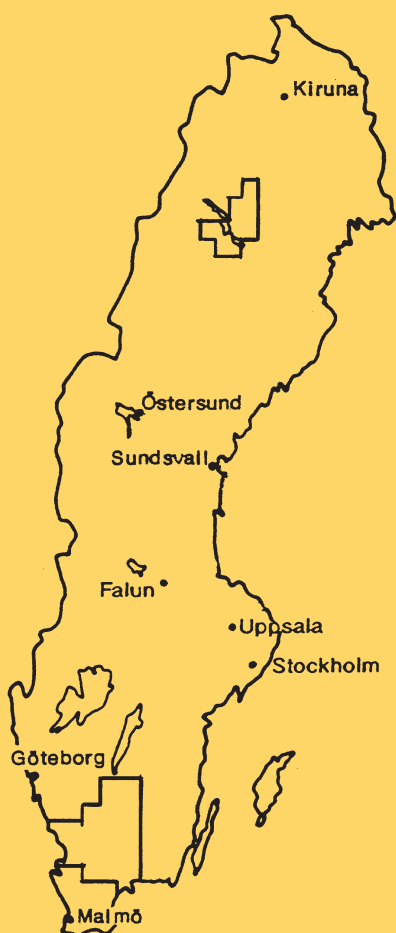


# Markgeokemiska kartan

i södra Norrbottens inland,  
västra Småland och södra Halland



Markgeokemisk karta i skala 1:1 miljon över områdena  
24H NO, 25 H SV/SO, 24 I NV, 25 I, 26 I SV/SO, NO  
och 3 D NV/NO, 3 E, 4 C-E, 5 C SV/SO,  
5 D-E, 6 D NO/SO, 6 E

Aluminium	(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Litium	(Li)
Arsenik	(As)	Magnesium	(MgO)
Barium	(BaO)	Mangan	(MnO)
Beryllium	(Be)	Natrium	(Na <sub>2</sub> O)
Bly	(Pb)		
Fosfor	(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Nickel	(Ni)
Guld	(Au)	Strontium	(Sr)
Järn	(Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Svavel	(S)
Kalcium	(CaO)	Titan	(TiO <sub>2</sub> )
Kalium	(K <sub>2</sub> O)	Vanadin	(V)
Kisel	(SiO <sub>2</sub> )	Zink	(Zn)
Kobolt	(Co)	Zirkonium	(Zr)
Koppar	(Cu)		
Krom	(Cr)	pH, försurningsresistens, lakbarhet samt prognoskarta för baskatjonbildning.	

I kapitlet MARKKEMISKA VARIABLER redovisas bl.a. basmättnadsgrad, katjonbyteskapacitet och kvoten baskatjoner/aluminium från delar av Norrland och Götaland.

Madelen Andersson, Per Johansson och Kaj Lax

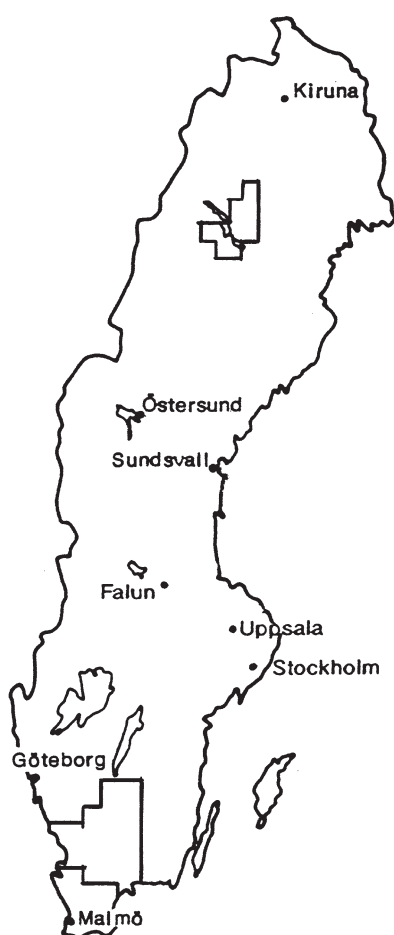
**SGU**  
Sveriges Geologiska Undersökning

Uppsala 1997



## Markgeokemiska kartan

i södra Norrbottens inland,  
västra Småland och södra Halland



Markgeokemisk karta i skala 1:1 miljon över områdena  
24H NO, 25 H SV/SO, 24 I NV, 25 I, 26 I SV/SO, NO  
och 3 D NV/NO, 3 E, 4 C-E, 5 C SV/SO,  
5 D-E, 6 D NO/SO, 6 E

Aluminium	(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Litium	(Li)
Arsenik	(As)	Magnesium	(MgO)
Barium	(BaO)	Mangan	(MnO)
Beryllium	(Be)	Natrium	(Na <sub>2</sub> O)
Bly	(Pb)		
Fosfor	(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Nickel	(Ni)
Guld	(Au)	Strontium	(Sr)
Järn	(Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Svavel	(S)
Kalcium	(CaO)	Titan	(TiO <sub>2</sub> )
Kalium	(K <sub>2</sub> O)	Vanadin	(V)
Kisel	(SiO <sub>2</sub> )	Zink	(Zn)
Kobolt	(Co)	Zirkonium	(Zr)
Koppar	(Cu)		
Krom	(Cr)		

pH, försurningsresistens, lakbarhet samt prognoskarta för baskatjonbildning.

I kapitlet MARKKEMISKA VARIABLER redovisas bl.a. basmättnadsgrad, katjonbyteskapacitet och kvoten baskatjoner/aluminium från delar av Norrland och Götaland.

Madelen Andersson, Per Johansson och Kaj Lax

**SGU**  
Sveriges Geologiska Undersökning

Uppsala 1997

ISSN 0349-2176  
ISBN 91-7158-561-3

© Sveriges Geologiska Undersökning

Tryck: Wikströms Tryckeri AB, Uppsala 1997

## Innehållsförteckning

Geokemisk kartering vid SGU .....	4
Användning av de markgeokemiska kartorna .....	4
Provtypen morän .....	5
Metodik .....	5
Elementens förekomst och rörlighet .....	9
De kemiska elementen i näringskedjan .....	11
Undersökningsområde 24–26, H–I .....	12
Berggrund .....	12
Malmer och mineraliseringar .....	13
Kvartär utveckling .....	14
Elementens förekomst och associationer .....	15
Översiktskarta .....	17
Färgkartor, södra Norrbotten .....	18
Färgkartor, västra Götaland .....	34
Undersökningsområde 3–6, B–E .....	66
Berggrund .....	66
Kvartär utveckling .....	69
Elementens förekomst och associationer .....	71
Exempel på cirkelkartor .....	75
Markkemiska variabler .....	76
Referenser .....	86
Summary .....	87

**Rättelse:** Texten på elementkartornas färgsidor är korrekt för analysmetod XRF. Däremot är texten felaktig på kartor som baseras på analysmetoderna ICP och AAS. Dessa kartor visar det syralösliga innehållet av respektive element, ej totalinnehållet.

## GEOKEMISK KARTERING VID SGU

Föreliggande rapport utgör sjunde delen i en presentation av markens naturliga innehåll av grundämnen i Sverige, samt surhetsgraden mätt som pH. Rapporten omfattar två undersökningsområden, ett nordligt som utgörs av kartbladen 24H Sorsele NO, 24I Storavan NV, 25H Arjeplog SV, SO, 25I Stensund samt 26I Luvos SV, SO och NO. Detta område kallas hädanefter i korthet 24-26, H-I. Det andra området, i söder, utgörs av kartbladen 3D Kristianstad NV, NO, 3E Karlshamn, 4C Halmstad, 4D Markaryd, 4E Tingsryd, 5B Varberg SO, 5C Ullared SV, SO, 5D Värnamo, 5E Växjö, 6D Gislaved NO, SO och 6E Nässjö. Fortsättningsvis kallas detta område 3-6, B-E.

Kartor över de kemiska parametrarna baseras på moränprover tagna på ca 1 meters djup och analyserade på finfraktionen (< 0.06 mm). Alla mätvärden lagras tillsammans med koordinater i en lättåtkomlig databank. Analoga eller digitala data och/eller kartor tillhandahålls efter begäran från SGUs kundtjänst.

Rapporten innehåller utdrag ur den geokemiska databasen, och den markgeokemiska informationen har tagits fram för detta ändamål med syftet att visa enskilda grundämnens regionala frekvens och distribution.

Den geokemiska karteringen vid SGU bedrivs i syfte att visa fördelning av huvudämnen och spårämnen i mark och vatten. Två typer av provtagningsmaterial används för att åskådliggöra detta. Den ena är oorganisk och utgörs i huvudsak av morän, som avspeglar markens naturliga kemiska sammansättning. Karteringstypen kallas markgeokemisk kartering och täcker hittills stora delar av Götaland och Norrland, se karta på sidan 17?

Den andra provtypen är organisk och utgörs av bäckvattenväxter, som visar biotillgängligheten av lösta metaller i det vatten som omflyter växterna. Kartering med den senare provtypen, kallas biogeokemisk kartering.

Ansvariga för rapportens norra del är Kaj Lax, för den södra Per Johansson och Madelen Andersson. För avsnittet med markkemiska variabler ansvarar Madelen Andersson. Mikael Carlsson har varit dataansvarig och även framställt kartorna. Fackgranskning har gjorts av kollegor vid SGU; Benno Kathol, Carl-Henrik Wahlgren, John Ek, Lars-Ove Lång och Tore Påsse.

## ANVÄNDNING AV DE MARKGEOKEMISKA KARTORNA

Markgeokemiska data används bland annat inom prospektering, miljöövervakning, markforskning, skogsbruk, kommunal planering och medicinsk forskning. Med teman som malmlätning, försurning, recipientskydd och förorenad mark anpassas kartor och information till olika relevanta verksamhetsområden.

Kartorna som visar den naturliga förekomsten av grundämnen i marken, ger information om halter av huvudkomponenter och spårämnen i miljön med avseende på det geologiska ursprunget. Förekomst och spridningsmönster bildar olika geokemiska provinser i en region, man kan säga att den geokemiska statusen varierar. 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. Andra regioner kan i stället visa att de nyttiga ämnena förekommer med låga halter och/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 gläder malmprospekteringen, men kan också, speciellt i låga pH-regioner, betyda att skadliga tungmetaller läcker ut till grundvattnet. Låga halter av ett spårämne i marken, indikerar att en bristsituation på det nyttiga ämnet kan uppstå eller redan råder.

## PROVTYPEN MORÄN

Jordarten morän täcker berggrunden över så gott som hela Sverige. Moränen har generellt sett avsatts av inlandsisen för ca 14 000 (i söder) till ca 8 500 (i norr) år sedan. Isen var den hyvel som skrapade loss material från berggrunden och transporterade iväg det nybrutna materialet, ibland tillsammans med gamla jordarter. Det finns dock gott om avvikelser från denna generella syn på moränens ålder och bildningssätt.

Tre huvudtyper av morän förekommer: basalt deponerad morän, utsmältningsmorän samt flytmorän. Basalt deponerad morän avsätts under en aktiv glaciär 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. Inom undersökningsområdena kan 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 sägas ha samma egenskaper som utsmältningsmorän.

Normalt har en basalt deponerad morän en jämn eller regelbundet strömlinjeformad övertya. Utsmältningsmoräner och flytmoräner bildar ett mer oregelbundet småkulligt landskap. En basalt avsatt morän är ofta massiv till sitt utseende och saknar strukturer. Utsmältningsmorän och flytmorän innehåller däremot 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 urtvättningen av finmaterial och tunga mineral så utpräglad.

## METODIK

### Provtagning

För karteringsändamål insamlas moränproverna med kriterierna att de ska vara representativa för regionen och att om möjligt tillhöra typen sandig eller sandig siltig morän.

Topografiska kartor i skala 1:50 000 (1:100 000 i Norrlands inland) används för att lägga ut ett rutnät med tämligen jämn fördelning av proverna och vinkelrätt mot de isrörelseriktningar som finns dokumenterade. 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, växtrötter, djup markprofil etc. Provet tas sedan ett stycke ner i C-horisonten genom att material slås loss på några ställen i gropens botten. Analyserna från dessa prover utgör därför en homogen och jämförbar statistisk population, där förutsättningarna för grundämnenas haltvariation bygger på olikheter i ursprunglig kemisk sammansättning.

Om markprofil eller svallkappa är för mäktig för att grävas genom, där håll påträffas nära markytan eller där materialet är för blött för att kunna provtas, flyttas provpunkten. Provdjupet varierar efter förhållandena men är normalt 0.7–1.2 meter.

## Provberedning

Proverna frystorkas och siktas på nylonsikt med 0.06 mm maskvidd. Anledning till fraktionering av prov före analys, är att den så kallade finfraktionen (< 0.06 mm) så gott som uteslutande innehåller monomineralkorn. Grövre fraktioner består av dubbelkorn, vilket ökar haltvariationen vid upprepade provtagning och analys. Det är därmed betydligt svårare att ta representativa prover och att få reproducerbarhet i analyserna. Fraktionen behöver inte heller malas före analys, vilket kan ge oönskad kontaminering av proven.

I samband med siktningen testas samtliga prover med saltsyra (HCl) för att detektera eventuellt kalkinnehåll. Fraktionerna över 0.06 mm samt den mängd material < 0.06 mm som inte behövs för analysen, sparas i en provbank för eventuella framtida analyser.

## Analysering

Proverna analyseras med röntgenfluorescens (XRF), varvid totalhalter från drygt 30 ämnen erhålls. Dessutom görs en partiell lakning av proverna med kungsvatten, och den lösta delen av provet analyseras med plasmateknik (ICP-ES). Med denna analysmetod erhålls också ett trettio-tal ämnen. Guldanalyser görs med grafitugn och atomabsorption (GF-AAS). Tabell 1 visar några av de analyserade elementen samt deras lägsta detekterbara halt.

