miljömedicin). SGU bör även sätta ihop en praktisk vägledning för hur man kan undersöka detta internt i SGUs karteringsverksamhet samt för hur kommuner kan angripa liknande problem, med fokus på geologiskt underlag, undersökningar, analyser, etc.



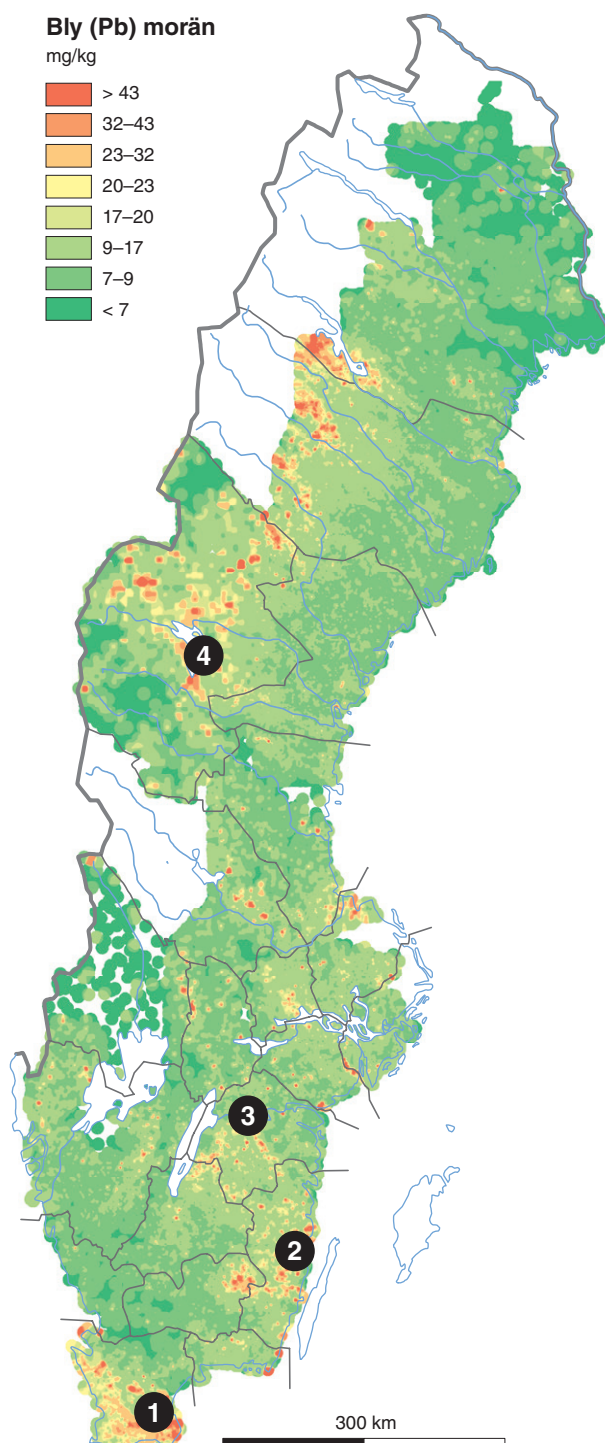
Figur 19. Schematisk bild över geologiska och hydrogeologiska miljöer i undersökningsområdet. De svarta dropparna symboliserar ett grundvatten med höga metallhalter. Skissen visar bl.a. hur grundvatten med olika halter av bly och kadmium kan finnas i närliggande brunnar. De absolut högsta bly- och kadmiumhaltiga grundvattnen hade en gemensam grundvattenkemisk sammansättning vad avser förhållandet mellan kalcium, magnesium, kalium och natrium. Det är oklart om detta representerar den grundvattenkemiska miljö där metallerna kan frigöras och finnas i lösning i höga halter eller om det t.ex. på något sätt är en följd av gemensamt ursprung, t.ex. flödesväg.

Höörs kommun

Med hjälp av de olika analysresultaten har vi försökt illustrera var det finns risk för förhöjda halter av bly och kadmium i grundvattnet inom delar av Höörs kommun (fig. 21). De höga metallhalterna i grundvatten och jord anses vara naturliga och kan inte saneras, även om halterna på flera ställen överstiger de tillåtna gränsvärdena för dricksvatten och mark (Naturvårdsverket 2009).

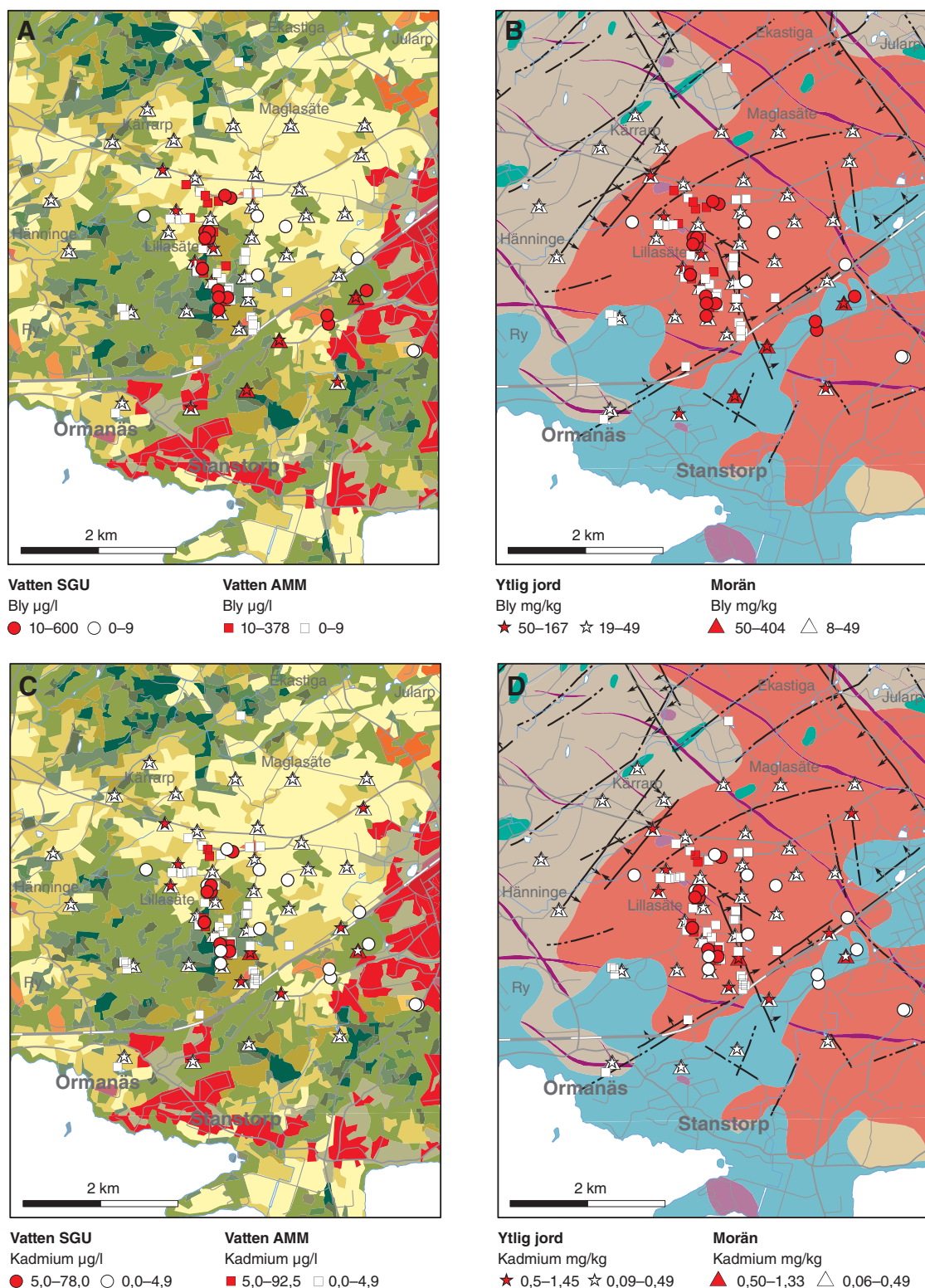
Utvecklingen av vattenanalyser och ett större medvetande hos brunnägare innebär att det numera är ganska vanligt att privatpersoner som låter göra vattenanalys på sitt brunnsvatten även inkluderar ett metallpaket. Genom detta har man på flera håll i Sverige upptäckt att det inte är ovanligt med halter av främst bly och arsenik över riktvärdet för dricksvatten i brunnar. Halterna i det undersökta området i Höör är dock exceptionellt höga.

SGU rekommenderar att kommunen gör en utökad provtagning av enskilda brunnar i ett större område inom kommunen. De höga halterna i Höörområdet innebär att kommunen bör gå vidare och se till att vattenprovtagning inklusive metallanalys utförs så att man kan följa upp och avgränsa riskområden respektive icke-riskområden. Inom det område där vattenanalyserna har visat mycket höga halter bör man gå vidare och utföra vattenanalyser på samtliga dricksvattenbrunnar som används. SGU anser att analyserna bör tillföras den databas för vattenanalyser från enskilda brunnar som finns på SGU. För att detta ska vara möjligt måste brunnägaren ge sitt tillstånd eftersom analyserna därmed blir offentlig uppgift. SGU har tagit fram en blankett som kan användas. Sammanställningar av dricksvattenanalyser är väsentliga för att ut-



Figur 20. Utpekade områden som är intressanta för en mer detaljerad geokemisk undersökning: 1. Sydöstra Skåne. 2. Mönsterås. 3. Linköping. 4. Östersund. Moränkarta med blyhalter är underlag (ur SGUs databas).

reda geologiska samband och kunna ge en kartbild över riskområden. Det är SGUs uppfattning att analysen förutom bly och kadmium även bör omfatta en normal vattenanalys (pH, konduktivitet, nitrat, ammonium, väte-karbonat, sulfat, klorid, natrium, kalium, kalcium, magnesium, järn och mangan). Detta är nödvändigt för att få en bakgrund till vilka grundvatten som är drabbade och därmed en bättre möjlighet att förstå, kanske även förutsäga, om vattenkvaliteten vad avser metaller kan förväntas variera på ett sätt som påverkar brunnsvattnets tjänlighet som



Figur 21. A–D. Riskbedömningskarta för bly och kadmium för mark och grundvatten i undersökningsområdet. Med röd färg markeras prover med halter som överstiger tillåtna gränsvärde. A. Blyhalter i grundvatten och mark, markanvändningskartan som bakgrund. B. Blyhalter i grundvatten och mark, berggrundskartan som bakgrund. C. Kadmiumhalter i grundvatten och mark, markanvändningskartan som bakgrund. D. Kadmiumhalter i grundvatten och mark, berggrundskartan som bakgrund. I A och C är markanvändningskartan underlag. Områden med röda och orange nyanser är bebyggd mark, grönaktiga områden är olika typer av skog och de gulaktiga områdena är åker eller betesmark. I B och D är berggrundskartan underlag för bergartsindelning, se figur 2.

dricksvatten. Med tanke på de exceptionella förhållandena i området vill SGU gärna fortsätta att utreda orsakerna till de höga halterna och ser därför gärna att kommunen i eventuellt kommande provtagningar även tar en flaska för senare analys av spårämnen på SGU.

Höörs kommun har redan ett program där familjer med små barn erbjuds vattenprov. Detta är en mycket bra och viktig satsning. I samband med att höga halter av kadmium och bly har upptäckts bör emellertid även andra brunnar undersökas. Det är sannolikt inte möjligt för kommunen att undersöka alla brunnar i potentiella riskområden. En väg framåt kan vara att genomföra en informationskampanj till personer med egen brunn och framhålla vikten av att ta vattenprover. Resultaten visar att riskerna är störst i bergborrade brunnar, men att brunnar i jordlager också är berörda.

Fastigheter i det centrala undersökningsområdet som har brunnar med mycket höga bly- och kadmiumhalter bör anslutas till den kommunala vattenförsörjningen. En möjlig, men osäker, åtgärd för fastigheter med höga metallhalter som ligger enskilt kan vara att byta eller rensa hydroforen eller blåsa brunnen för att se om det är utfällningar som är orsaken. Kvarstår problemen bör man installera ett filter om man inte kan bli inkopplad på det kommunala nätet. Eventuellt kan man försöka få till stånd ett projekt där man studerar biotillgängligheten av de metaller som förekommer.

KOMPLETTERANDE ANALYSER 2016

Under 2016 ska SGU göra kompletterande analyser för att få en bättre bild och förståelse för metallförekomster i grundvatten och jord i Höörs kommun. De analyser vi ska göra är:

- totalhalter (XRF) i yttlig jord och morän som bl.a. tillåter beräkning av lakbarheten av metaller,
- kompletterande analyser av alla jordprover med kungsvattenlakning och ICP-MS (Au, Sb och Ta),
- pH-mätning av jordprover vilket ger möjlighet att beräkna förurningsresistens och bedöma pH-förhållanden i marken som är viktig för transport av metaller mellan olika horisonter,
- blyisotoper i grundvattenprover med höga blyhalter för att identifiera källan till metallerna (skilja naturlig från antropogen),
- kompletterande analyser av grundvattenprover (spårelementserie).

Isotopdata ska hjälpa oss att identifiera ursprunget till de höga blyhalterna i grundvattnet och särskilja om det rör sig om en naturlig eller antropogen källa. Spårelement från vatten och representativa bergarter kan ge oss en bättre förståelse av metallernas ursprung och transportväg. Ytterligare jämförelser av totala halter med syralakade halter av respektive metaller i yttlig jord och morän gör det möjligt att beräkna lakbarheten, vilket hjälper att bedöma mobiliteten av metaller i jordlager. Mobiliteten av metaller och deras förmåga att läcka till vattendrag styrs starkt av pH-förhållandet i jordarter. Resultat från kungsvattenlakning av jordprover ger information om element som inte lakas i salpetersyra, t.ex. guld och antimon.

REFERENSER

- Andersson, M., Carlsson, M., Ladenberger, A., Morris, G., Sadeghi, M. & Uhlbäck, J., 2014: *Geokemisk atlas över Sverige*. Sveriges geologiska undersökning, 208 s.
- Andersson, M. & Lax, K., 2000: Geokemiska kartan, Markgeokemi, Metaller i morän delar av Västerbotten, Västergötland, Halland och Skåne. *Sveriges geologiska undersökning Gk 2*, 49 s.
- Bergelin, I., Obst, K., Söderlund, U., Larsson, K. & Johansson, L., 2011: Mesozoic rift magmatism in the North Sea region: Ar-40/Ar-39 geochronology of Scanian basalts and geochemical constraints. *International Journal of Earth Sciences* 100, 787–804.

- Halling, J., 2015: Inventering av sprickmineraliseringar i en del av Sorgenfri-Tornqvistzonen – med utgång från Dalby stenbrott, Skåne. *Examensarbete i geologi vid Lunds Universitet* 448, 24 s.
- Johansson, Å. & Rickard, D.T., 1982: The Variscan lead-zink-fluorite veins of Southern Sweden. *Bull. Du BRGM* 12, section 11, no 2, 133–142.
- Kornfält, K.A., Andersson, M., Esko, D. & Persson, M., 1996: Kadmium i marken i sydöstra Skåne. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden* 82, 52 s.
- Naturvårdsverket, 2009: Riktvärden för förorenad mark. *Rapport* 5976.
- Parkhurst, D.L., 1995: User's guide to Phreeqc – a computer program for speciation, reaction-path, advective-transport, and inverse geochemical calculations. *U.S. Geological Survey. Water-Resources Investigations Report* 95-4227.
- Reimann, C., Birke, M., Demetriades, A., Filzmoser, P. & O'Connor, P. (red.), 2014: Chemistry of Europe's agricultural soils – Part A: Methodology and interpretation of the GEMAS data set. *Geologisches Jahrbuch Reihe B102*, 528 s.
- Ringberg, B., 1986: Beskrivning till jordartskartan Kristianstad SV. *Sveriges geologiska undersökning Ae* 78, 69 s.
- Wickman, H. & Sivhed, U., 1993: Beskrivning till berggrundskartan Kristianstad SV. *Sveriges geologiska undersökning Af* 155, 106 s.

BILAGA 1

Samtliga analysdata från de 22 prover som SGU tagit och analyserat på SLU. Totalt har vatten från 20 brunnar och två ytvatten analyserats. De rödmarkerade fastigheterna är även analyserade av Arbets- och miljömedicin, se bilaga 2. (b) = borrar brunn, (g) = grävd brunn, (d) = damm.