Ca 15% av de insamlade proverna uppslammats i avjoniserat vatten och pH-bestäms. Med ytterligare en pH-mätning efter tillsättning av vätejoner i form av utspädd svavelsyra (0.005 M), beräknas provets förmåga att motstå surt markvatten, d.v.s. dess buffertkapacitet eller försurningsresistens. Det är viktigt att notera att pH ligger 0.5 - 1 enhet lägre i fraktionen < 0.06 mm, jämfört med pH mätt i fraktionen < 2 mm. Detta beror troligen på att den finare fraktionen innehåller fler partiklar per gram torkat prov vilket därigenom ger en större sammanlagd partikelyta. Det är vid markpartiklarna de vätejoner har adsorberats, som man mäter i det uppslammade provet. Fler vätejoner medför alltså lägre pH-värde.

Vid all hantering av stora analysmängder är en omfattande kvalitetskontroll nödvändig. För att få jämförbara resultat år från år i det fortlöpande analysarbetet finns därför kontrollprover inlagda.

**Tabell 1.** Några av de analyserade elementen samt detektionsgränser.

*Table 1. Some of the analyzed elements with detection limits.*

AAS:	Au	1	ppb						
ICP:	Be	0.2	ppm	La	2	ppm	Li	5	ppm
XRF:	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.05	%	Na <sub>2</sub> O	0.03	%	Cu	2	ppm
	BaO	0.005	%	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.005	%	Mo	2	ppm
	CaO	0.01	%	SiO <sub>2</sub>	0.05	%	Nb	10	ppm
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.01	%	TiO <sub>2</sub>	0.005	%	Ni	5	ppm
	K <sub>2</sub> O	0.01	%	As	10 (5)	ppm	Pb	10	ppm
	MgO	0.02	%	Co	5	ppm	Rb	10	ppm
	MnO	0.005	%	Cr	5	ppm	S	50	ppm
							Sr	10	ppm
							U	5	ppm
							V	10	ppm
							W	10	ppm
							Y	10	ppm
							Zn	2	ppm
							Zr	20	ppm

## Kartor

I föreliggande rapport redovisas en del av analysparametrarna i form av ett trettio-tal singelelementkartor i färg. I kartskala 1 : 1 miljon visas totalhalter av ett tjugotal huvud- och spårämnen, kungsvattenlösta halter av några spårämnen, guldhalter, samt pH, prognoskarta för baskatjonbildning, försurningsresistens och lakbarhet för aluminium. Ytterligare några ämnen, lakbarheter och kvotkarta för kalcium/strontium visas i mindre skala. De båda kartområdena är ej exakt

lika vad avser antal elementkartor i denna rapport. För metallerna arsenik, guld, koppar, bly, zink, kobolt, nickel, krom och vanadin, framställs dessutom svartvita cirkelkartor i skala 1 : 250 000 (förminskat exempel på sid. 75).

Ovanstående kartskalor är standard vid publicering. Vid behov ombesörjs även kartframställning i andra skalor, för andra ämnen eller kombinationer av ämnen. Dessa kan beställas via Kundtjänst på SGU.

Färgkartorna är gjorda efter att de geografiskt oregelbundet placerade analysvärdena gjorts om till ett regelbundet punktnät (grid) med interpolerade värden. Dessa gridvärden anges i respektive legenders klassindelning och skiljer sig därför något från de erhållna analysvärden som redovisas i tabell 2. Klassindelningar med percentiler på färgkartorna grundar sig på respektive områdes insamlade prover som för 24–26, H–I är 891 st. Undersökningsområde 3–6, B–E har ett analysunderlag på 2787 prov.

Kartorna över pH och försurningsresistens framställs i form av cirkelkartor, där varje indelad klass tilldelas en fylld cirkel.

På cirkelkartorna enligt ovan, anges provpunktens geografiska läge med ämnets halt angiven intill. De 40 % högsta värdena omfattas av cirkelsymboler med ökande diameter ju högre halt som uppmätts (guldkartornas indelning följer ej denna mall). I tabell 2 ges jämförande percentiler för de aktuella kartområdena, respektive rikets percentilindelning. *Riket* avser samtliga prov insamlade t.o.m. 1994 såväl i söder som i norr.

**Tabell 2.** Percentiler i %, ppm (mg/kg) eller ppb (mikrogram/kg), för element inom karteringsområde 24-26, H-I (891 prov, för pH 175 st), 3-6, B-E (2787 prov, för pH 519 st), och för hela den fram t.o.m. 1994 karterade arealen i riket (ca 15 900 st, för pH 2434 st), *kursiv stil*.

**Table 2.** Percentiles in %, ppm or ppb for the elements in north, south and in the so far mapped area in the country.

Element sort	Område	10:e perc.	30	50	60	70	80	90	95	99	max
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	<b>24-26 H-I</b>	13.0	14.1	14.8	15.1	15.5	16.0	16.8	18.0	20.1	22.8
	<b>3-6 B-E</b>	11.9	12.8	13.4	13.7	14.1	14.5	15.0	15.5	17.2	31.9
	<i>Riket</i>	<i>11.9</i>	<i>13.0</i>	<i>13.8</i>	<i>14.2</i>	<i>14.6</i>	<i>15.1</i>	<i>15.9</i>	<i>16.5</i>	<i>18.0</i>	<i>31.9</i>
As ppm		8	11	13	14	15	16	18	20	27	84
		<5	<5	<5	<5	5	6	8	10	12	23
Au ppb		<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1	5	10
		<1	<1	<1	<1	<1	<1	2	3	11	485
BaO %		0.050	0.058	0.067	0.071	0.076	0.081	0.089	0.095	0.114	0.131
		0.063	0.070	0.074	0.077	0.079	0.083	0.089	0.095	0.104	0.144
		<i>0.044</i>	<i>0.051</i>	<i>0.058</i>	<i>0.063</i>	<i>0.068</i>	<i>0.073</i>	<i>0.080</i>	<i>0.086</i>	<i>0.100</i>	<i>0.216</i>
Be ppm		0.4	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1	1.5	3.4
		<0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	1.2	3.6
		<i>0.2</i>	<i>0.3</i>	<i>0.4</i>	<i>0.5</i>	<i>0.5</i>	<i>0.6</i>	<i>0.8</i>	<i>1.0</i>	<i>1.4</i>	<i>3.9</i>
CaO %		1.6	1.9	2.1	2.3	2.4	2.6	2.8	3.1	3.6	4.5
		1.8	2.2	2.4	2.5	2.6	2.8	3.0	3.2	4.0	55.0
		<i>1.3</i>	<i>1.9</i>	<i>2.1</i>	<i>2.2</i>	<i>2.3</i>	<i>2.5</i>	<i>2.7</i>	<i>2.9</i>	<i>3.5</i>	<i>55.0</i>
Co ppm		17	20	22	23	24	26	30	32	37	45
		13	16	18	19	21	23	27	29	37	64
		<i>13</i>	<i>16</i>	<i>19</i>	<i>20</i>	<i>22</i>	<i>24</i>	<i>27</i>	<i>30</i>	<i>36</i>	<i>93</i>

Tab. 2, forts.

Cr	29	36	45	50	54	60	75	84	102	197
ppm	21	26	31	34	39	46	57	68	103	291
	24	36	48	54	60	68	80	93	127	389
Cu	7	10	13	15	17	20	26	34	51	98
ppm	5	7	10	11	13	15	20	25	38	157
	6	10	14	16	19	22	28	34	52	400
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.2	3.7	4.1	4.2	4.5	4.8	5.4	5.8	7.2	9.5
%	2.5	2.8	3.2	3.4	3.7	4.1	4.6	5.1	6.4	12.1
	2.4	3.0	3.6	3.9	4.2	4.6	5.2	5.8	7.0	15.4
K <sub>2</sub> O	2.5	2.9	3.1	3.2	3.3	3.4	3.6	3.7	4.2	5.1
%	2.6	2.9	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.7	4.1	6.0
	2.4	2.7	3.0	3.1	3.2	3.3	3.6	3.8	4.2	6.0
Li	7	10	12	13	14	17	21	26	39	71
ppm	2	3	4	5	6	8	10	12	20	42
	4	7	11	13	15	18	23	28	41	98
MgO	0.9	1.2	1.4	1.5	1.6	1.7	2.0	2.2	2.5	3.0
%	0.6	0.8	1.0	1.1	1.2	1.4	1.7	1.9	2.6	4.5
	0.7	1.0	1.3	1.4	1.5	1.7	1.9	2.2	2.8	7.9
MnO	0.056	0.063	0.069	0.071	0.074	0.078	0.084	0.091	0.113	0.159
%	0.044	0.054	0.062	0.067	0.073	0.080	0.091	0.100	0.132	0.309
	0.039	0.048	0.055	0.060	0.065	0.073	0.084	0.098	0.151	1.124
Na <sub>2</sub> O	2.3	2.8	3.0	3.1	3.3	3.4	3.5	3.6	3.8	4.0
%	2.4	2.9	3.2	3.4	3.5	3.6	3.8	4.0	4.2	4.7
	1.9	2.3	2.6	2.8	2.9	3.2	3.4	3.6	4.0	4.7
Ni	9	12	15	16	17	19	25	29	38	65
ppm	7	9	11	12	14	16	19	22	33	86
	8	12	16	18	21	24	30	36	51	204
Pb	19	22	25	27	30	34	39	50	86	311
ppm	17	19	20	21	22	24	26	29	37	358
	18	21	23	25	26	28	32	37	57	543
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.20	0.24	0.26	0.27	0.29	0.30	0.33	0.36	0.42	0.53
%	0.19	0.23	0.25	0.27	0.29	0.31	0.34	0.38	0.48	1.13
	0.16	0.21	0.24	0.25	0.27	0.29	0.32	0.36	0.48	1.97
S	108	117	132	143	158	189	247	304	704	3128
ppm	131	159	188	211	243	291	392	520	989	3178
	102	127	161	185	222	277	393	534	1109	29494
SiO <sub>2</sub>	60	66	68	69	71	73	74	76	77	79
%	61	65	68	69	71	72	74	76	80	84
	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sr	137	157	170	175	181	187	198	204	218	229
ppm	173	201	227	242	255	270	290	306	344	664
	110	141	171	184	198	222	260	287	339	664
TiO <sub>2</sub>	0.67	0.75	0.81	0.84	0.88	0.92	0.99	1.04	1.16	1.91
%	0.55	0.63	0.68	0.72	0.76	0.81	0.89	0.97	1.21	1.80
	0.55	0.66	0.74	0.78	0.83	0.89	0.97	1.04	1.18	2.60
V	39	50	58	62	66	72	90	104	130	215
ppm	41	47	53	57	61	67	75	83	106	269
	38	48	56	60	66	73	84	96	125	467
Zn	50	60	68	72	77	83	95	110	143	413
ppm	25	32	39	44	49	56	69	84	115	231
	29	41	50	55	61	68	80	91	129	2165
Zr	401	451	497	522	551	588	653	696	876	1206
ppm	468	539	605	643	683	726	796	855	990	2231
	330	403	466	505	549	609	702	777	942	2231
pH	5.0	5.2	5.4	5.5	5.6	5.7	5.9	6.0	6.2	6.4
	4.6	4.8	4.9	5.0	5.1	5.2	5.5	5.9	8.0	8.2
	4.7	4.9	5.2	5.3	5.4	5.6	5.8	6.1	7.9	8.4

## ELEMENTENS FÖREKOMST OCH RÖRLIGHET

**Geologiska förutsättningar**

Berggrundens kemiska sammansättning varierar beroende på de ingående bergarternas sammansättning och proportioner. Halterna av tungmetaller är jämförelsevis låga i de sura kiselsyrarika bergarter som dominerar den svenska berggrunden. I basiska bergarter, t ex grönstenar, finns däremot högre innehåll av bl a kobolt, koppar, krom och nickel. Finns skifferinslag blir halterna ofta mycket höga för en del spårämnen, t.ex. uran. I tabell 3 visas en del bergartstyper och element förknippade med dessa.

**Tabell 3.** Bergartstyper med associerade element.

*Table 3. Rock types with associated elements.*

Bergarter	Förhöjda halter
Graniter	K <sub>2</sub> O, Mo, Pb, Sn, W
Sura vulkaniska bergarter (porfyrier m.fl.)	Ag, As, Cd, Cu, Hg, Pb, Se, Zn
Basiska bergarter (grönstenar m.fl.)	MgO, Co, Cr, Cu, Ni, TiO <sub>2</sub> , V
Skifferar	Ag, As, Au, Cd, Co, Cu, Mo, Ni, Pb, Se, U, 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 ett surt berggrundsområde har en ovanliggande morän med inslag av gynnsamma bergarter. Kartbilden får då mindre områden med högre halter av t.ex. magnesium i en annars magnesiumlåg region.

Tilläggs kan, att man med sura bergarter menar att bergarten har hög halt av kiselsyra, inte att bergarten har låga pH-värden. Ren finmald kvarts, som ju är extremt kiselsyrarik, har oftast höga pH-värden.

**Markprocesser**

När bergarterna omlagrats till morän ökar dess vittringsförmåga p.g.a. ökad exponerad angreppsyta på mineralpartiklarna. När mineralpartiklar i jord och berg vittar frigörs element. En del av dem kommer att delta i buffringssystemen som påverkar mark- och grundvatten. Andra transporteras med vattnet och deltar i det naturliga kretsloppet. I tabell 4 visas schematiskt hur olika bergarter vittar och vilka effekter man får på vattnet.

**Faktaruta: Vattnets rörelser i marken**

Allt vatten i marken är inte grundvatten. Markvattnet är det vatten som befinner sig nära markytan, där jorden inte är vattenmättad utan porerna även innehåller luft. Det är från markvattnet som växterna hämtar sin näring. Detta vatten rör sig sakta ner till grundvattnet, som helt fyller alla jordporer. Övergången mellan markvatten och grundvatten kallas grundvattenyta. När grundvattenytan når markytan uppstår en sjö eller ett vattendrag.