Fastighet	Djup	Pb	Cd	Zn	Al	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	As	Si	TOC	TotN	NH ₄ -N	NO ₂ + NO ₃ -N	PO ₄ -P	TotP	SO ₄ -IC	Cl	F	Ca	Mg	Na	K
	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mek/l	mek/l	mek/l	mek/l
Maglasäte 4:9 (b)	19	24,00	14,00	450	24	0,08	<0,07	280	58	1,80	2,10	220	0,10	6,4	1,5	489	<3	469	<4	1,7	1,27	0,40	0,87	2,98	0,29	0,42	0,05
Lillasäte 4:26 (b)	45	80,00	11,00	2600	20	0,10	0,24	2,2	12	0,33	3,00	19	0,07	8,1	1,0	1030	<3	1020	<4	1,9	0,56	0,31	0,57	1,13	0,27	0,50	0,03
Lillasäte 4:25 (b)	?	70,00	10,00	2700	20	0,08	0,13	3,3	<10	0,74	9,70	730	0,23	8,0	1,0	1000	<3	890	<4	1,5	0,54	0,32	0,56	1,18	0,29	0,52	0,03
Lillasäte 4:12 (b)	36	600,00	78,00	4200	25	<0,03	<0,07	11	63	5,40	15,00	72	0,04	7,3	0,9	2160	4	1950	<4	1,2	0,71	0,60	0,51	1,04	0,20	0,46	0,04
Lillasäte 4:10 (b)	?	12,00	3,10	1100	100	<0,03	<0,07	9,2	27	0,16	2,80	500	0,10	6,5	1,1	7700	<3	7010	<4	8,4	0,35	0,97	0,40	1,44	0,39	0,43	0,05
Lillasäte 4:20 (b)	30	580,00	31,00	9700	50	<0,03	<0,07	8,3	33	4,80	7,30	140	0,09	7,6	0,9	5880	<3	5330	<4	1,7	0,47	0,83	0,37	1,34	0,29	0,46	0,04
Lillasäte 2:10 (b)	?	47,00	18,00	1200	29	<0,03	<0,07	550	160	3,10	5,20	4,9	0,03	6,3	1,1	1020	<3	983	<4	7,5	0,91	0,37	1,18	2,71	0,26	0,44	0,05
Maglasäte 11:45 (b)	20	64,00	3,70	740	190	0,19	0,41	22	330	0,19	2,60	160	0,26	6,0	1,1	2190	<3	1960	<4	4,8	0,15	0,94	0,15	1,11	0,27	0,46	0,05
Maglasäte 11:41 (b)	30	47,00	9,90	3200	21	0,09	0,20	4,4	240	0,12	5,10	120	0,13	7,1	0,7	2000	<3	1970	<4	2,3	0,52	0,42	0,94	1,61	0,19	0,48	0,03
Maglasäte 11:51 (b)	70	22,00	11,00	2000	13	0,07	0,10	<0,50	10	0,20	0,93	3,5	0,03	6,9	0,8	2230	<3	2090	<4	2,0	0,40	0,51	0,33	1,40	0,19	0,53	0,03
Maglasäte 11:57 (b)	?	45,00	2,50	950	21	<0,03	0,34	1,6	110	0,04	0,82	30	0,05	7,4	1,1	861	<3	850	<4	1,5	0,43	0,37	1,28	1,13	0,23	0,44	0,03
Stenskogen 3:43 (b)	?	14,00	0,64	280	280	0,10	0,61	17	260	0,10	1,70	2300	0,41	5,9	1,7	2260	3	1670	<4	3,8	0,43	0,42	0,21	0,49	0,25	0,47	0,04
Tjuvaröd 1:21 (b)	?	13,00	0,03	630	24	<0,03	<0,07	580	4000	0,07	49,00	210	0,25	9,1	4,8	249	27	43	<4	6,1	0,78	0,41	0,94	3,37	0,33	0,42	0,05
Tjuvaröd 1:33 (b)	?	17,00	4,30	1600	180	0,17	0,46	45	990	0,34	9,40	180	0,09	7,3	1,6	3540	10	3340	<4	4,5	0,39	0,42	0,09	0,93	0,24	0,38	0,05
Lillasäte 3:9 (b)	?	52,00	0,76	220	670	0,05	0,22	70	200	0,37	3,90	480	0,15	5,5	2,2	6260	<3	5840	<4	2,2	0,36	1,37	0,22	1,18	0,55	0,54	0,06
Stenskogen 3:96 (b)	75	0,92	0,09	65	22	0,70	0,40	6,2	28	0,03	0,80	32	0,10	5,6	1,9	1800	14	1760	<4	2,7	0,15	0,47	0,12	2,09	0,39	0,36	0,02
Yxnaholma 1:4 (b)	?	1,60	0,11	110	50	0,14	0,16	220	170	0,22	0,88	28	0,10	7,8	1,9	3390	12	3190	17	19,2	0,57	0,37	1,07	3,09	0,37	0,33	0,35
Ekenäs 1 (b)	?	0,06	0,02	1,2	20	0,73	<0,07	270	12	0,11	0,37	2,7	0,09	3,3	1,4	6200	<3	5830	<4	1,3	1,01	0,26	1,06	2,74	0,39	0,32	0,04
Stenskogen 3:94 (g)	10	7,40	0,09	41	100	0,37	0,60	14	510	0,11	0,45	5,6	0,09	3,8	2,2	1780	5	1680	<4	13,2	0,07	0,10	0,11	1,01	0,15	0,14	0,02
Maglasäte 4:2 (g)	?	0,60	0,09	100	45	0,55	0,52	20	2500	0,47	1,10	3,7	0,17	5,5	2,3	1150	<3	1080	<4	1,9	0,24	0,54	0,24	1,27	0,23	0,27	0,07
Lillasäte 1:2 (d)	0	0,08	0,02	31	61	0,09	0,08	69	160	0,06	0,53	0,9	0,17	0,7	8,5	988	6	520	23	35,4	0,58	0,34	0,62	1,48	0,18	0,35	0,06
Maglasäte 11:65 (d)	0	0,38	1,50	480	160	0,75	0,30	390	480	0,58	1,80	2,3	0,15	4,3	4,1	2520	3	2230	<4	16,6	0,33	0,38	0,36	1,12	0,23	0,28	0,04

BILAGA 2

Samtliga analysdata från de 62 prover som analyserats av Arbets- och miljömedicin på Skånes Universitetssjukhus i Lund. Totalt har vatten från 56 olika brunnar analyserats. De färgmarkerade proverna är fastigheter som delar brunn. (b) = borrar brunn, (g) = grävd brunn, (?) = okänt utförande av brunn.

Fastighet	Djup m	Pb µg/l	Cd µg/l	Zn µg/l	Al µg/l	V µg/l	Cr µg/l	Mn µg/l	Fe µg/l	Co µg/l	Ni µg/l	Cu µg/l	As µg/l	Ta µg/l	U µg/l	SO ₄ µg/l
Maglasäte 11:60 (b)	38	0,05	0,00	19,02	0,22	0,03	0,22	179,87	403,79	0,22	0,42	0,15	0,47	0,03	2,11	40
Maglasäte 11:53 (b)	51	0,09	0,07	124,67	1,03	0,01	0,05	207,39	189,88	0,41	0,39	0,39	0,24	0,45	0,69	32
Lillasäte 3:4 (b)	60	204,26	62,52	2571,72	11,68	0,14	0,12	540,79	241,38	7,55	10,14	163,67	0,11	1,05	17,71	44
Maglasäte 11:39 (b)	30	3,87	10,53	2951,64	10,25	0,04	0,30	4,61	244,69	0,15	9,06	35,55	0,04	0,27	0,74	25
Maglasäte 11:65 (b)	28	2,07	0,22	91,29	0,42	0,34	0,56	26,20	530,89	0,23	1,25	575,62	0,13	0,01	1,40	30
Maglasäte 4:9 (b)	19	21,54	24,96	679,27	1,46	0,08	0,16	525,44	312,73	2,96	3,25	37,91	0,08	1,01	18,36	55
Maglasäte 11:58 (b)	65	180,91	61,78	5076,22	7,13	0,04	0,11	31,45	114,68	2,11	3,73	25,04	0,02	5,50	0,23	21
Lillasäte 4:15 (b)	62	1,48	0,32	68,38	36,00	0,65	0,31	5,49	316,49	0,17	0,51	0,59	0,29	0,01	2,74	28
Maglasäte 11:45 (b)	20	13,93	5,26	910,24	7,52	0,10	0,26	2,79	163,49	0,12	1,10	269,32	0,24	0,45	0,06	7,5
Maglasäte 11:40 (b)	16	0,29	0,06	385,04	0,08	0,11	0,46	4,60	374,29	0,11	0,65	12,60	0,02	0,00	0,62	20
Lillasäte 4:14 (b)	66	0,09	0,00	9,94	4,63	0,45	0,26	0,02	217,53	0,05	0,34	32,35	0,07	0,00	0,69	14
Lillasäte 3:10 (b)	32	0,00	0,00	14,84	2,60	0,04	0,11	269,79	208,28	0,48	0,59	0,04	0,46	0,33	0,24	18
Lillasäte 4:2 (b)	24	34,63	2,43	1654,22	49,64	0,14	0,11	12,52	111,13	0,26	25,47	1667,12	0,85	0,06	0,08	14
Lillasäte 4:11 (b)	36	378,46	92,52	7384,72	15,47	0,11	0,03	9,33	110,48	6,60	7,65	27,66	0,03	1,29	0,51	33
Lillasäte 4:10 (b)	30	6,73	4,93	1272,22	15,86	0,17	0,07	12,67	202,38	0,39	2,24	98,20	0,09	0,15	0,12	14
Lillasäte 1:7 (b)	60	2,91	1,56	673,27	2,70	0,25	0,15	0,35	267,88	0,15	2,16	12,10	0,12	0,10	2,00	16
Lillasäte 3:8 (b)	25	0,03	0,00	22,31	1,60	0,03	0,11	171,09	221,68	0,36	0,79	2,18	0,40	0,43	0,28	16
Lillasäte 4:21 (b)	37	0,01	0,07	209,64	0,00	0,03	0,17	12,43	147,29	0,07	1,17	1,70	0,04	0,00	0,00	19
Lillasäte 4:4 (b)	32	15,98	0,38	111,64	6,72	0,28	0,41	48,21	428,19	0,16	1,21	71,11	0,17	0,07	1,71	41
Maglasäte 11:61 (b)	20	0,07	0,30	392,42	0,47	0,15	0,42	37,86	154,15	0,38	93,59	33,32	0,05	0,01	0,01	15
Maglasäte 11:27 (b)	100	0,05	0,05	25,59	0,68	0,07	0,19	40,63	309,19	0,10	0,48	0,88	0,27	0,02	2,91	43
Maglasäte 1:46 (b)	48	0,12	0,00	11,18	1,71	0,01	0,10	63,47	243,28	0,08	0,32	0,07	0,18	0,02	7,53	35
Maglasäte 11:20 (b)	58	2,93	0,40	925,22	1,01	0,16	0,38	1,01	184,85	0,09	0,58	7,39	0,03	0,01	0,43	18
Lillasäte 4:19 (b)	50	0,81	1,63	184,84	0,56	0,35	0,54	0,03	479,69	0,12	0,55	5,65	0,10	0,03	2,93	27
Maglasäte 11:33 (b)	22	0,02	0,02	14,57	0,08	0,03	0,04	0,46	104,49	0,02	0,13	3,72	0,03	-0,00	0,74	26
Lillasäte 4:22 (b)	23	108,98	12,81	1257,64	0,30	0,04	0,73	13,66	449,19	0,60	2,49	23,61	0,08	0,44	0,05	26
Maglasäte 13:8 (b)	52	0,05	0,00	65,05	0,53	0,08	0,43	223,48	250,45	0,48	0,58	1,57	0,45	0,06	1,80	40
Lillasäte 4:18 (b)	33	65,58	25,91	3154,64	1,87	0,06	0,16	3,65	198,69	1,28	2,17	19,32	0,03	0,60	0,42	24
Maglasäte 11:43 (b)	50	0,48	1,33	1483,64	0,00	0,17	0,48	17,51	239,79	0,21	0,77	40,98	0,05	0,04	0,15	17
Maglasäte 13:12 (b)	87	0,03	0,01	9,59	0,96	0,08	0,47	98,50	314,05	0,12	0,39	3,13	0,32	0,00	2,40	39
Maglasäte 5:15 (b)	?	0,62	0,97	435,54	4,51	0,04	0,11	16,67	111,69	0,20	2,43	78,85	0,04	0,64	0,04	22

Fastighet	Djup m	Pb µg/l	Cd µg/l	Zn µg/l	Al µg/l	V µg/l	Cr µg/l	Mn µg/l	Fe µg/l	Co µg/l	Ni µg/l	Cu µg/l	As µg/l	Ta µg/l	U µg/l	SO ₄ µg/l
Lillasäte 2:7 (b)	?	1,79	0,13	243,47	1,33	0,03	0,20	929,89	452,23	1,06	1,20	2,32	0,34	0,32	2,29	54
Lillasäte 4:20 (b)	?	322,91	38,18	6121,72	20,12	0,15	0,05	7,03	139,18	5,75	6,74	39,95	0,07	0,81	0,72	23
Lillasäte 2:10 (b)	?	42,66	17,84	1360,22	5,47	0,05	0,09	595,19	404,23	3,76	4,20	2,28	0,01	1,96	4,57	38
Lillasäte 3:9 (b)	?	21,18	0,30	83,29	64,85	0,04	0,05	35,61	62,76	0,17	1,54	315,47	0,05	0,03	0,00	15
Maglasäte 11:55 (b)	?	38,63	2,84	1428,64	5,54	0,04	0,21	1,55	181,49	0,11	0,76	31,85	0,04	0,05	0,65	22
Maglasäte 11:37 (b)	?	31,90	3,01	1606,64	4,65	0,03	0,13	2,02	173,89	0,09	0,73	14,19	0,01	0,03	0,67	23
Lillasäte 4:26 (b)	45	98,25	28,41	7179,64	4,85	0,07	0,30	2,70	175,59	0,62	1,84	19,80	0,05	0,21	0,33	25
Lillasäte 4:25 (b)	45	81,36	12,65	3576,72	4,06	0,01	0,03	0,90	24,15	0,16	0,31	18,22	0,01	0,08	0,07	26
Maglasäte 11:41 (b)	30	7,05	11,09	3087,64	0,96	0,07	0,18	3,37	254,39	0,14	1,16	8,66	0,03	0,24	0,81	25
Maglasäte 11:72 (b)	30	6,77	10,92	3179,64	1,09	0,07	0,30	3,49	248,79	0,15	1,18	11,89	0,04	0,26	0,85	25
Maglasäte 11:50 (b)	70	40,74	12,89	3308,64	2,00	0,12	0,20	0,41	190,59	0,24	1,52	11,68	0,03	0,19	1,00	20
Maglasäte 11:49 (b)	70	37,63	12,66	3219,64	1,70	0,11	0,20	0,51	234,29	0,23	1,63	5,57	0,04	0,17	1,06	20
Maglasäte 11:38 (b)	70	0,00	-0,00	950,64	0,40	0,06	0,15	7,30	251,59	0,46	1,44	0,08	0,00	0,00	0,00	20
Maglasäte 11:51 (b)	70	33,31	12,35	3113,64	1,33	0,12	0,22	0,53	215,39	0,23	1,61	14,60	0,04	0,18	1,13	20
Ormanäs 2:21 (g)	5	0,04	0,15	677,54	1,58	0,24	0,49	24,00	421,09	0,15	0,73	26,47	0,16	0,03	0,46	29
Maglasäte 11:66 (g)	10	0,16	0,05	36,05	2,33	1,16	0,61	0,33	367,89	0,11	0,55	22,56	0,09	-0,00	0,12	17
Maglasäte 11:63 (g)	6	12,42	0,75	173,82	182,76	0,39	0,31	57,04	137,65	0,53	1,61	9,99	0,27	0,15	0,06	9
Maglasäte 12:6 (g)	8	0,00	0,06	21,34	0,12	0,03	0,17	675,67	208,19	0,80	0,72	0,27	0,03	0,14	0,03	29
Lillasäte 6:1 (g)	8	10,39	1,44	520,44	23,29	0,07	0,22	20,48	131,99	0,14	1,40	13,51	0,09	0,08	0,02	10
Lillasäte 1:2 (g)	4	3,78	0,20	181,22	8,46	0,17	0,15	127,09	195,28	0,10	0,89	80,16	0,09	0,00	0,86	18
Maglasäte 13:14 (g)	4	0,34	0,37	113,42	4,18	0,35	0,08	95,84	338,03	0,12	0,77	9,60	0,06	0,00	0,94	30
Lillasäte 3:13 (g)	4	0,00	0,00	12,82	1,86	-0,00	0,02	76,51	188,98	0,62	0,43	0,00	0,17	0,05	0,00	15
Maglasäte 11:59 (g)	?	0,02	0,22	95,68	1,91	0,04	0,26	2,30	74,66	0,05	0,79	8,82	0,01	-0,00	-0,00	18
Maglasäte 4:10 (g)	?	7,05	22,38	1956,22	1,70	0,06	0,11	242,04	325,03	1,22	2,82	6,26	0,06	0,82	3,14	55
Maglasäte 13:10 (g)	?	0,09	0,02	65,33	0,38	0,10	0,43	158,68	296,15	0,19	0,40	0,44	0,59	0,02	1,83	42
Maglasäte 11:53 (g)	?	0,08	0,12	141,82	4,93	0,11	0,30	16,48	65,50	0,04	0,72	13,89	0,03	0,02	0,01	14
Lillasäte 4:28 (?)	?	15,68	0,89	505,77	3,09	0,07	0,14	0,45	191,03	0,06	1,63	159,87	0,12	0,01	0,38	14
Maglasäte 11:46 (?)	?	0,53	0,84	353,94	13,56	0,18	0,39	0,89	148,69	0,12	1,04	92,51	0,05	0,06	0,06	10
Tjuvaröd 1:31 (?)	?	0,01	0,01	1,69	7,23	0,12	0,85	86,55	281,55	0,09	0,56	0,21	0,06	0,01	0,28	58
Lillasäte 4:27 (?)	?	106,88	35,87	8695,64	5,97	0,10	0,30	3,03	195,99	0,79	2,15	20,62	0,09	0,26	0,39	26
Lillasäte 2:13 (?)	?	0,27	0,29	3282,72	2,61	0,08	0,06	138,09	95,36	1,98	6,35	245,12	0,07	-0,00	0,01	3,4

BILAGA 3

Geokemiska analyser av ytlig jord i undersökningsområdet (enhet: mg/kg). Metod: salpetersyralakning (7M HNO₃) med ICP MS.

ID	E-W	N-S	Prov	Na	Mg	Al	P	K	Ca	Ti
1545-701	407198	6200315	ytlig prov	181	1716	11150	414	481	2960	402
1545-702	406631	6200510	ytlig prov	80	1932	13495	1525	656	3335	302
1545-703	405843	6200457	ytlig prov	66	1675	10753	1107	366	2625	376
1545-704	405422	6200557	ytlig prov	86	2315	16910	2300	886	4915	611
1545-705	406037	6199932	ytlig prov	89	1809	12448	1974	1281	3024	450
1545-706	405496	6199748	ytlig prov	56	1754	12918	1259	371	829	482
1545-707	405593	6200025	ytlig prov	74	2712	15156	3250	832	3584	518
1545-708	405837	6199362	ytlig prov	44	469	6382	817	258	320	360
1545-709	405735	6198731	ytlig prov	42	832	12371	701	208	472	514
1545-710	406078	6199540	ytlig prov	58	1360	16690	959	283	1818	582
1545-711	406060	6199108	ytlig prov	45	895	10305	528	314	491	587
1545-712	406536	6198879	ytlig prov	60	1418	12441	1048	432	2151	563
1545-713	406410	6198504	ytlig prov	58	1310	16359	865	378	453	327
1545-714	406590	6200090	ytlig prov	61	1695	13036	2010	537	3002	354
1545-715	406581	6199689	ytlig prov	68	2150	12850	2133	580	3160	477
1545-716	406163	6198706	ytlig prov	49	783	9017	542	286	347	631
1545-717	406486	6199174	ytlig prov	58	1410	11141	1401	522	798	734
1545-718	407288	6199972	ytlig prov	84	2749	12640	1295	911	2805	647
1545-719	407033	6199457	ytlig prov	73	1632	10659	977	533	1438	661
1545-720	407712	6199205	ytlig prov	70	977	8146	872	316	2490	233
1545-721	407790	6199993	ytlig prov	61	1601	13231	1393	530	2725	216
1545-722	408005	6200762	ytlig prov	72	2513	17062	3350	1005	5840	571
1545-723	408048	6201147	ytlig prov	131	2310	14894	2512	1067	3369	613
1545-724	407084	6201138	ytlig prov	91	2546	11612	1885	1387	3904	474
1545-725	406337	6201141	ytlig prov	102	2684	13629	1817	677	2894	349
1545-726	405565	6200947	ytlig prov	59	1332	9711	1658	556	2645	284
1545-727	404765	6200930	ytlig prov	65	1339	10074	887	313	1968	537
1545-728	405222	6201353	ytlig prov	73	2128	15662	646	350	785	852
1545-729	403970	6200170	ytlig prov	82	1501	10258	1895	381	3895	585
1545-730	404199	6199507	ytlig prov	150	3317	13306	1313	724	2088	1009
1545-731	405014	6198715	ytlig prov	57	1523	17755	1244	402	1480	491
1545-732	404890	6197526	ytlig prov	79	1590	10992	903	412	2115	411
1545-733	405789	6197466	ytlig prov	49	582	6918	613	364	416	396
1545-734	407930	6198907	ytlig prov	62	1017	6369	801	558	984	443
1545-735	407694	6197798	ytlig prov	61	1363	10556	825	417	621	1271
1545-736	406935	6198345	ytlig prov	79	1337	12690	1767	362	2273	334
1545-737	406515	6197697	ytlig prov	49	452	3006	456	398	567	212