**Tabell 4.** Olika bergarters relativa vittringsförmåga och påverkan på grundvattnet.  
**Table 4.** *Weathering capacity for some rock types and the influence on groundwater.*

Vittringshastighet	Bergart	Mark och grundvatten
långsam	sandsten och kvartsit porfyr röda gnejser och graniter grå gnejser och graniter grönstenar	surt
snabb	kalksten	hårt

Om markens buffringsförmåga är låg sjunker pH när försurande vätejoner tillförs, antingen via naturliga processer eller antropogen försurning. När pH sjunker ökar urlakningen av näringsämnen, aluminium och vissa tungmetaller, t.ex. kadmium, och dessa transporteras ut i vattendragen. Andra ämnen som fosfor och molybden binds 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 av underordnad betydelse. Detta beror på att även om granit och gnejs innehåller kalciummineral, t.ex. plagioklas, är vittringsbenägenheten sämre. Sjunker pH under 4.5 sker buffringen med aluminiumjoner som då istället tillförs markvattnet, ofta tillsammans med bl.a. kadmium, nickel, mangan och zink.

Vertikalt i marken varierar den kemiska sammansättningen 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. Många av dessa har fällts 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.

### 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 kungsvatten. 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. I tabell 5 anges lakbarheten inom kartområdet 24–26, H–I för några element. Medianvärden i andra geokemiska regioner, som i område 3–6, B–E, kan skilja sig något från tabellvärdena. Det är dock storleksordningen på lakningen som är av intresse, ej det numeriska värdet.

**Tabell 5.** Lakbarhet (medianvärden) för ett urval av analyserade element.  
**Table 5.** Leachability (median values) for some of the analyzed elements.

Element	Lakbarhet (%)	Element	Lakbarhet (%)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13	SiO <sub>2</sub>	0.2
BaO	9	TiO <sub>2</sub>	27
CaO	16	Cu	88
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	64	Co	15
K <sub>2</sub> O	9	Ni	61
MgO	39	Pb	30
MnO	32	Sr	4
Na <sub>2</sub> O	0.5	Zn	62

Olika markmineral har 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 (kalksten). Kalium förekommer så gott som enbart i antingen de svårvittrade kalifältspaterna eller i mer lättvittrad biotit, medan magnesium främst återfinns i sådana mineral som vittrar tämligen lätt, dvs. i hornbländegruppen och uppåt.

Tillgången av elementen beror alltså på mineralinnehållet i moränen och på hur mineralen vittrar. 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 kristallisationsskede bergartens mineral bildats. I ett tidigt kristallisationsskede 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 stelnande 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.

## 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. Alla levande varelser 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 vad gäller samband markkemi – människors hälsa så är sambanden komplexa och 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 uppkomna hjärt-och kärlsjukdomar, är närvaron av hårt vatten, dvs. där kalcium och speciellt magnesium är överrepresenterat i dricksvattnet.

De naturliga ekosystem som omger oss är dock starkt beroende av den lokala marken och dess innehåll av kemiska element. Oftast har ekosystemen anpassat sig till de förhållanden som råder, men snabba miljöförändringar kan innebära starka påfrestningar. Detta inträffar bl.a. om belastningar såsom kraftig förorening av tungmetaller eller sura regn påverkar näringskedjan.

Av de karterade elementen har följande dokumenterat skadliga effekter på levande organismer, om elementet förekommer i ”rätt” form och halterna är tillräckligt höga: arsenik, aluminium, koppar, molybden, nickel, krom, kobolt, mangan, zink, bly, vanadin och uran.

## UNDERSÖKNINGSOMRÅDE 24–26, H–I

### Berggrund

Bergarterna i det undersökta området har bildats under tre separata geologiska skeden. Den största ytan upptas av prekambrisk bergarter vars åldrar huvudsakligen ligger mellan 1800 och 1900 miljoner år. Dessa bildades under den svekokarelska orogenesen och upptar så gott som helt kartbladen 24I, 25I och 26I. Sura och intermediära granitoider dominerar men även stora områden av metavulkaniter och metasediment uppträder.

Granitoiderna tillhör flera separata generationer. De äldsta granitoiderna i området utgörs av Haparandagranit och Vuolvojourgraniter. Ytmässigt dominerar dessa bergarter starkt inom 26I, 25I NV och NO. Vuolvojourgraniten är oftast svagt rödaktig, fint medelkornig och mer eller mindre gnejsig till stänglig, med aggregat av biotit och hornblände som markerar foliationen. Mineralogiskt består graniten i övrigt av mikroklin och/eller pertit, kvarts samt lite plagioklas.  
E n

Åldersbestämning av graniten har gett en ålder på 1864 miljoner år.

Haparandaseriens bergarter är väsentligen av granodioritisk till dioritisk sammansättning och uppträder som mindre massiv i Luttsedimenten på Luvoskartbladets östra delar, mellan Lulebådne och V. Rebraur (25I NV), väster om V. och Ö. Järfojour och Valkanjaur (25I SO) samt i 25I NO:s sydöstra hörn. Ett mindre stråk av dioritisk till gabbroid berggrund tillhörande Haparandaserien förekommer i anknötning till V. Järfojour.

De intrusiva bergarterna i kartbladen 24H och 25H består till största delen av Sorselegranit (daterad till 1790 miljoner år) tillhörande det Transskandinaviska Porfyrbältet som bildades strax efter eller under ett sent skede av den svekokarelska orogenesen. Sorselegraniten är en massformig granit som övergår i monzonit och gabbro och åtföljs av gångar av diabas och granitporfyr.

Andra djupbergarter med betydande utbredning i kartområdet är olika typer av granitoider; Linagranit och Adakgranit (senorogena, ev. postorogena, Svekokarelska graniter), Renviksgrupps bergarter, Storavangranit samt Arjeplogsgranit.

Vuolvojourgraniten omsluter helt några stråk av äldre, metasedimentära bergarter. Dessa tillhör stratigrafiskt den Kaleviska gråvackeserien och har sin största utbredning på 26I NO och SO, men mindre partier finns även på 26I SV och 25I NV. Till sin sammansättning utgörs de väsentligen av grå, bandade biotitrika fältspatskvartsiter och biotitgnejser, men även sura metavulkaniter och amfiboliter förekommer. Bergarterna är delvis migmatitiserade.

Kartområdet täcker flera stråk av metavulkaniter. Dessa varierar till sin sammansättning från sura till intermediära och basiska och indelas stratigrafiskt i den Bottniska respektive Svionska vulkanitserien.

Sura metavulkaniter förekommer så gott som över hela det karterade området men störst är utbredningen i de södra kartbladen, speciellt 24H NO, 24I NV och 25I SV. Leptiter och sura vulkaniter tillhörande den s.k. Leptitgruppen förekommer i områdets nordvästligaste hörn, mellan Vuolvojaure och Båldakatj samt som små stråk i Sorselegraniten. Betydligt större utbredning har Arvidsjaurgruppens sura vulkaniter. Dessa uppträder söder om Piteälven. Basiska och intermediära vulkaniter förekommer i flera stråk vars utbredning väsentligen är begränsad till en bred NV-SE löpande zon över 25I Stensund.

Längst i väster, d.v.s. på kartbladet 25H NV, påträffas den kaledonska fjällkedjans bergarter. Den kaledonska orogenesen ägde rum för mellan 510 och 400 miljoner år sedan när två gamla kontinenter, Laurentia (idag Nordamerika och Grönland) och Baltica (idag Nordeuropa) kolliderade. De bergarter som bildats vid kontinentalkanterna till de gamla kontinenterna samt vissa av den gamla Japetusocenas bergarter kom vid kollisionen att skjutas upp på Baltica – det är dessa bergarter som idag utgör huvuddelen av det som vi kallar fjällkedjan eller Kaledoniderna. Utan att i detalj gå in på fjällkedjan kan man konstatera att de bergarter som uppträder i det undersökta området består av alunskiffer, sandstenar med skifferpartier, sura vulkaniter samt – längst uppe i kartbladets nordvästra hörn - skiffer och amfibolit.

### **Malmer och mineraliseringar**

Inom området existerar inga idag aktiva gruvor. Däremot förekommer en hel del kända mineraliseringar av olika omfattning. Kopparuppslag har lokaliserats på ett flertal platser i det ca 350 km<sup>2</sup> stora Radnejauredistriktet i de södra, centrala delarna av 25I. En av de största är Lulepotten som ligger några kilometer öster om byn Stensund. I samma stråk norrut uppträder flera kopparfyndigheter, t.ex. Ballek och Lilla Sågberget. Ytterligare undersökta kopparuppslag är belägna nordväst om Gubblijaure (de s.k. Soggovareförekomsterna), ett par km sydväst från Radnejaure samt ca en km norr om Nimtekjaure. Mineraliseringarna är alla knutna till förekomst av Gubblijaurformationens bergarter och ligger i anknytning till vulkaniska, oftast sura bergarter i närheten av granitiska intrusioner. Förekomsterna förefaller dessutom sammanfalla med förkastningar.

En nickelmineralisering har påträffats vid Storbodsund, öster om ön Storön i Storavan (24I NV). Mineraliseringen är bunden till en gabbro och innehåller även en del koppar. Mineraliseringen är liten till volymen och har inte gett upphov till några markanta förhöjningar i moränens finfraktion, vare sig för nickel eller koppar.

Delar av det kartlagda området överlappar vad som kallas Arjeplog-Arvidsjaur-Sorsele uranprovins. Sammanlagt är ett trettiotal uranmineraliseringar kända inom provinsen, och av dessa är några belägna inom det karterade området. En av dessa är Arresåive, en mineralisering knuten till sur vulkanit och fältspatsporfyr belägen ca 1,5 mil nordost om Sorsele (24H 6i). En annan, mindre uranfyndighet är Plättik, ca 5 km söder om Stor-Laxsjön. Plättik innehåller även en del molybden och koppar.

Väster om området finns bl.a. Pleutajokk och Björntjärn, uran- respektive molybden- och volframmineraliseringar. Dessa tillhör det s.k. Rappendistriktet, vars utbredning i stort sett begränsas i öster av det karterade områdets västra kant.

Bly utvinns ur Laisvallgruvan, som ligger ca 1,5 mil norr om kartbladet 25H NV. Laisvallmalmen är en sulfidmalm begränsad till autoktona sandstenslager, en malmtyp som finns på ett flertal platser längs fjällkedjans östra rand. Malmkroppen i Laisvall är ca 5 km lång, 3 km bred och upp till 24 m tjock och innehåller i medeltal ca 4% bly och 0,5% zink. Malmen innehåller dessutom signifikanta mängder barium i form av tungspat, BaSO<sub>4</sub>. Av samma malmtyp är mineraliseringen vid Niepsurt, belägen ca 7 km norr om 25H NV. Inom det kartlagda området finns en blymineralisering beskriven vid Luspevare (25H 4c). Vid Haukabollo (25H 3c) har en sulfidmineralisering innehållande zink, bly och koppar beskrivits. Även denna fyndighet är knuten till autoktona, prekambrika arkoser.

## Kvartär utveckling

Det kvartära underlaget, dvs berggrundens överyta, utgörs inom undersökningsområdet av ett antal peneplan, de s.k. muddusytorna som troligtvis utbildades under tertiärtiden.

Den kvartärgeologiska kartläggningen av området har inte slutförts vilket medför att förhållandena inte är kända fullt ut och kan komma att revideras. Dock har en del undersökningar gjorts i samband med prospekteringsverksamhet i hela området och påbörjad kartering i områdets södra del. En kronostratigrafi har upprättats norr om undersökningsområdet och kan i stora drag antas gälla även för det aktuella undersökningsområdet.

Under kvartärtiden har ett antal nedisningar kommit att täcka undersökningsområdet. Den senaste istiden bestod av tre nedisningar där åtminstone den första och den senaste avsatte morän i större utsträckning. Den första av dessa började växa till i fjällen för ca 120 000 år sedan. Den drog sig tillbaka från området för ca 105 000 år sedan. Nordväst om undersökningsområdet har det konstaterats att stora delar av jord-

täckets från denna tid finns bevarat, om detta gäller även inom undersökningsområdet innebär detta att de två följande nedisningarna inte påverkade landskapet lika mycket som den första. De två följande nedisningarna antas ha varat från ca 95 000 till 85 000 respektive från 75 000 till ca 9000 år sedan.

På grund av de komplicerade kvartärgeologiska förhållandena med flera generationer av glaciala bildningar kan det inte uteslutas att submoräna sediment och flera moräner avlagrade på varandra är vanliga inom undersökningsområdet.

Flera olika generationer av isrörelseriktningar har konstaterats, vilket är att vänta eftersom isdelaren under olika perioder befunnit sig på i stort sett alla sidor om området.

Den senaste och dominerande isrörelsen är från NV i intervallet N 310-325. Äldre system med rörelser från SV och Ö har dock konstaterats.

### **Faktaruta: Nedisningar**

Spåren från de tidigaste inlandsisarna är mycket fragmentariska, men man vet att för ca 250 000 år sedan, under *Elster*-istiden, var Europa täckt av is ner till Sydtyskland. Efter denna period följde en tid, *Holstein*, med klimat liknande det nutida. Denna följdes av ytterligare en istid, *Saale*, som i sin tur följdes av en varmare period, *Eem*. Där-efter började den senaste istiden, *Weichsel*. Varje istid består av en eller flera *nedisningar*. Dessa kan vara av olika utbredning, de tidigaste nedisningarna under Weichsel nådde troligen bara ner till Mellansverige, medan den senaste nådde till Danmark och Tyskland. Mellan de enskilda nedisningarna var klimatet betydligt svalare än idag.

### **Faktaruta: Ytformer**

Om moränen täcker berggrunden med ett helt jämnt lager så att hela topografin in i detalj präglas av berggrunden sägs moränen sakna *egenform*. Oftast varierar dock moräntäckets tjocklek och utseende, och om dessa skillnader är synliga på markytan benämns de *ytformer*.

Ytformens utseende beror på hur moränen avsätts och vad som händer i området efter avsättningen. Vanliga ytformer är drumliner som bildas under en aktiv is och Veiki moräner som bildas när en stillastående stagnant is smälter. Dessa former har ibland visat sig vara äldre än den senaste nedisningen.

Morän är den utan jämförelse vanligaste jordarten inom undersökningsområdet och förekommer i ett flertal ytformer. Generellt kan sägas att de högre delarna av topografin är täckta av ett jämnt täcke av basal morän. I dalgångar och andra lägre partier förekommer ett flertal former avsatta såväl under en aktiv is som framsmälta ur stagnant. Moränmaktigheterna varierar, på de

högsta bergtopparna är jordlagret tunt eller saknas, längre ner på bergsidorna är jorddjupet vanligen 5–10 m och på dalbottenarna är djupen ofta upp till 25 m, det största uppmätta djupet är 100 m.

Högsta kustlinjen är utbildad 185–195 möh på dessa breddgrader. Hela undersökningsområdet befinner sig över denna nivå, så någon svallning från havet har inte förekommit.

### ELEMENTENS FÖREKOMST OCH ASSOCIATIONER

Fjällkedjans bergarter med ALUMINIUM, JÄRN, KALIUM, MAGNESIUM, MANGAN, FOSFOR och TITAN samt med BARIUM, BLY, KOBOLT, MOLYBDEN, KOPPAR, SVAVEL, NICKEL, VANADIN och ZINK

Av huvudelementen är halterna av aluminium, kalium, magnesium och järn klart förhöjda vid fjällkedjan i det kartlagda områdets sydvästra hörn. Detta sammanfaller med höga halter av främst kobolt, barium, bly, zink, koppar, vanadin och svavel, men även krom och nickel förekommer i det aktuella området. Signifikant för detta område är också de låga kisel-, natrium och zirkoniumkoncentrationerna, element typiska för sura bergarter såsom granit och granodiorit.

En preliminär analys av de kungsvattenlösliga halterna visar att kisel är förhållandevis lättlakat i området, trots de låga totalhalterna. En jämförelse mellan de två olika kartbilderna, dvs. total- och kungsvattenlösliga halter, visar att mönstren är nästan helt inversa. Höga totalhalter kisel sammanfaller med låga kungsvattenlösliga halter och vice versa, vilket beror på mineralogin i moränen. Höga totalhalter kisel indikerar med största sannolikhet en dominans av kvarts i provet, medan låga halter tyder på en större förekomst av mera lättlösliga silikater (mafiska mineral, lermineral, mörkt glimmer m.m.)

En närmare granskning visar att mönstren för de olika elementen är något olika. Bly, molybden, vanadin, zink, rubidium och kalium uppvisar en gemensam mönsterlikhet med höga halter koncentrerade till en region öster om Delikälvens sammangående med Laisälven. Även svavel och kungsvattenlösligt barium är något förhöjt i området. Utbredningen stämmer väl överens med förekomst av autoktona sandstenar och tillhörande blymineraliseringar. Att blymineraliseringarna kan vara kopplade till förekomst av baryt avslöjas av den höga lakbarheten för barium i vissa punkter inom nämnda område. Lakbarheten är normalt sett låg eftersom barium till övervägande del ingår i svårlösliga kalifältspater (jfr lakbarheten för kalium och barium i tabell 5). Sambandet är dock inte riktigt entydigt eftersom även lakbarheten för kalium är förhöjd, något som indikerar förekomst av biotit. Även detta mineral kan innehålla en hel del barium.

JÄRN, KALCIUM, MAGNESIUM, TITAN med VANADIN, NICKEL,  
KROM, KOBOLT på Luvos NO

I kartområdets norra område, på Luvos 26I NO, uppträder en gemensam, mönsterlik förhöjning av ovanstående element. Associationen är vanligen typisk för basiska bergarter och intrycket av moränen som basiskt präglad stärks av låga halter  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{BaO}$ ,  $\text{Rb}$  och  $\text{Nb}$ , dvs. element typiska för sura bergarter. Förutom diabasgångar har dock inga basiska bergarter konstaterats, varför någon säker anknytning till den lokala berggrunden är något vanskelig att påvisa. Inga större förekomster av mineraliseringar eller potentiella malmer innehållande associationens element är rapporterade i eller i anknytning till förhöjningen. Noteras bör dock att även totalhalterna av  $\text{CaO}$  och  $\text{Sr}$  är förhöjda i regionen (se nedan).

### Radnejauredistriktet med KOPPAR, NICKEL och KROM

Radnejauredistriktets kopparmineraliseringar och bergarter förorsakar en markant förhöjning av kopparhalterna i morän. Kopparförhöjningen åtföljs av mindre, men tydligt förhöjda halter av nickel och kungsvattenlösligt krom. Även vanadin, kobolt och i viss mån magnesium är anrikade i området. En mer detaljerad granskning av morängeokemin i distriktet visar att den högsta kopparhalten i hela det kartlagda området, 98 mg/kg, påträffades sydost om sjön Stor-Laxsjön. Ett par km NNE om provpunkten är en mindre Mo-Cu-mineralisering, *Tjålmak*, belägen.

### KALCIUM med STRONTIUM

Kalcium är ett grundämne med stor betydelse som näringsämne. I den geologiska miljön uppträder Ca i mineral såsom kalcit, amfiboler och plagioklaser, mineral vars vittringsbenägenhet ofta har en stark inverkan på markens syraneutraliserande förmåga. Strontium är ett element vars geokemiska beteende tack vare liknande jonradier och laddning (Sr tillhör liksom Ba, Be, Ca och Mg gruppen jordalkalimetaller i det periodiska systemet) ofta är intimt sammankopplat med Ca (se ovan). Strontium kan även ersätta barium och kalium i mineral, varför även t.ex. kalifältspat kan vara en av elementets källor.

En jämförelse av kartmönstren för Ca och Sr i det aktuella området visar på generella likheter med sammanfallande förhöjda värden på kartbladen 25I SO och 26I NO. Notera den stora skillnaden mellan kartan över totalhalter och kartan över lakbarheten för kalcium. Den förra visar att totalhalterna är höga på 26I NO, medan den senare inte visar samma markanta förhöjning. Detta tolkas så, att moränens finfraktion innehåller stora mängder av ett Ca-förande mineral med starkt begränsad löslighet i kungsvatten. Motsatt förhållande, dvs. liten mängd av lättlösligt Ca-mineral i moränen, kan antas ge upphov till förhöjningen av kungsvattenlösligt CaO på Storavanbladet.

En preliminär jämförelse över lakbarheten för CaO och Sr visar på stora likheter. Den norra delen av kartområdet, som domineras av Vuolvojauregranit, Luttonlandets sediment och Haparandaseriens granitoider, utmärker sig tydligt som en region med låga lakbarheter. Detta innebär att elementen i områdets morän troligen ingår i Ca-rik plagioklas, eftersom varken natrium eller kalium uppvisar någon mönsterlikhet.

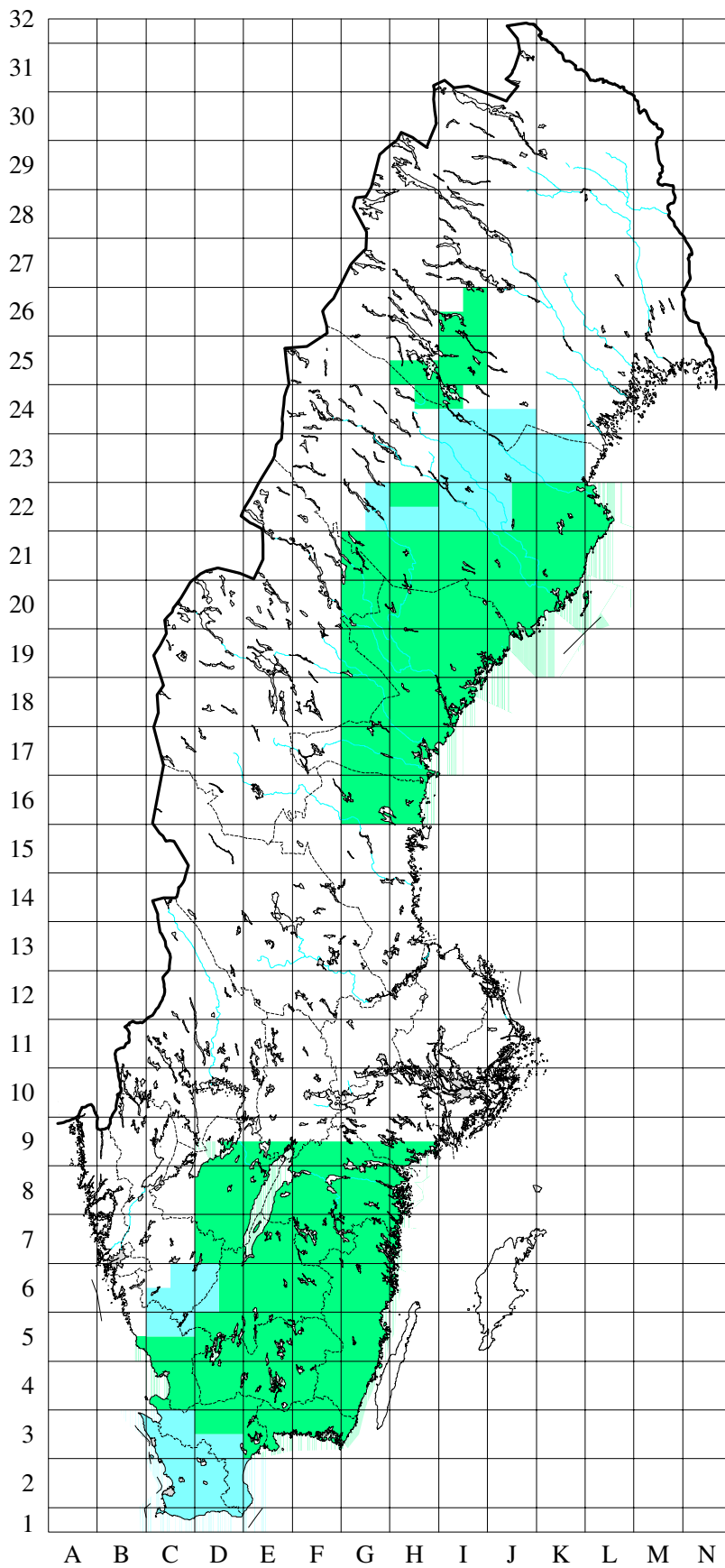
I kartområdets södra del är lakbarheten generellt sett märkbart förhöjd. Av kartmönstrens lägen och utseenden att döma kan hög lakbarhet för de bägge elementen knytas till förekomst av olika vulkaniter, fjällkedjans bergarter, samt Renvikgruppens bergarter.

### Sura bergarter med KISEL och NATRIUM


Granitoida bergarter, deras vulkaniska ekvivalenter, sandsten och kvartsit är bergarter vars elementinnehåll ofta karakteriseras av höga halter av kisel. Kisel förekommer till största delen i form av kvarts och fältspater medan natrium kan knytas till de i granitoider och sura vulkaniter ingående fältspaterna. Gemensamt för kisel och natrium är även de låga lösligheterna i kungsvatten, vilka mycket sällan når över 1%. Av kartorna framgår att höga halter av SiO<sub>2</sub> uppträder i kartområdets sydliga delar i anknytning till Arvidsjaurgruppens sura vulkaniter, Storavangraniten samt granit tillhörande Renviksgruppen.

### Sura bergarter med LANTAN, NIOB, RUBIDIUM, THORIUM, URAN, VOLFRAM och YTTRIUM

Ovannämnda spårelement uppträder i låga halter i basiska bergarter medan skiffrar och framförallt graniter och granodioriter ofta innehåller högre koncentrationer. Associationen uppvisar också sinsemellan tämligen likartade mönster i moränen. Gemensamma förhöjningar framträder på Luvos-bladet och kan där troligen knytas till Vuolvojauregranit. En gemensam förhöjning kan