ID	V	Cr	Mn	Fe	Rb	Sr	Y	La	Ce	Li	Be
1545-701	30	11	224	13014	15	9	19	29	61	21,83	0,63
1545-702	33	15	478	17112	21	19	20	35	68	12,80	0,75
1545-703	27	11	807	14721	14	14	21	31	66	11,09	0,74
1545-704	41	17	960	23787	23	20	19	34	70	14,33	0,70
1545-705	27	11	1328	15800	24	18	14	26	61	9,46	0,59
1545-706	29	12	1976	17854	17	7	12	22	56	10,27	0,65
1545-707	35	15	1595	19851	46	19	21	36	93	11,77	0,83
1545-708	19	7	596	12351	14	4	6	13	28	4,99	0,22
1545-709	25	9	527	18725	10	5	9	19	46	9,26	0,49
1545-710	27	12	847	18347	14	11	12	22	62	11,61	0,60
1545-711	26	10	455	18697	11	5	8	19	46	8,83	0,29
1545-712	32	20	640	19255	15	15	25	36	71	14,22	0,78
1545-713	25	11	618	17915	20	5	17	35	91	13,10	0,83
1545-714	27	15	522	12962	19	18	23	34	63	11,77	0,73
1545-715	27	14	1212	16164	22	24	22	37	87	11,63	0,80
1545-716	27	10	306	18117	11	4	7	14	39	9,58	0,27
1545-717	28	10	1108	20317	31	6	14	25	61	9,76	0,55
1545-718	34	15	792	18710	28	13	21	35	78	15,41	0,71
1545-719	33	11	814	18965	17	7	17	36	72	10,54	0,45
1545-720	24	11	70	13533	4	10	19	28	56	13,72	0,46
1545-721	27	13	1987	15645	27	22	25	46	107	10,61	0,99
1545-722	42	23	725	20438	22	29	21	33	64	14,88	0,81
1545-723	35	16	799	18643	20	16	17	29	72	12,24	0,66
1545-724	27	13	990	16139	30	20	29	62	122	10,07	0,78
1545-725	30	14	1531	19062	39	28	23	43	100	13,97	0,97
1545-726	28	10	1186	12559	23	15	19	27	61	9,61	0,58
1545-727	29	10	499	16992	12	11	11	18	49	10,63	0,45
1545-728	52	18	923	29248	12	6	13	19	65	12,90	0,39
1545-729	31	12	944	15834	14	18	10	16	37	8,52	0,42
1545-730	40	12	1049	23425	22	9	15	37	80	12,86	0,44
1545-731	25	12	1008	18183	17	10	13	23	57	10,32	0,55
1545-732	32	13	669	13415	9	14	14	25	50	16,66	0,40
1545-733	24	7	192	13030	10	4	4	9	20	4,28	0,13
1545-734	25	9	164	14781	13	7	13	26	63	3,42	0,30
1545-735	36	9	324	23845	10	5	8	17	44	9,16	0,29
1545-736	25	11	1189	14525	15	22	17	31	71	8,97	0,58
1545-737	20	6	60	6531	8	5	7	15	34	1,95	0,20

ID	B	Sc	Co	Ni	Cu	Zn	Ge	As	Se	Zr	Nb
1545-701	2,07	4,39	4,60	9,43	6,74	49,35	0,07	1,13	0,46	1,74	1,28
1545-702	2,63	4,30	5,87	10,70	15,37	110,69	0,08	2,26	0,61	1,42	1,32
1545-703	2,57	3,53	5,45	8,21	15,45	117,54	0,07	2,35	0,59	1,48	1,86
1545-704	3,79	4,27	8,70	11,73	21,43	116,90	0,08	3,55	0,69	2,45	2,40
1545-705	3,15	2,66	6,02	9,51	18,66	96,79	0,06	2,72	0,54	1,17	1,88
1545-706	2,17	2,57	6,99	9,40	17,20	170,55	0,06	2,08	0,48	1,10	1,49
1545-707	3,36	3,50	8,13	11,81	34,60	254,04	0,09	3,28	0,55	1,62	1,82
1545-708	2,45	1,21	2,30	2,64	6,06	44,73	0,03	2,81	0,57	0,80	2,65
1545-709	1,96	2,22	2,88	4,77	6,44	58,05	0,05	1,78	0,63	0,78	2,45
1545-710	2,47	2,50	4,88	7,87	6,50	135,78	0,06	3,15	0,74	1,27	2,63
1545-711	2,77	1,94	2,31	4,69	4,86	88,82	0,04	2,90	0,63	1,57	2,93
1545-712	2,07	3,26	5,26	9,43	12,31	221,38	0,08	2,49	0,67	1,46	2,23
1545-713	2,08	2,90	3,90	7,28	7,20	112,72	0,08	2,98	0,86	1,43	2,39
1545-714	3,00	3,50	5,21	11,83	16,53	110,87	0,07	2,74	0,71	1,15	1,81
1545-715	2,76	3,32	7,11	12,13	23,27	113,69	0,08	2,46	0,63	1,89	1,72
1545-716	2,04	1,64	2,49	4,11	28,74	63,71	0,03	2,93	0,60	1,87	2,91
1545-717	2,51	2,84	4,79	6,24	8,80	97,14	0,06	3,90	0,65	1,52	2,40
1545-718	3,02	4,39	7,53	11,65	15,31	94,70	0,08	2,03	0,47	2,88	1,69
1545-719	3,33	2,63	4,48	6,79	12,87	78,21	0,08	3,33	0,84	1,76	3,19
1545-720	1,88	3,91	2,34	6,10	6,59	179,53	0,06	3,96	0,68	3,38	1,40
1545-721	2,41	4,12	6,83	13,23	17,56	118,13	0,09	2,56	0,67	2,69	1,34
1545-722	3,84	3,93	7,27	14,19	26,99	127,43	0,07	4,72	0,88	2,03	2,95
1545-723	3,41	3,20	6,40	11,61	19,93	103,53	0,07	2,80	0,65	1,42	2,25
1545-724	2,98	4,92	7,22	10,17	22,71	95,41	0,12	2,86	0,50	3,29	1,30
1545-725	2,83	4,77	8,85	15,23	22,51	95,37	0,09	2,51	0,53	2,01	1,21
1545-726	2,84	2,35	5,18	7,17	22,83	92,53	0,06	2,51	0,52	1,10	1,26
1545-727	2,34	2,27	4,82	6,90	6,83	64,06	0,05	2,77	0,51	1,39	2,19
1545-728	2,05	4,01	8,69	10,49	13,14	70,41	0,06	2,21	0,55	2,83	2,54
1545-729	2,68	2,03	5,02	6,82	8,85	60,65	0,05	3,86	0,45	1,28	2,19
1545-730	2,11	3,15	7,75	9,19	15,68	66,06	0,09	2,81	0,48	3,36	3,77
1545-731	2,20	2,58	6,08	8,38	7,89	77,29	0,06	1,73	0,56	1,13	1,61
1545-732	2,44	3,14	5,68	6,07	6,03	86,71	0,06	1,73	0,42	1,48	1,93
1545-733	2,64	1,05	1,70	3,30	4,99	38,08	0,03	4,93	0,57	1,42	2,38
1545-734	2,88	1,90	2,83	5,96	10,27	184,81	0,07	5,03	0,56	4,29	2,19
1545-735	2,21	2,05	3,26	4,59	7,76	116,43	0,05	3,57	0,64	2,26	3,86
1545-736	2,65	2,37	4,87	7,20	12,43	166,92	0,07	3,24	0,55	1,15	1,39
1545-737	2,93	1,22	1,14	2,66	5,43	48,96	0,28	3,57	0,40	1,94	0,86