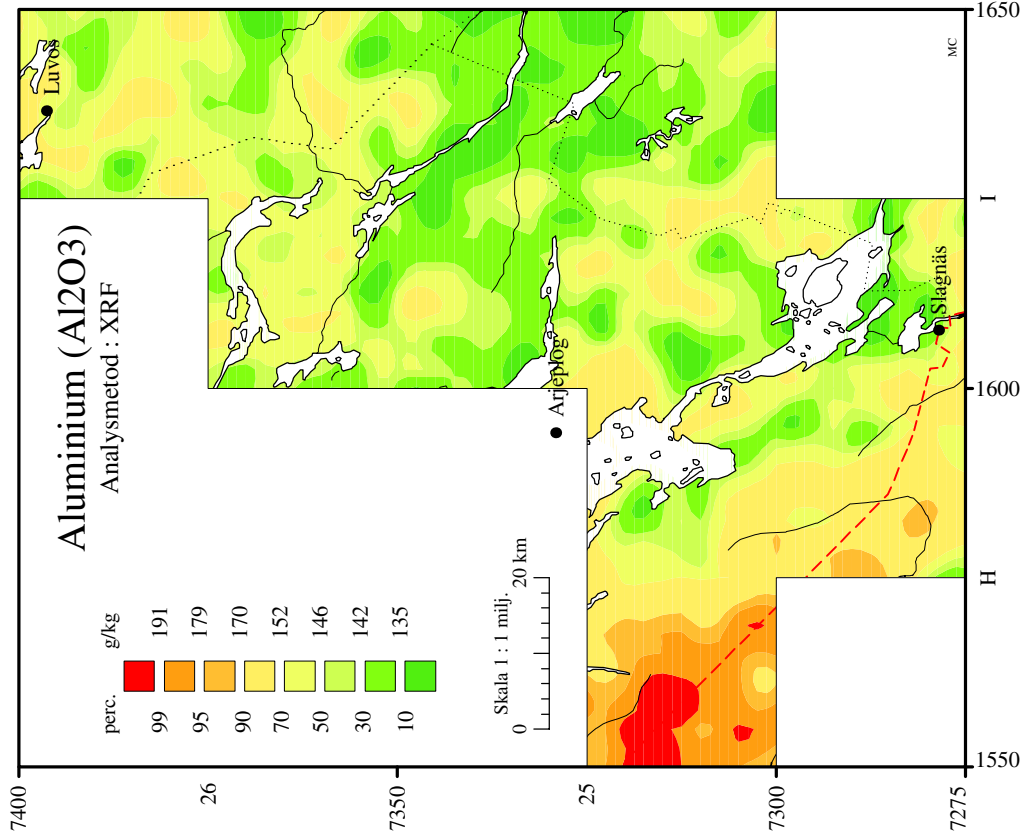


Markgeokemiska kartan  
Huvud- och spårämnen  
i morän

 Utgivna t o m 1997

 Under arbete

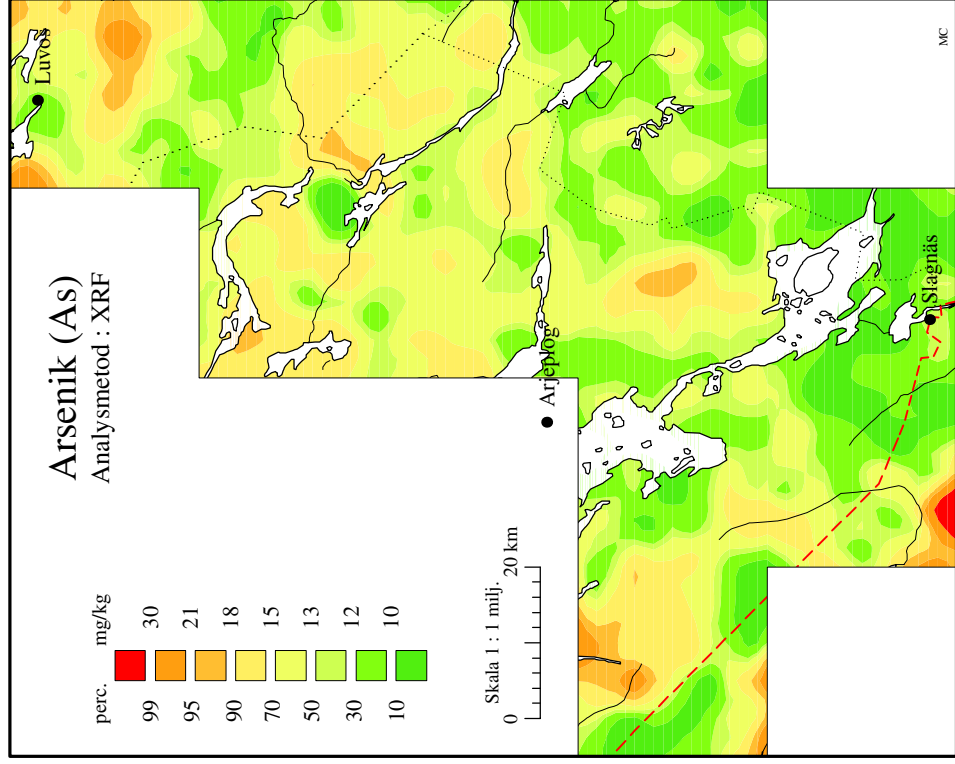
# Markgeokemisk karta



Morän < 0.06 mm.

Kartan visar totalinnehållet av elementet i morärens färr-, mjåla- och lerfraktion.

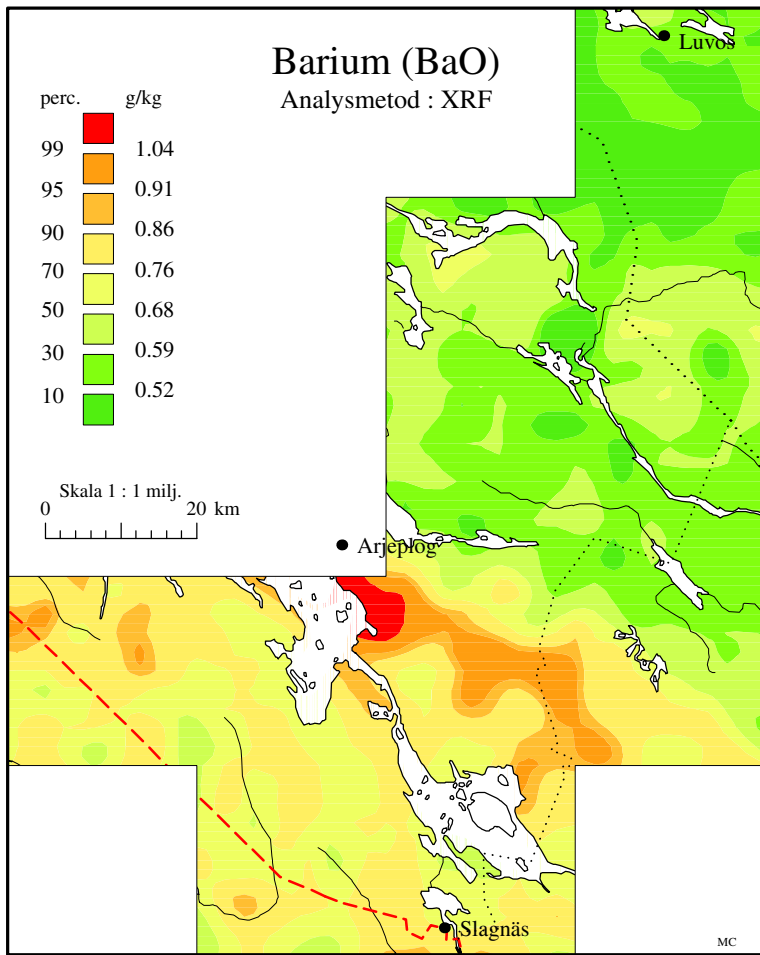
Klassindelningen för respektive element anges i percentiler beräknade på kartområdets provmängd.



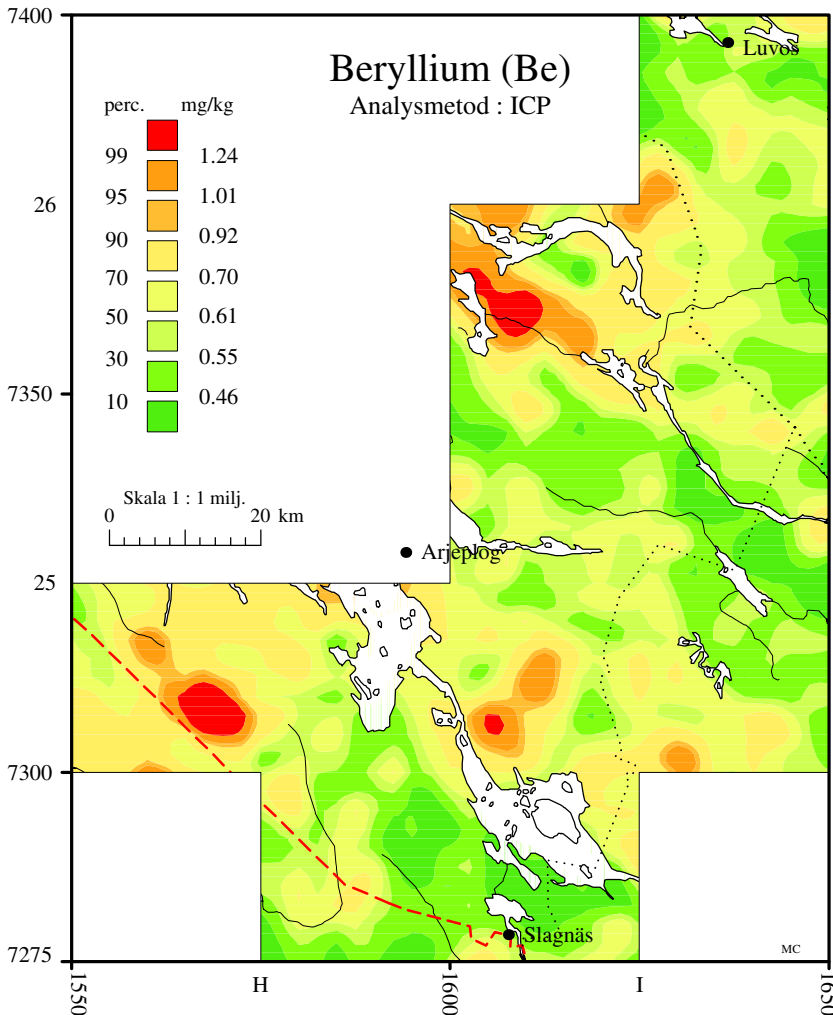
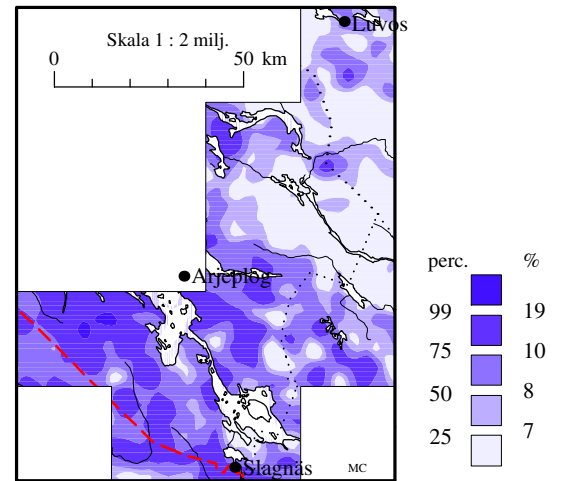
# Markgeokemisk karta

Morän < 0.06 mm.

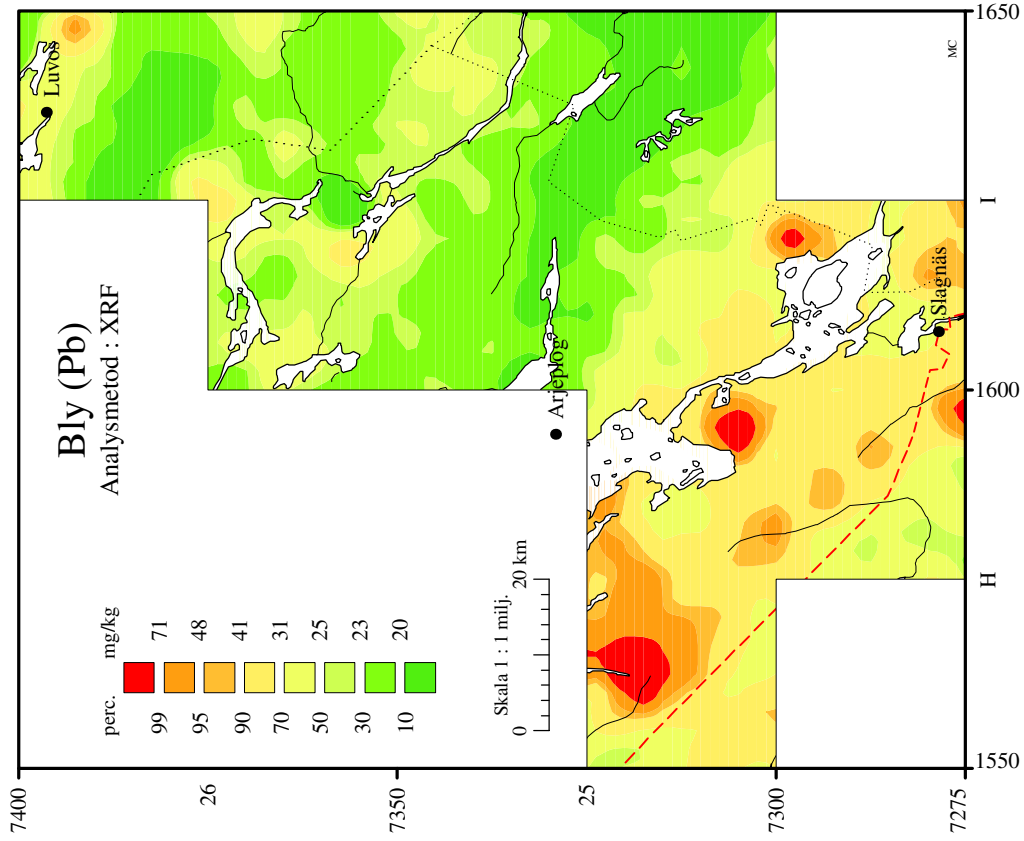
Kartan visar totalinnehållet av elementet i moränsen finmo-, mjåla- och lerfraktion. Klassindelningen för respektive element anges i percentiler beräknade på kartområdets provmångd.



## Lakbarhet för Barium



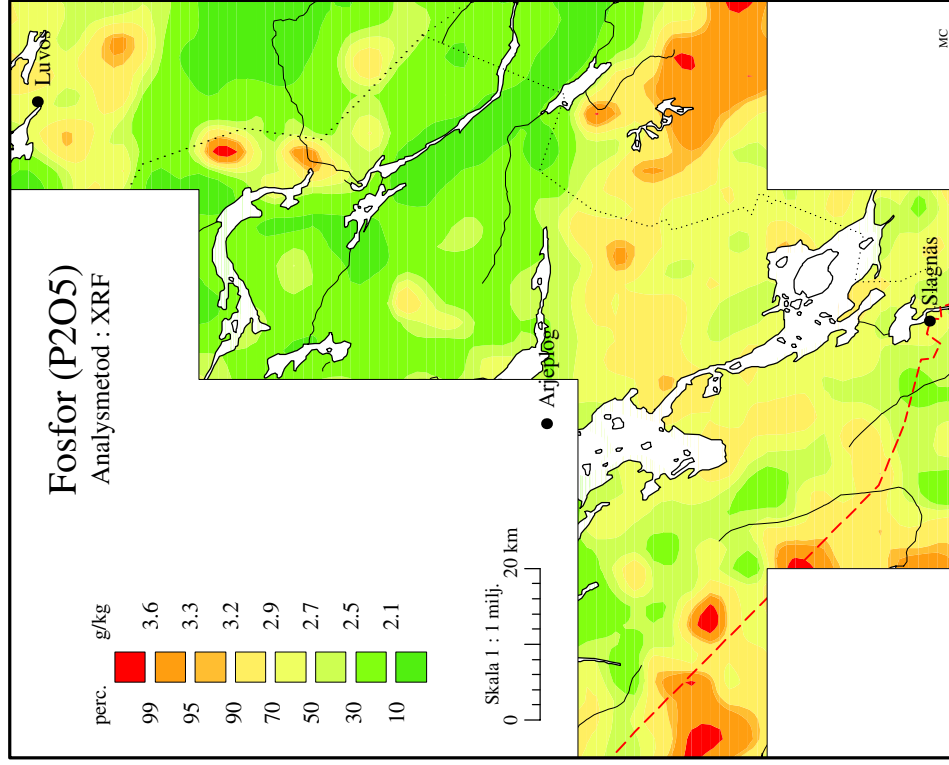
# Markgeokemisk karta



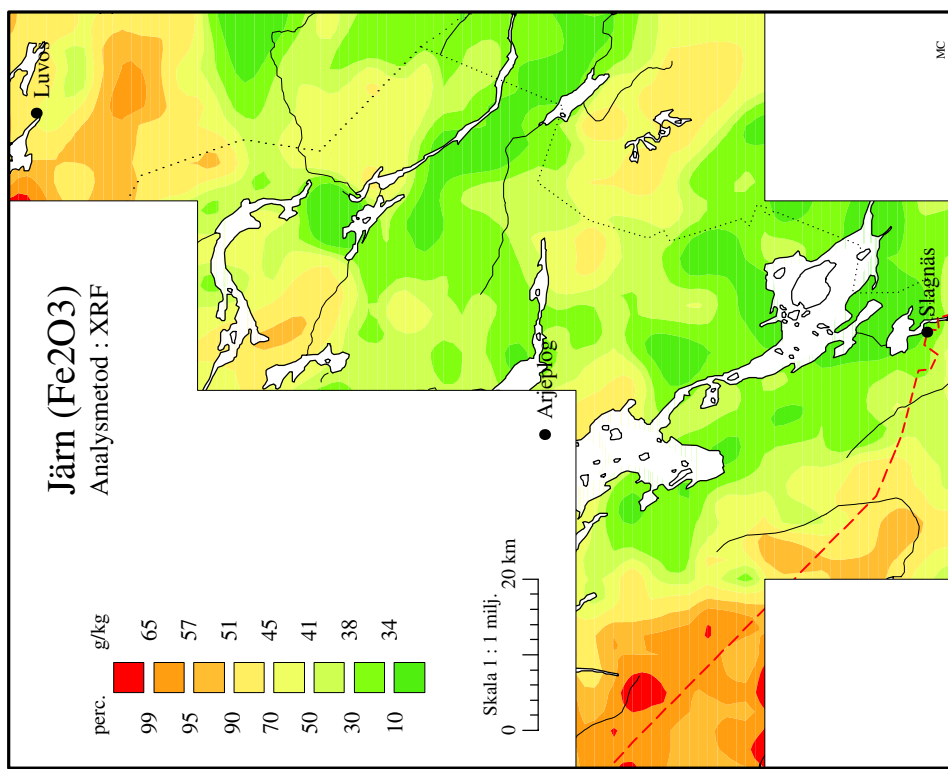
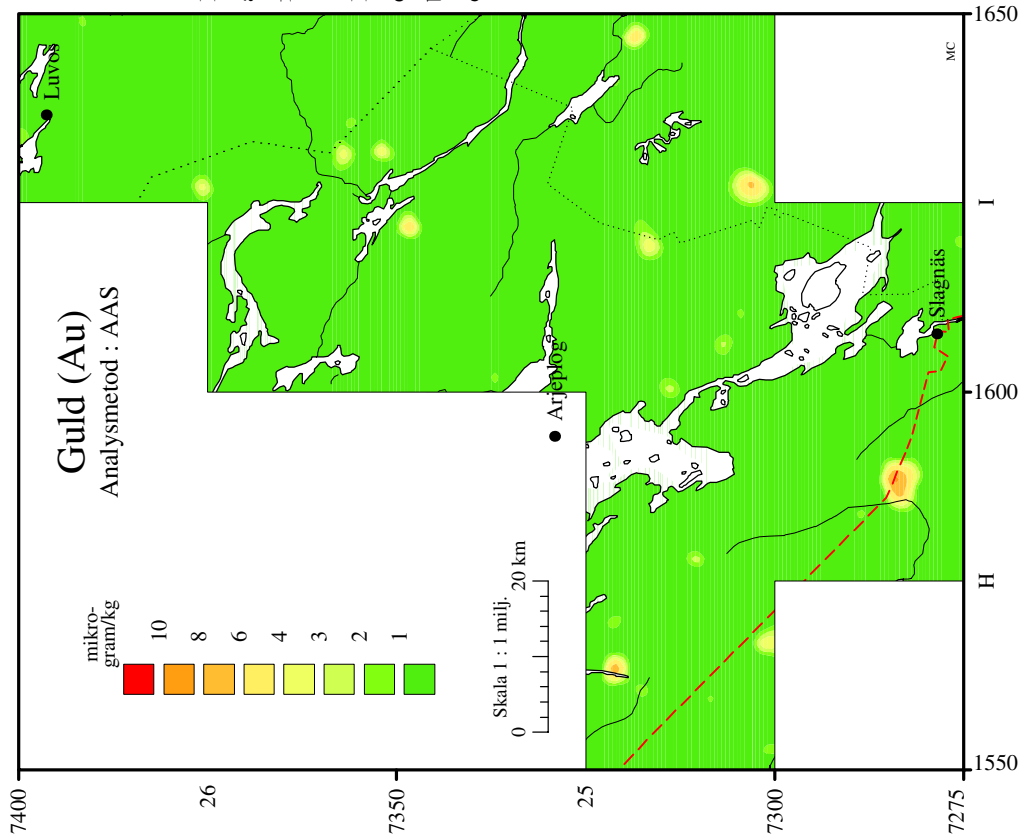
Morän < 0.06 mm.

Kartan visar totalinnehållet av elementet i morärens finmo-, mjåla- och lerfraktion.

Klassindelningen för respektive element anges i percentiler beräknade på kartområdets provmängd.



# Markgeokemisk karta



Morän < 0.06 mm.

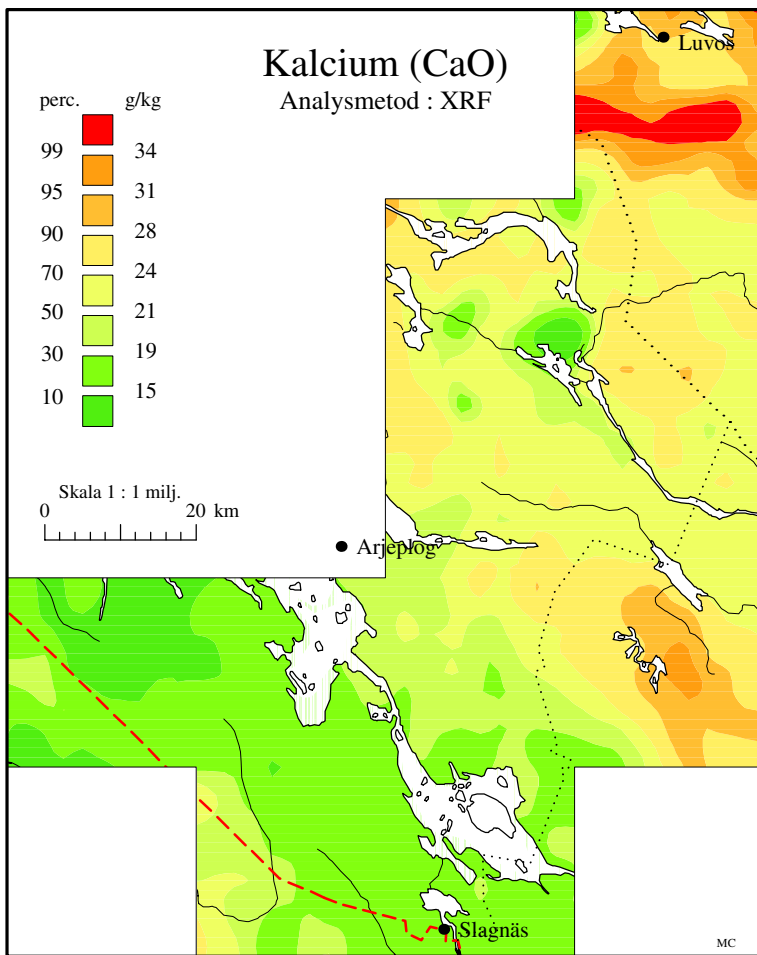
Kartan visar totalinnehållet av elementet i morärens fimo-, mjåla- och lerfraktion.

Klassindelningen för respektive element anges i percentiler beräknade på kartområdets provmängd.

# Markgeokemisk karta

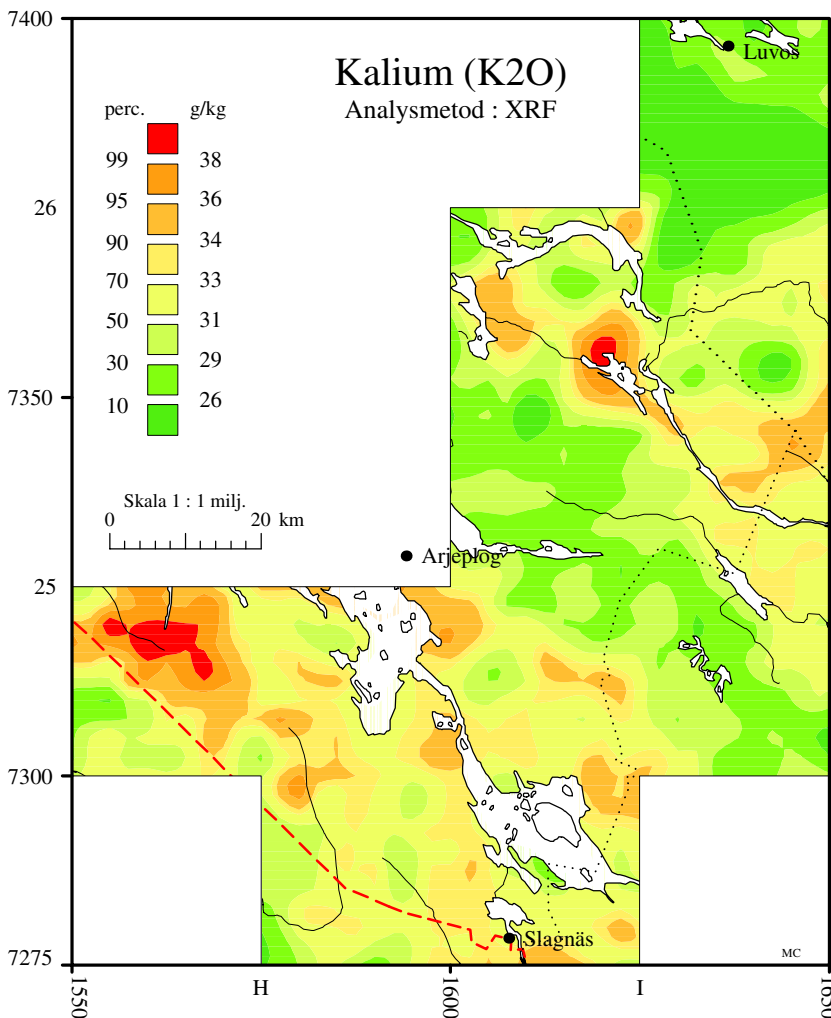
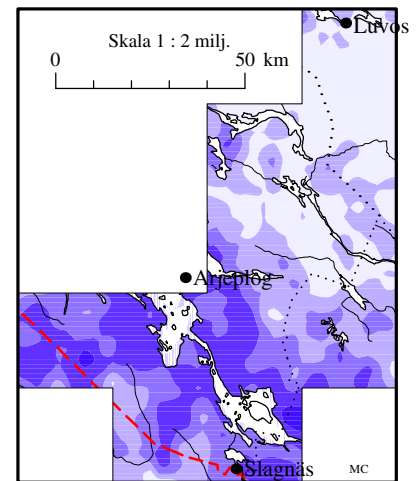
Morän < 0.06 mm.

Kartan visar totalinnehållet av elementet i moräns finmo-, mjåla- och lerfraktion. Klassindelningen för respektive element anges i percentiler beräknade på kartområdets provmångd.