ID	Mo	Ag	Cd	Sn	Ba	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb
1545-701	0,25	0,11	0,16	0,13	59,82	6,77	22,89	4,53	0,83	4,82	0,65
1545-702	0,58	0,15	0,44	0,16	71,54	7,64	31,30	5,36	0,95	5,43	0,73
1545-703	0,65	0,22	0,44	0,16	67,96	6,83	24,13	4,80	0,84	5,08	0,69
1545-704	1,19	0,17	0,53	0,34	84,58	7,66	30,56	5,34	0,90	5,39	0,70
1545-705	0,92	0,13	0,41	0,14	111,27	5,72	18,58	3,56	0,62	3,84	0,50
1545-706	1,34	0,15	0,60	0,15	107,38	5,11	15,76	3,27	0,59	3,44	0,43
1545-707	1,77	0,35	1,05	0,27	175,79	7,07	32,38	5,26	0,92	5,69	0,72
1545-708	0,79	0,14	0,19	0,08	32,64	2,94	9,42	1,86	0,30	1,79	0,24
1545-709	0,58	0,16	0,36	0,06	49,85	4,19	13,04	2,71	0,50	2,76	0,35
1545-710	0,67	0,95	0,41	0,10	60,20	5,01	16,99	3,33	0,62	3,57	0,47
1545-711	0,62	0,39	0,15	0,11	33,55	4,36	14,62	2,79	0,51	2,86	0,36
1545-712	2,29	0,18	1,45	0,13	56,20	7,63	31,28	5,35	0,98	5,51	0,73
1545-713	0,77	0,11	0,62	0,08	59,57	7,25	30,61	5,13	1,05	5,34	0,68
1545-714	0,48	0,16	0,41	0,09	93,43	7,57	26,49	5,20	0,98	5,56	0,77
1545-715	0,66	0,23	0,42	0,15	83,78	7,50	31,39	5,56	0,98	5,74	0,73
1545-716	0,84	0,18	0,18	0,18	31,69	3,26	10,40	2,05	0,34	2,18	0,27
1545-717	1,19	0,21	0,41	0,18	44,85	5,63	19,11	3,64	0,63	3,90	0,51
1545-718	0,57	0,07	0,24	0,21	64,69	7,71	29,78	5,23	0,89	5,60	0,73
1545-719	1,46	0,13	0,28	0,18	43,05	7,92	29,91	4,77	0,78	4,80	0,63
1545-720	0,73	0,07	1,27	0,23	72,86	7,00	25,45	4,83	0,81	4,98	0,66
1545-721	0,50	0,29	0,40	0,23	103,22	9,02	39,36	6,54	1,16	6,72	0,83
1545-722	1,00	0,16	0,56	0,20	153,73	7,55	26,40	5,13	0,91	5,40	0,72
1545-723	0,84	0,13	0,35	0,16	69,84	6,52	22,91	4,44	0,71	4,76	0,62
1545-724	0,45	0,08	0,25	0,19	92,18	12,25	52,35	8,40	1,52	8,33	1,06
1545-725	0,50	0,12	0,31	0,25	130,88	8,55	37,79	6,15	1,14	6,32	0,82
1545-726	0,66	0,32	0,42	0,13	61,96	6,12	19,91	3,87	0,66	4,28	0,58
1545-727	0,66	0,10	0,28	0,14	48,02	4,39	14,82	2,93	0,50	3,15	0,41
1545-728	2,65	0,08	0,21	0,19	35,03	4,45	16,14	3,10	0,56	3,45	0,45
1545-729	0,66	0,09	0,39	0,16	57,02	3,61	12,38	2,47	0,42	2,64	0,33
1545-730	1,49	0,08	0,25	0,38	58,99	7,70	31,77	4,96	0,69	4,81	0,59
1545-731	0,59	0,13	0,24	0,08	62,58	4,99	17,09	3,38	0,58	3,44	0,47
1545-732	0,94	0,14	0,34	0,12	65,47	6,03	20,03	3,89	0,64	3,92	0,51
1545-733	0,96	0,28	0,09	0,19	17,72	1,92	7,11	1,23	0,19	1,21	0,15
1545-734	1,68	1,16	0,41	0,31	21,69	5,78	19,44	3,83	0,63	3,79	0,47
1545-735	1,89	0,19	0,33	0,31	23,80	3,64	12,67	2,31	0,38	2,41	0,31
1545-736	0,73	0,35	0,57	0,23	63,92	6,75	22,37	4,37	0,74	4,44	0,56
1545-737	1,09	0,50	0,12	0,16	16,96	3,61	12,63	2,40	0,39	2,33	0,29

ID	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	W	Tl	Pb	Bi	Th	U
1545-701	3,55	0,72	2,07	0,28	1,74	0,25	0,09	0,29	28,64	0,12	6,30	1,13
1545-702	3,79	0,76	2,21	0,30	1,90	0,26	0,08	0,39	29,11	0,15	6,66	2,04
1545-703	3,88	0,81	2,42	0,33	2,14	0,31	0,11	0,30	36,16	0,16	6,26	1,72
1545-704	3,81	0,74	2,18	0,28	1,79	0,26	0,13	0,47	68,53	0,21	7,88	2,59
1545-705	2,62	0,52	1,51	0,20	1,29	0,19	0,08	0,36	36,40	0,20	4,97	1,32
1545-706	2,34	0,46	1,34	0,17	1,15	0,16	0,07	0,41	36,76	0,13	4,73	1,57
1545-707	3,80	0,77	2,27	0,30	1,94	0,28	0,09	0,54	74,02	0,21	6,70	2,69
1545-708	1,22	0,23	0,65	0,08	0,51	0,07	0,06	0,35	71,82	0,22	2,72	0,74
1545-709	1,89	0,37	1,06	0,14	0,84	0,12	0,06	0,28	28,75	0,13	4,05	0,99
1545-710	2,47	0,49	1,38	0,18	1,19	0,16	0,08	0,35	52,52	0,18	5,70	1,17
1545-711	1,85	0,36	0,99	0,13	0,82	0,12	0,06	0,24	54,69	0,17	5,84	0,93
1545-712	3,98	0,82	2,45	0,34	2,11	0,32	0,06	0,43	48,16	0,18	6,43	6,94
1545-713	3,47	0,67	1,93	0,25	1,60	0,21	0,06	0,45	35,43	0,22	7,42	1,70
1545-714	4,25	0,86	2,56	0,34	2,17	0,32	0,05	0,35	37,03	0,18	4,31	2,42
1545-715	3,96	0,81	2,37	0,33	2,06	0,30	0,07	0,40	33,13	0,18	7,61	2,03
1545-716	1,45	0,28	0,77	0,10	0,63	0,09	0,05	0,39	39,21	0,20	5,01	0,92
1545-717	2,77	0,56	1,65	0,23	1,41	0,20	0,07	0,46	40,26	0,23	6,54	1,83
1545-718	4,00	0,81	2,35	0,32	2,07	0,29	0,06	0,39	20,92	0,13	8,95	1,91
1545-719	3,36	0,66	1,92	0,25	1,61	0,23	0,07	0,37	46,99	0,28	8,95	2,30
1545-720	3,56	0,74	2,18	0,29	1,91	0,28	0,05	0,68	30,11	0,13	7,07	3,94
1545-721	4,44	0,91	2,67	0,37	2,36	0,34	0,05	0,32	32,48	0,17	11,62	2,68
1545-722	3,94	0,80	2,30	0,31	2,04	0,29	0,10	0,46	39,44	0,19	6,13	3,66
1545-723	3,36	0,68	1,99	0,27	1,75	0,24	0,07	0,32	29,02	0,14	6,74	1,70
1545-724	5,50	1,09	3,19	0,42	2,71	0,38	0,05	0,40	23,05	0,10	13,20	1,82
1545-725	4,45	0,87	2,52	0,33	2,19	0,31	0,05	0,29	29,27	0,13	9,14	1,82
1545-726	3,28	0,69	2,09	0,29	1,89	0,28	0,05	0,31	36,49	0,26	6,90	2,07
1545-727	2,26	0,46	1,38	0,19	1,19	0,17	0,05	0,34	34,49	0,15	5,42	1,45
1545-728	2,53	0,50	1,52	0,21	1,33	0,19	0,09	0,58	31,44	0,16	7,59	2,14
1545-729	1,82	0,37	1,11	0,15	0,97	0,14	0,10	0,29	29,62	0,17	4,25	1,90
1545-730	3,07	0,58	1,68	0,22	1,42	0,20	0,10	0,40	40,71	0,22	15,37	2,10
1545-731	2,60	0,50	1,48	0,20	1,21	0,17	0,07	0,34	19,18	0,12	5,11	1,20
1545-732	2,68	0,54	1,63	0,22	1,39	0,20	0,06	0,49	27,67	0,16	5,55	4,27
1545-733	0,81	0,16	0,49	0,07	0,43	0,06	0,07	0,83	65,70	0,33	2,91	0,69
1545-734	2,42	0,48	1,43	0,19	1,23	0,18	0,10	3,07	166,55	0,33	7,55	1,25
1545-735	1,66	0,32	0,96	0,13	0,82	0,11	0,11	0,45	75,94	0,32	6,16	2,59
1545-736	2,99	0,59	1,72	0,23	1,49	0,21	0,06	0,85	86,00	0,20	6,91	2,00
1545-737	1,50	0,28	0,82	0,11	0,67	0,10	0,06	4,82	78,29	0,30	3,30	0,86

BILAGA 4

Geokemiska analyser av morän (C-horisont) i undersökningsområdet (enhet: mg/kg). Metod: salpetersyra lakning (7M HNO₃) med ICP MS.