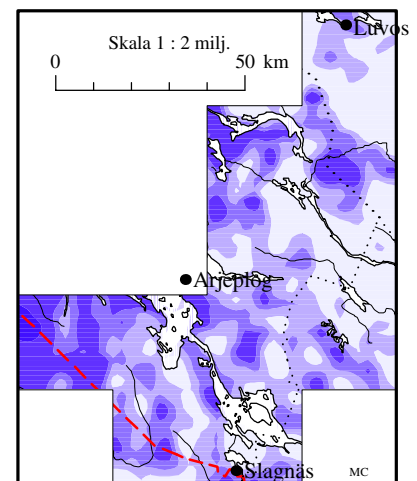


SGU, Geokemiska enheten 1997

## Lakbarhet för Kalcium



## Lakbarhet för Kalium



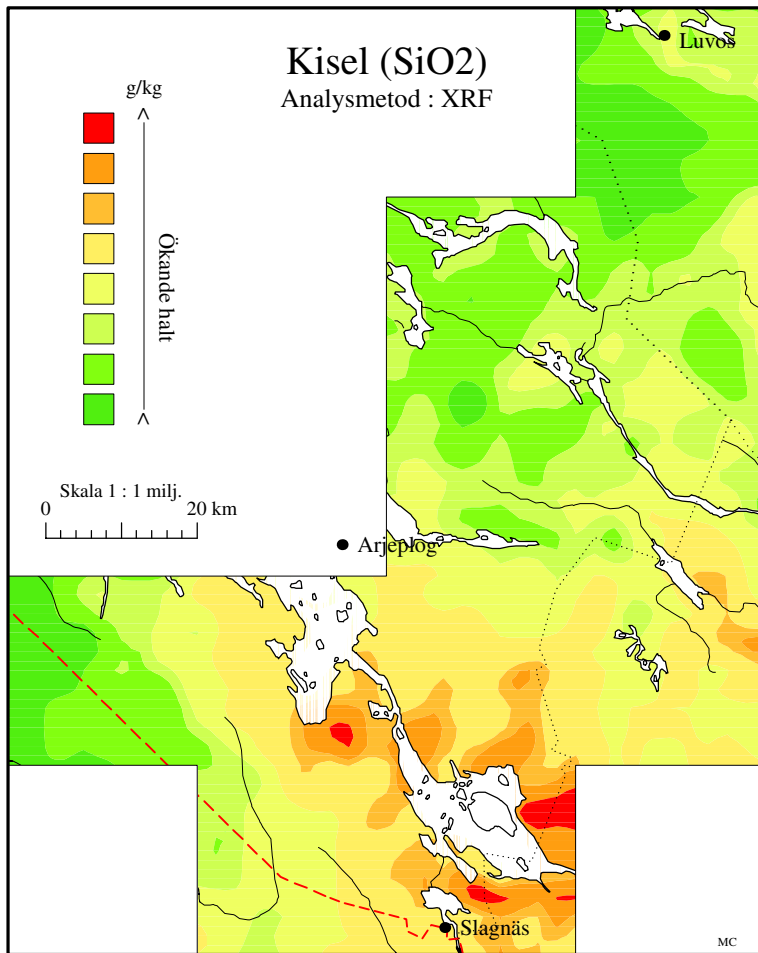
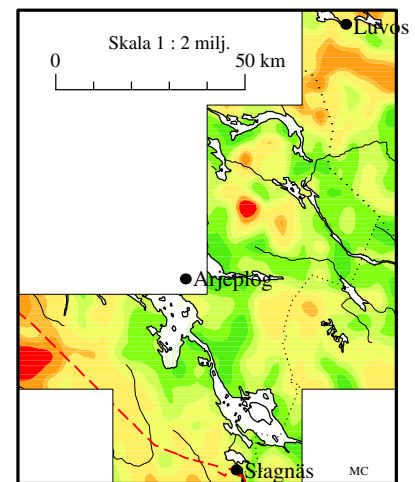
# Markgeokemisk karta

Morän < 0.06 mm.

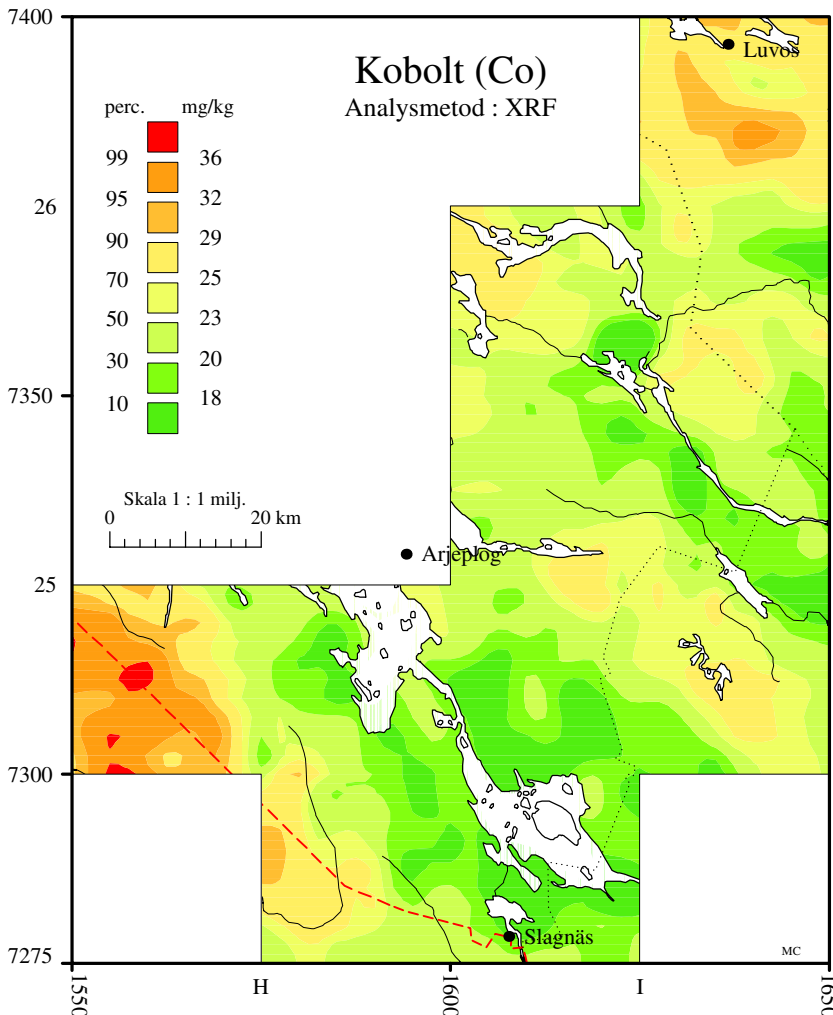
Kartan visar totalinnehållet av elementet i moränsens finmo-, mjåla- och lerfraktion. Klassindelningen för respektive element anges i percentiler beräknade på kartområdets provmängd.

# Kungsvattenlösligt kisel

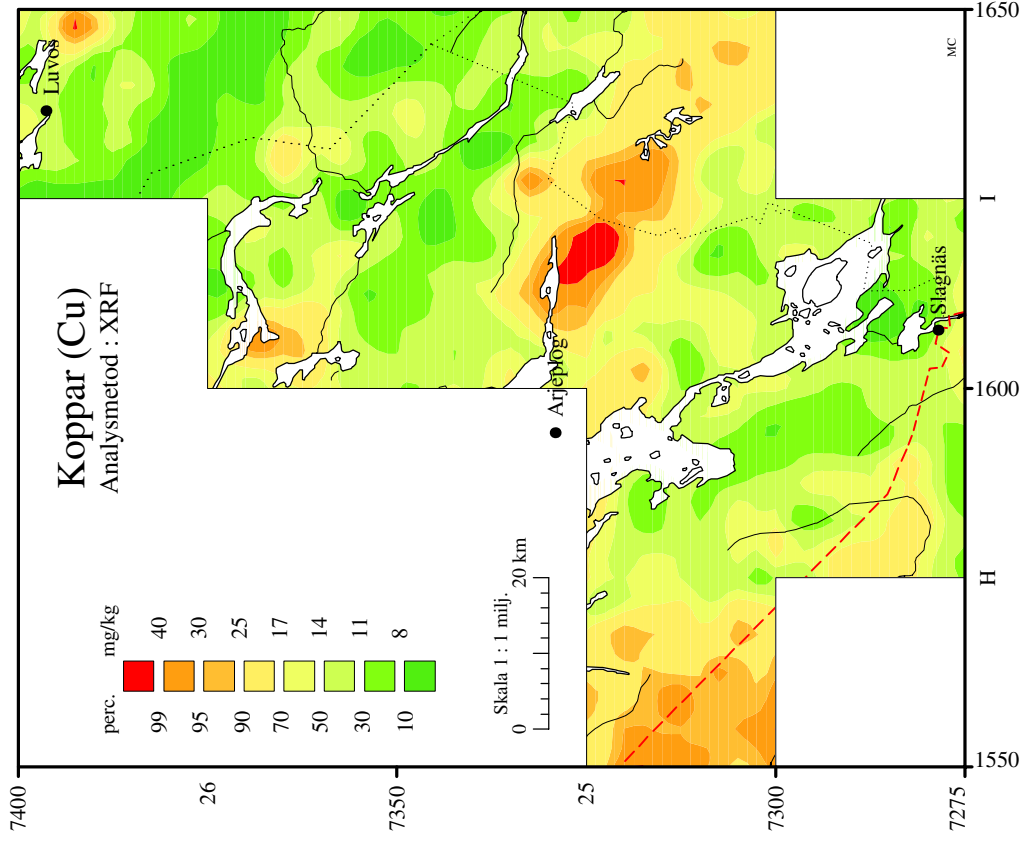
Analysmetod : ICP



SGU, Geokemiska enheten 1997



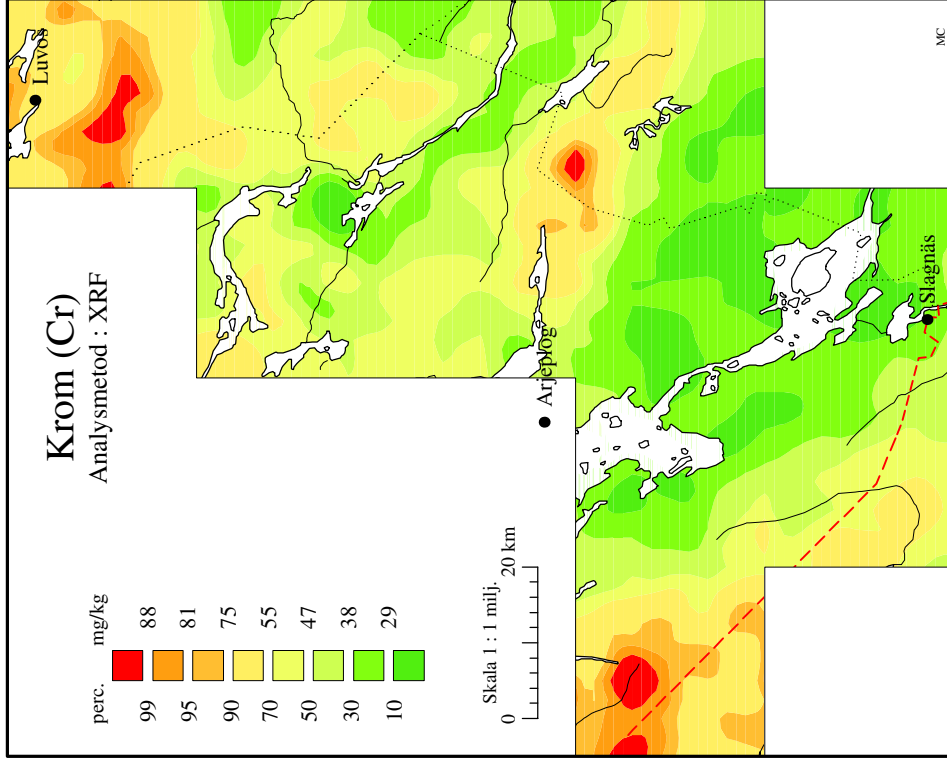
# Markgeokemisk karta



Morän < 0.06 mm.

Kartan visar totalinnehållet av elementet i moräns finmo-, mjåla- och lerfraktion.

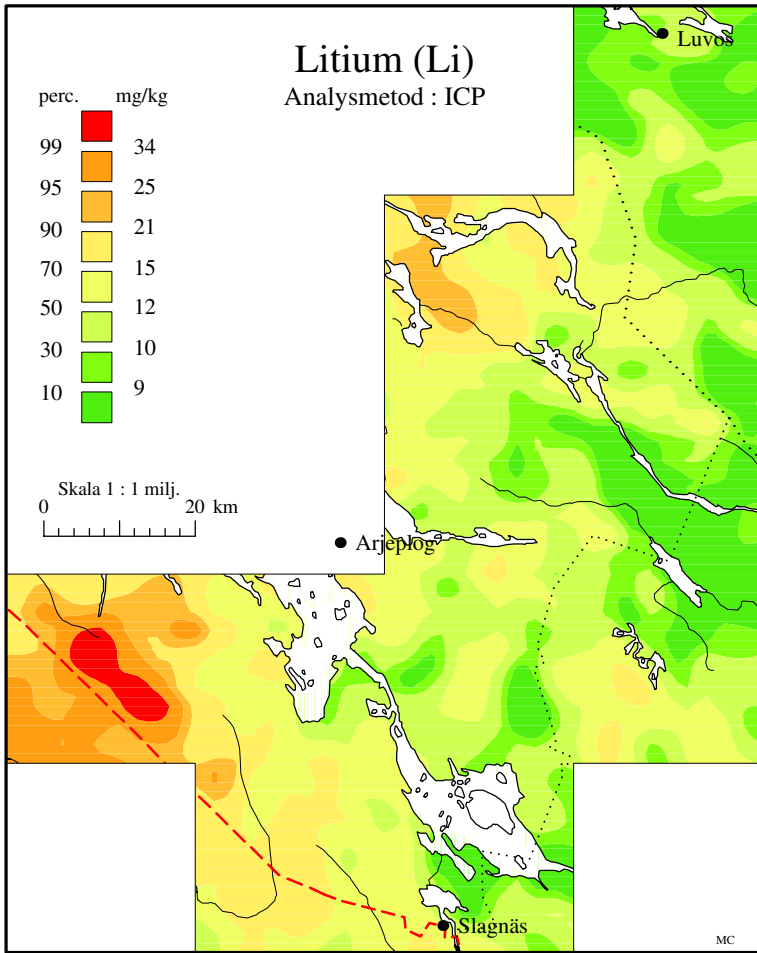
Klassindelningen för respektive element anges i percentiler beräknade på kartområdets provmängd.