ID	E-W	N-S	Prov	Na	Mg	Al	P	K	Ca	Ti
1545-501	407198	6200315	C-horisont	269	3996	17175	343	2388	2705	859
1545-502	406631	6200510	C-horisont	107	2847	13028	466	785	2138	788
1545-503	405843	6200457	C-horisont	55	2310	12941	146	541	1862	248
1545-504	405422	6200557	C-horisont	89	4089	17574	768	1633	2970	819
1545-505	406037	6199932	C-horisont	80	2539	18124	1121	602	1657	683
1545-506	405496	6199748	C-horisont	62	2595	18471	1385	541	1041	581
1545-507	405593	6200025	C-horisont	83	3067	13257	1873	1160	3448	709
1545-508	405837	6199362	C-horisont	49	2366	16249	1218	385	831	416
1545-509	405735	6198731	C-horisont	62	2418	22859	1472	486	834	654
1545-510	406078	6199540	C-horisont	69	3168	16418	593	691	1128	827
1545-511	406060	6199108	C-horisont	62	2269	17293	927	434	757	659
1545-512	406536	6198879	C-horisont	73	3166	12254	583	1312	2176	733
1545-513	406410	6198504	C-horisont	66	2535	14184	1129	499	936	438
1545-514	406590	6200090	C-horisont	68	3356	13867	701	1302	1715	758
1545-515	406581	6199689	C-horisont	54	3510	14672	717	975	1775	667
1545-516	406163	6198706	C-horisont	55	1903	18200	766	424	785	642
1545-517	406486	6199174	C-horisont	59	2981	14564	1454	735	1167	705
1545-518	407288	6199972	C-horisont	69	2922	11928	599	1038	1882	680
1545-519	407033	6199457	C-horisont	54	2768	16835	541	559	775	677
1545-520	407712	6199205	C-horisont	114	2944	6805	878	490	4544	435
1545-521	407790	6199993	C-horisont	36	978	7192	212	832	1009	111
1545-522	408005	6200762	C-horisont	65	3926	24527	2083	984	2810	659
1545-523	408048	6201147	C-horisont	89	2712	11390	603	920	1510	728
1545-524	407084	6201138	C-horisont	85	2821	12537	1154	1250	2759	607
1545-525	406337	6201141	C-horisont	67	3151	12510	653	803	1664	455
1545-526	405565	6200947	C-horisont	42	1470	9594	1145	504	1803	322
1545-527	404765	6200930	C-horisont	68	2325	13345	750	507	1648	589
1545-528	405222	6201353	C-horisont	79	3290	17686	375	537	1082	841
1545-529	403970	6200170	C-horisont	84	1685	12665	1126	365	2137	504
1545-530	404199	6199507	C-horisont	81	2761	15894	782	631	1325	684
1545-531	405014	6198715	C-horisont	96	4354	16156	2081	798	2415	707
1545-532	404890	6197526	C-horisont	93	3040	8999	668	712	2983	664
1545-533	405789	6197466	C-horisont	56	1498	12885	1261	377	1104	391
1545-534	407930	6198907	C-horisont	69	2100	10712	987	716	1653	558
1545-535	407694	6197798	C-horisont	61	2519	12243	588	531	1090	683
1545-536	406935	6198345	C-horisont	60	1795	16242	1319	419	2284	344
1545-537	406515	6197697	C-horisont	62	848	6455	400	650	392	230

ID	V	Cr	Mn	Fe	Rb	Sr	Y	La	Ce	Li	Be
1545-501	70	25	802	47172	73	14	41	67	126	16,87	1,50
1545-502	51	21	351	44708	19	10	28	44	84	8,76	0,93
1545-503	25	10	400	11555	22	9	55	61	139	19,51	0,78
1545-504	41	19	391	26935	31	15	20	42	82	9,67	0,67
1545-505	30	13	474	18017	17	8	19	33	117	8,27	0,70
1545-506	33	17	660	21707	19	7	14	27	80	11,01	0,69
1545-507	30	13	1014	19224	31	11	27	44	128	6,85	0,75
1545-508	24	13	181	17176	15	5	11	22	55	11,95	0,43
1545-509	27	14	295	19136	16	6	14	28	78	11,24	0,68
1545-510	30	18	500	19201	17	8	20	36	119	9,45	0,68
1545-511	26	14	223	17121	14	6	16	30	90	8,68	0,62
1545-512	36	21	1256	26434	33	11	49	70	152	16,15	0,99
1545-513	23	12	1134	16851	21	6	28	46	130	8,60	0,77
1545-514	28	15	1108	20974	36	12	36	53	97	9,80	0,73
1545-515	35	21	736	22972	29	10	24	43	98	10,21	0,81
1545-516	22	13	367	15027	13	5	14	27	128	7,65	0,59
1545-517	35	16	619	21619	21	6	21	38	187	9,61	0,76
1545-518	31	15	632	17720	29	9	20	36	73	9,45	0,51
1545-519	32	16	140	17615	17	6	19	37	73	10,57	0,55
1545-520	31	14	151	16944	9	16	24	42	82	5,82	0,60
1545-521	14	5	1377	9794	36	8	29	89	171	2,87	0,70
1545-522	37	26	503	24640	27	15	17	29	67	17,18	0,67
1545-523	26	12	403	15044	19	11	19	34	77	7,06	0,55
1545-524	28	12	862	17272	32	15	32	72	139	7,34	0,76
1545-525	29	13	1226	21565	30	13	29	56	120	8,77	0,93
1545-526	26	7	1403	15314	31	9	21	25	69	7,37	0,45
1545-527	27	13	321	17628	14	7	20	29	116	8,84	0,63
1545-528	40	18	688	24051	23	7	14	20	103	14,45	0,58
1545-529	23	10	277	13252	11	8	12	22	64	6,03	0,53
1545-530	27	12	390	17652	13	8	16	28	76	7,71	0,59
1545-531	31	18	829	19899	21	10	21	37	127	8,82	0,83
1545-532	29	15	435	16187	13	13	22	34	79	14,16	0,44
1545-533	21	10	230	12229	9	5	10	18	63	6,49	0,45
1545-534	26	11	496	17721	16	8	19	34	85	6,57	0,68
1545-535	26	11	217	15575	14	6	12	28	60	10,90	0,50
1545-536	26	12	900	17006	20	13	16	34	85	10,18	0,70
1545-537	35	13	95	12196	13	5	20	35	76	4,72	0,86

ID	B	Sc	Co	Ni	Cu	Zn	Ge	As	Se	Zr	Nb
1545-501	1,96	14,46	13,43	18,71	27,21	58,80	0,19	1,20	0,39	13,08	0,18
1545-502	1,26	7,32	10,00	14,48	15,95	33,90	0,11	0,99	0,27	10,83	0,38
1545-503	1,40	8,58	3,95	8,64	6,95	213,78	0,13	0,71	0,40	4,13	0,35
1545-504	2,07	5,44	9,43	17,37	21,05	59,43	0,11	1,19	0,19	13,08	0,71
1545-505	2,07	3,65	8,01	18,70	12,78	48,96	0,07	1,55	0,39	4,11	1,29
1545-506	2,24	3,46	8,18	19,70	12,64	145,34	0,07	1,80	0,46	3,22	1,48
1545-507	1,88	5,16	10,68	18,40	19,51	165,30	0,11	1,48	0,42	6,22	1,16
1545-508	2,08	2,60	4,45	11,96	4,71	105,35	0,05	1,43	0,42	3,33	1,31
1545-509	2,17	3,03	5,47	12,95	8,50	68,81	0,07	1,61	0,49	2,50	1,69
1545-510	1,73	4,55	7,70	15,74	14,76	52,07	0,08	1,55	0,22	9,72	0,79
1545-511	1,94	3,39	5,23	12,86	6,02	157,71	0,07	1,62	0,47	5,17	1,42
1545-512	1,43	8,09	11,24	14,87	15,18	333,31	0,18	1,36	0,47	13,06	0,42
1545-513	1,57	5,02	6,90	12,27	8,88	109,17	0,10	1,37	0,39	4,43	0,79
1545-514	2,00	7,11	8,71	17,84	17,24	47,18	0,13	1,27	0,28	11,09	0,46
1545-515	2,03	6,50	10,69	18,84	20,81	67,93	0,12	1,47	0,28	13,15	0,73
1545-516	1,73	2,98	5,19	13,76	7,87	73,42	0,06	1,66	0,53	3,85	1,91
1545-517	1,81	5,37	7,47	17,35	11,43	82,75	0,09	1,37	0,32	6,76	1,01
1545-518	1,84	4,21	10,41	13,40	10,18	46,34	0,08	0,98	0,27	7,66	0,68
1545-519	1,87	3,40	5,99	15,61	10,75	58,01	0,09	0,96	0,43	5,92	1,36
1545-520	1,44	4,45	8,38	12,73	12,80	55,60	0,11	0,85	0,19	10,04	0,20
1545-521	1,46	5,19	4,35	6,61	9,03	34,95	0,16	0,68	0,34	9,69	0,20
1545-522	3,30	5,47	9,02	19,79	14,32	84,31	0,08	2,66	0,62	3,47	2,48
1545-523	1,55	3,84	6,62	12,04	10,23	38,24	0,08	0,98	0,24	5,85	0,88
1545-524	2,12	6,34	8,76	11,45	18,61	61,15	0,15	1,33	0,43	6,05	0,82
1545-525	1,65	7,70	11,35	18,12	18,75	62,76	0,12	0,85	0,35	6,94	0,60
1545-526	2,17	2,66	7,57	7,83	28,39	63,61	0,06	1,34	0,42	2,15	0,87
1545-527	1,77	3,35	7,88	17,04	9,86	69,01	0,08	1,42	0,41	3,00	1,39
1545-528	1,42	3,67	11,65	18,94	10,97	78,78	0,06	0,81	0,23	4,50	1,30
1545-529	1,61	2,46	5,19	10,65	8,94	40,65	0,05	0,99	0,42	1,78	1,25
1545-530	1,83	3,39	7,34	12,83	13,60	46,13	0,07	1,38	0,29	4,20	1,41
1545-531	1,88	4,29	12,94	28,03	15,23	75,93	0,09	1,78	0,22	6,80	0,98
1545-532	1,61	4,25	6,19	11,84	6,02	73,69	0,09	0,88	0,24	6,39	0,88
1545-533	1,89	2,27	5,00	12,19	5,94	106,82	0,08	3,79	0,34	3,66	1,16
1545-534	1,78	3,77	12,60	13,14	17,17	660,37	0,09	2,18	0,43	10,26	1,18
1545-535	1,93	2,79	5,63	9,72	7,57	149,63	0,06	1,36	0,37	3,60	1,44
1545-536	2,68	2,72	5,49	10,72	9,27	172,18	0,08	2,34	0,67	1,85	1,46
1545-537	2,44	4,44	3,69	4,33	19,32	107,01	0,73	4,86	0,89	12,75	0,61

ID	Mo	Ag	Cd	Sn	Ba	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb
1545-501	0,19	0,07	0,08	0,23	151,83	15,83	69,32	11,10	2,10	11,40	1,53
1545-502	0,22	0,11	0,06	0,20	82,57	9,72	42,44	6,97	1,24	7,09	0,95
1545-503	0,11	0,26	0,17	0,09	59,46	12,57	56,95	9,37	1,67	10,25	1,48
1545-504	0,21	0,07	0,08	0,23	63,47	8,79	39,47	6,12	0,99	6,01	0,76
1545-505	0,35	0,08	0,10	0,16	69,21	6,74	31,06	4,80	0,81	5,58	0,66
1545-506	0,53	0,11	0,23	0,15	83,84	5,64	24,01	3,99	0,68	4,37	0,55
1545-507	0,55	0,22	0,35	0,25	70,51	9,21	42,82	6,75	1,13	7,39	0,92
1545-508	0,33	0,23	0,13	0,15	46,01	5,46	18,67	3,72	0,62	3,76	0,47
1545-509	0,34	0,12	0,12	0,14	67,00	5,93	22,12	4,06	0,73	4,25	0,55
1545-510	0,26	0,30	0,14	0,19	85,75	7,41	33,83	5,27	0,92	5,82	0,70
1545-511	0,34	0,55	0,14	0,20	55,19	6,85	29,84	4,71	0,83	4,98	0,61
1545-512	2,61	0,12	1,33	0,26	76,84	17,59	71,48	11,73	2,17	12,56	1,63
1545-513	0,25	0,21	0,19	0,16	63,79	9,70	43,89	6,96	1,41	7,48	0,95
1545-514	0,15	0,07	0,07	0,22	89,30	11,44	53,06	8,60	1,53	8,84	1,19
1545-515	0,25	0,09	0,10	0,22	109,58	9,05	41,90	6,65	1,18	6,79	0,89
1545-516	0,43	0,34	0,20	0,12	48,66	5,60	28,15	4,20	0,70	5,04	0,59
1545-517	0,36	0,19	0,14	0,30	36,91	7,59	36,58	5,40	0,90	6,63	0,76
1545-518	0,25	0,07	0,08	0,19	47,97	8,36	34,62	5,64	0,92	5,59	0,73
1545-519	0,33	0,15	0,08	0,16	40,54	8,00	33,52	5,20	0,84	5,22	0,67
1545-520	0,15	0,05	0,13	0,17	88,20	9,35	41,16	6,60	1,09	6,75	0,86
1545-521	0,09	0,13	0,15	0,06	38,01	20,12	76,73	10,95	2,12	9,96	1,08
1545-522	0,54	0,10	0,23	0,17	110,59	7,30	27,31	5,20	0,93	5,11	0,70
1545-523	0,17	0,05	0,11	0,18	52,25	7,51	32,60	5,29	0,82	5,32	0,69
1545-524	0,25	0,08	0,13	0,21	89,09	14,61	68,14	10,04	1,89	9,89	1,23
1545-525	0,15	0,06	0,07	0,21	93,84	11,80	53,33	8,24	1,51	8,35	1,06
1545-526	0,56	0,29	0,11	0,19	64,27	5,59	21,89	3,75	0,68	4,27	0,58
1545-527	0,39	0,06	0,12	0,11	48,17	6,54	30,65	5,16	0,86	5,70	0,72
1545-528	1,94	0,04	0,16	0,17	57,73	4,38	18,04	3,30	0,59	4,03	0,48
1545-529	0,31	0,08	0,11	0,07	37,56	5,17	18,70	3,49	0,56	3,80	0,47
1545-530	0,35	0,08	0,14	0,12	43,24	6,34	23,57	4,46	0,77	4,74	0,62
1545-531	0,30	0,07	0,12	0,23	73,76	7,68	37,32	5,50	0,93	6,17	0,75
1545-532	0,63	0,12	0,13	0,19	78,51	7,53	33,66	5,40	0,88	5,57	0,74
1545-533	0,63	0,23	0,16	0,11	29,94	4,28	15,23	2,76	0,46	3,15	0,38
1545-534	2,07	0,44	1,02	0,25	28,62	7,81	36,10	5,94	0,97	6,11	0,80
1545-535	0,95	0,17	0,32	0,12	38,79	6,62	24,36	4,04	0,65	4,15	0,51
1545-536	0,62	0,63	0,32	0,15	61,50	7,32	32,05	5,29	0,91	5,51	0,70
1545-537	1,60	2,14	0,34	0,13	27,26	8,59	36,68	6,16	1,09	6,29	0,80

ID	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	W	Tl	Pb	Bi	Th	U
1545-501	8,14	1,61	4,82	0,65	4,29	0,62	0,09	0,67	16,09	0,10	20,65	1,87
1545-502	5,24	1,08	3,15	0,42	2,65	0,37	0,06	0,22	10,07	0,07	13,18	1,43
1545-503	8,64	1,89	5,93	0,86	5,82	0,88	0,06	0,27	14,26	0,17	19,32	2,07
1545-504	4,00	0,77	2,30	0,30	1,96	0,28	0,05	0,44	13,38	0,10	17,66	1,55
1545-505	3,45	0,70	2,09	0,28	1,81	0,27	0,05	0,24	12,61	0,09	10,95	1,17
1545-506	2,83	0,55	1,63	0,22	1,36	0,19	0,06	0,40	14,42	0,10	8,74	1,20
1545-507	5,06	1,01	3,00	0,41	2,68	0,38	0,06	0,42	35,59	0,12	16,74	1,74
1545-508	2,42	0,44	1,25	0,16	1,04	0,14	0,05	0,36	15,65	0,10	7,87	1,25
1545-509	2,97	0,56	1,63	0,22	1,40	0,19	0,06	0,26	16,05	0,11	9,53	1,12
1545-510	3,69	0,72	2,15	0,29	1,87	0,26	0,05	0,39	19,48	0,09	13,01	1,34
1545-511	3,16	0,61	1,80	0,24	1,58	0,22	0,05	0,25	33,06	0,11	10,40	1,16
1545-512	9,05	1,83	5,43	0,73	4,80	0,70	0,05	0,65	19,23	0,13	20,36	8,09
1545-513	5,16	1,06	3,19	0,43	2,80	0,39	0,05	0,36	15,52	0,15	14,82	1,43
1545-514	6,54	1,35	4,09	0,56	3,76	0,56	0,04	0,22	9,95	0,11	13,43	1,51
1545-515	4,82	0,94	2,80	0,38	2,46	0,36	0,04	0,96	18,69	0,11	14,73	1,61
1545-516	3,17	0,61	1,74	0,23	1,48	0,20	0,05	0,34	17,03	0,10	11,34	1,17
1545-517	4,07	0,79	2,35	0,32	2,09	0,29	0,05	0,30	9,85	0,10	12,82	1,75
1545-518	3,78	0,76	2,24	0,30	1,96	0,29	0,04	0,37	9,37	0,08	11,84	1,60
1545-519	3,59	0,71	2,14	0,28	1,87	0,27	0,04	0,26	8,48	0,08	10,37	1,54
1545-520	4,68	0,90	2,71	0,36	2,37	0,35	0,03	0,25	7,62	0,06	11,67	0,87
1545-521	5,18	0,99	3,05	0,42	2,71	0,40	0,03	0,16	11,25	0,10	33,49	2,72
1545-522	3,68	0,71	2,03	0,27	1,76	0,24	0,06	0,37	16,91	0,15	8,77	1,91
1545-523	3,70	0,74	2,20	0,30	1,98	0,28	0,03	0,24	8,74	0,06	10,16	1,18
1545-524	6,44	1,27	3,67	0,47	3,03	0,44	0,04	0,37	19,63	0,09	21,37	1,70
1545-525	5,68	1,12	3,41	0,46	3,00	0,42	0,04	0,15	12,71	0,08	15,86	1,68
1545-526	3,51	0,76	2,31	0,33	2,20	0,31	0,03	0,31	34,99	0,15	10,66	1,39
1545-527	4,07	0,80	2,38	0,33	2,15	0,29	0,04	0,30	18,92	0,08	9,79	1,37
1545-528	2,71	0,55	1,63	0,23	1,52	0,21	0,04	0,40	13,46	0,07	9,95	1,26
1545-529	2,48	0,49	1,43	0,19	1,23	0,18	0,04	0,24	8,61	0,06	6,70	0,92
1545-530	3,27	0,64	1,90	0,26	1,60	0,23	0,04	0,40	10,72	0,08	10,38	1,07
1545-531	4,02	0,80	2,32	0,31	2,02	0,30	0,05	0,46	22,77	0,10	13,51	1,44
1545-532	3,99	0,81	2,46	0,34	2,21	0,32	0,05	0,66	16,14	0,09	11,97	5,82
1545-533	2,01	0,40	1,21	0,16	1,07	0,15	0,04	2,50	34,18	0,08	8,20	1,05
1545-534	4,26	0,84	2,47	0,33	2,09	0,30	0,04	4,01	404,43	0,09	13,81	2,12
1545-535	2,64	0,49	1,41	0,18	1,15	0,16	0,05	0,38	40,01	0,09	11,85	1,46
1545-536	3,55	0,65	1,81	0,23	1,43	0,20	0,04	0,93	55,26	0,17	10,41	1,60
1545-537	4,21	0,79	2,26	0,29	1,74	0,23	0,04	16,06	194,75	0,14	14,71	3,38