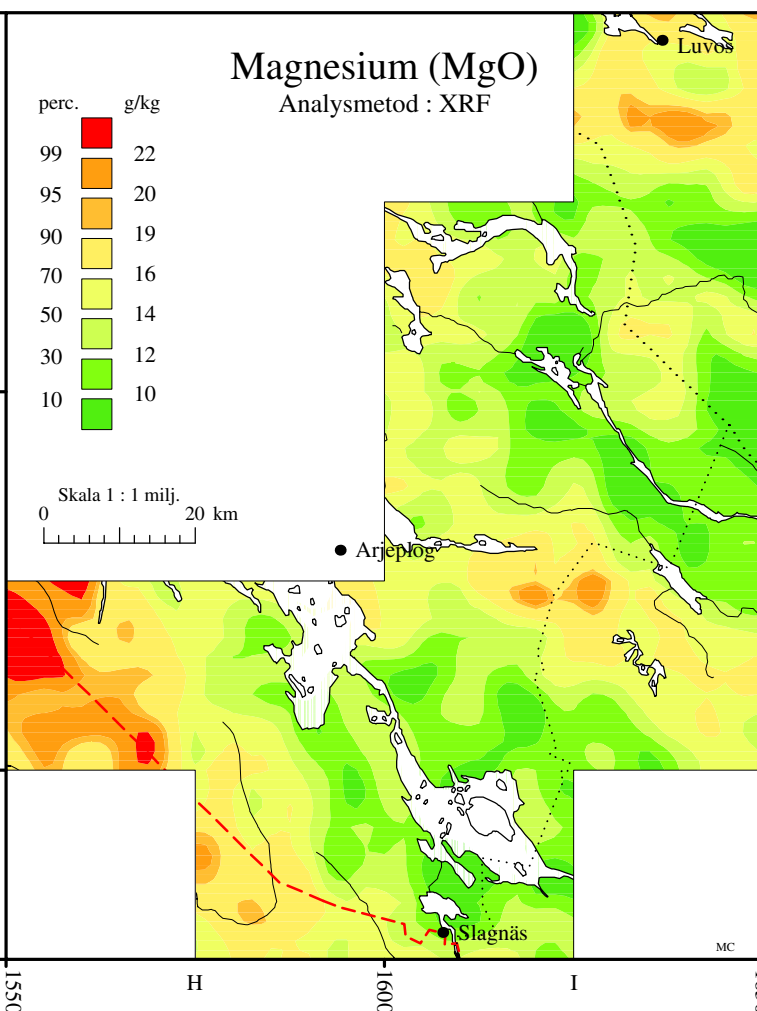
# Markgeokemisk karta

Morän < 0.06 mm.

Kartan visar totalinnehållet av elementet i morärens  
finmo-, mjäla- och lerfraktion. Klassindelningen för respektive  
element anges i percentiler beräknade på kartområdets provmängd.

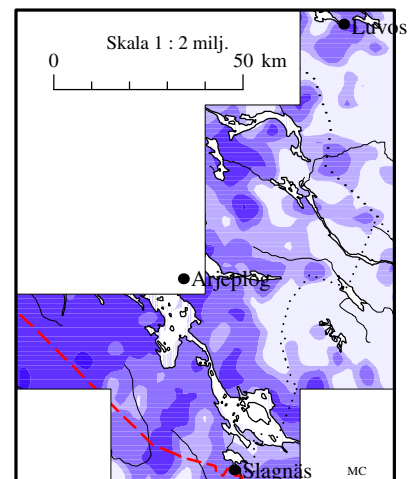


SGU, Geokemiska enheten 1997

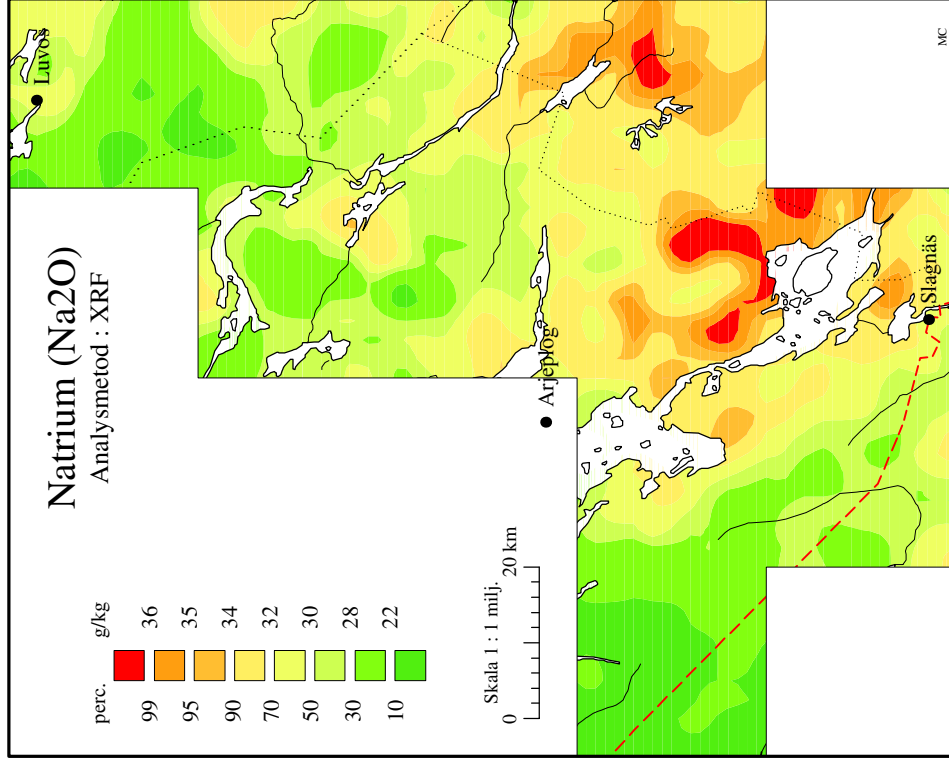
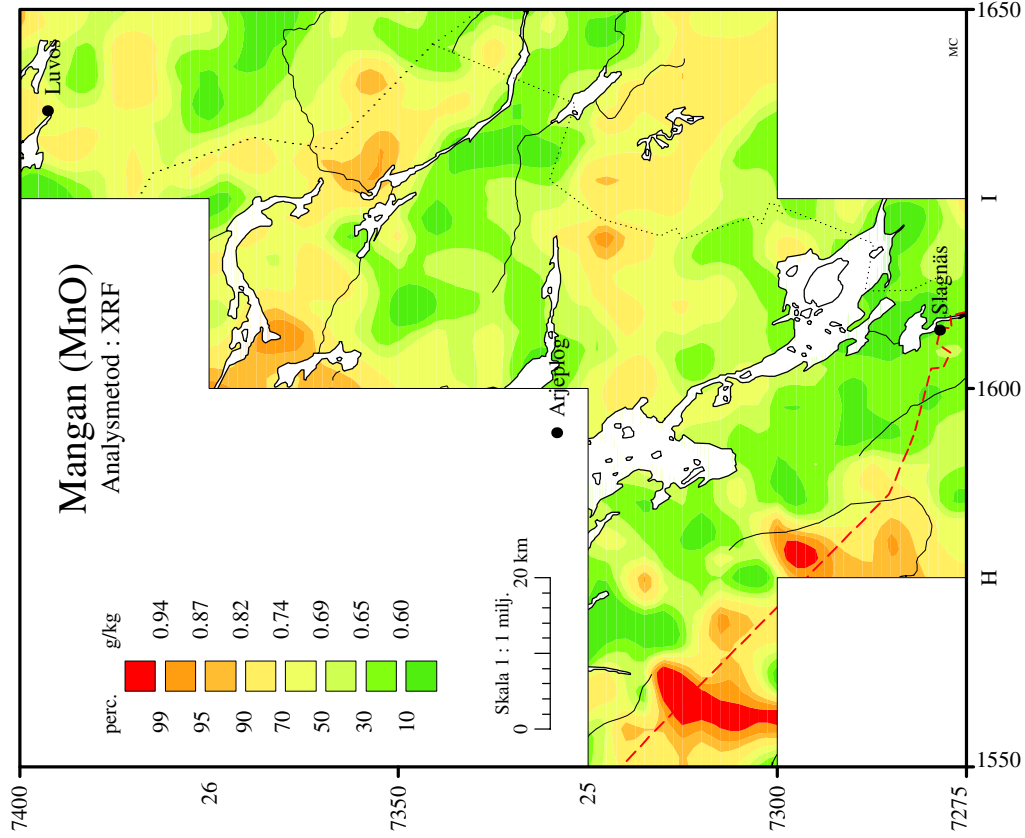


## Lakbarhet

för  
Magnesium



# Markgeokemisk karta



Morän < 0.06 mm.

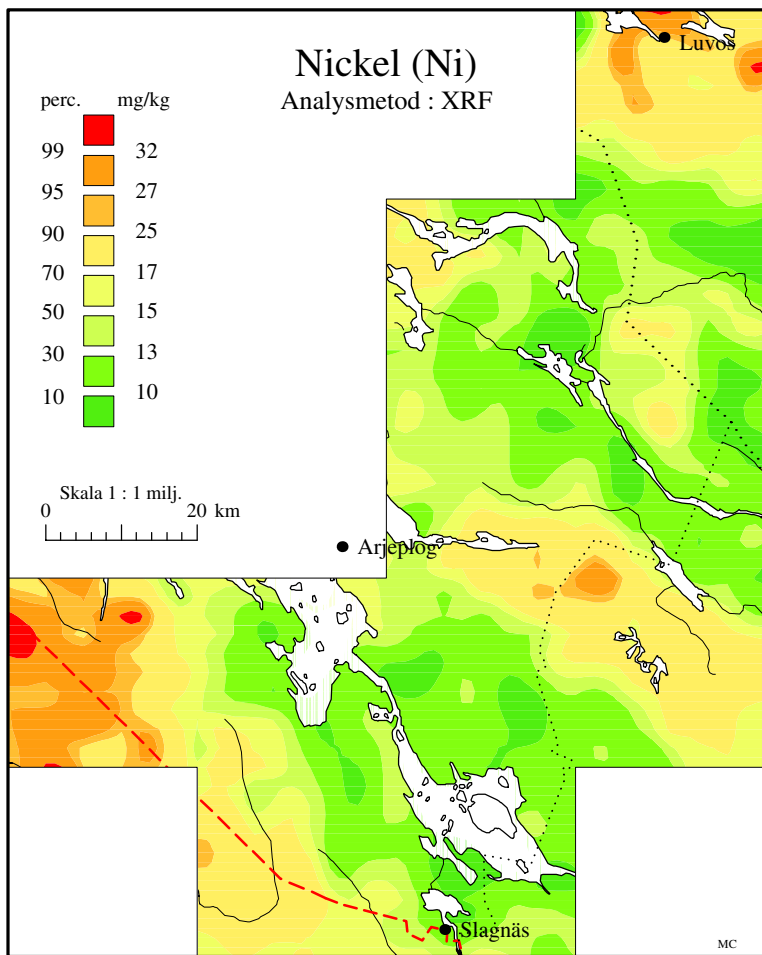
Kartan visar totalinnehållet av elementet i moränens fimo-, mjåla- och lerfraktion.

Klassindelningen för respektive element anges i percentiler beräknade på kartområdetets provmängd.

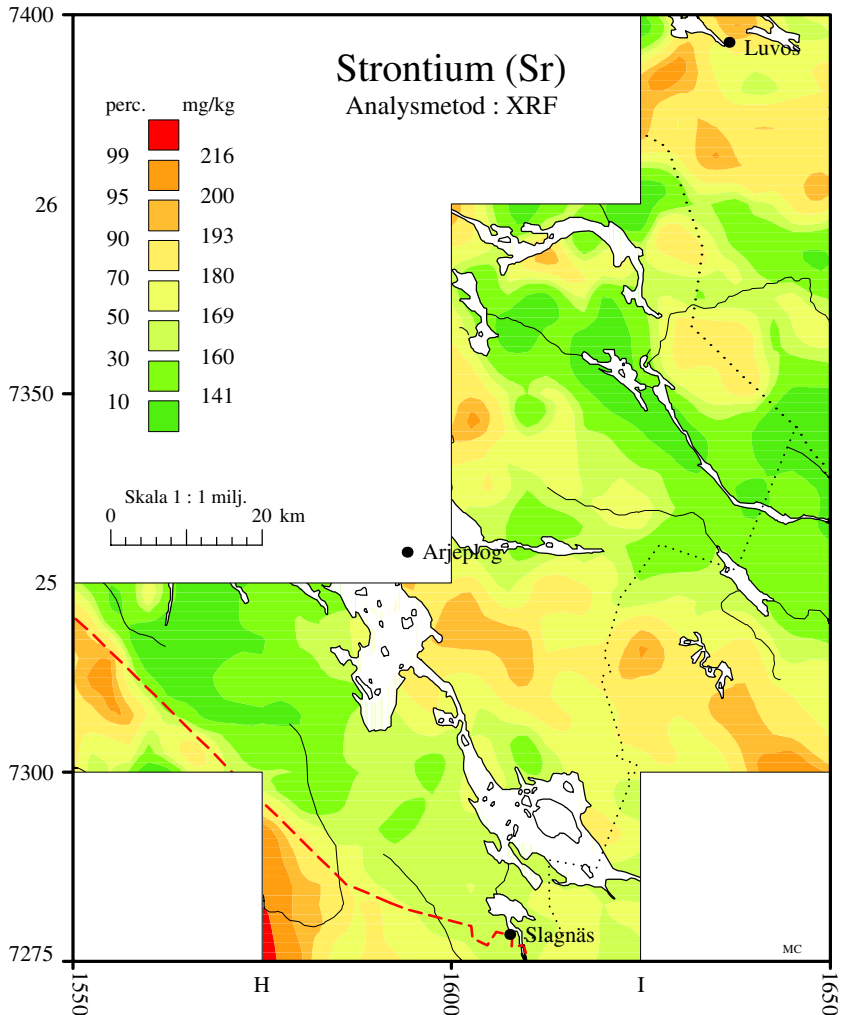
# Markgeokemisk karta

Morän < 0.06 mm.

Kartan visar totalinnehållet av elementet i moräns finmo-, mjäla- och lerfraktion. Klassindelningen för respektive element anges i percentiler beräknade på kartområdets provmängd.

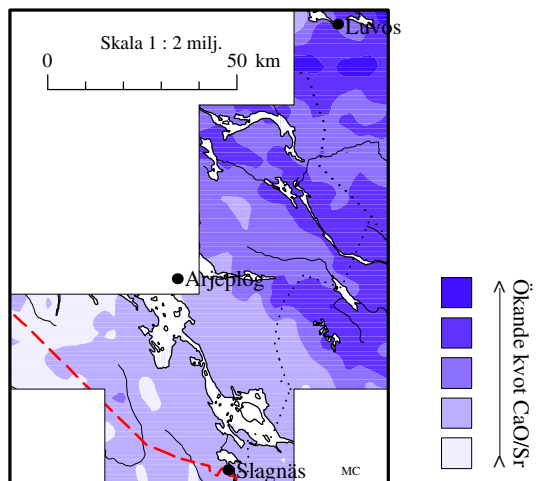


SGU, Geokemiska enheten 1997

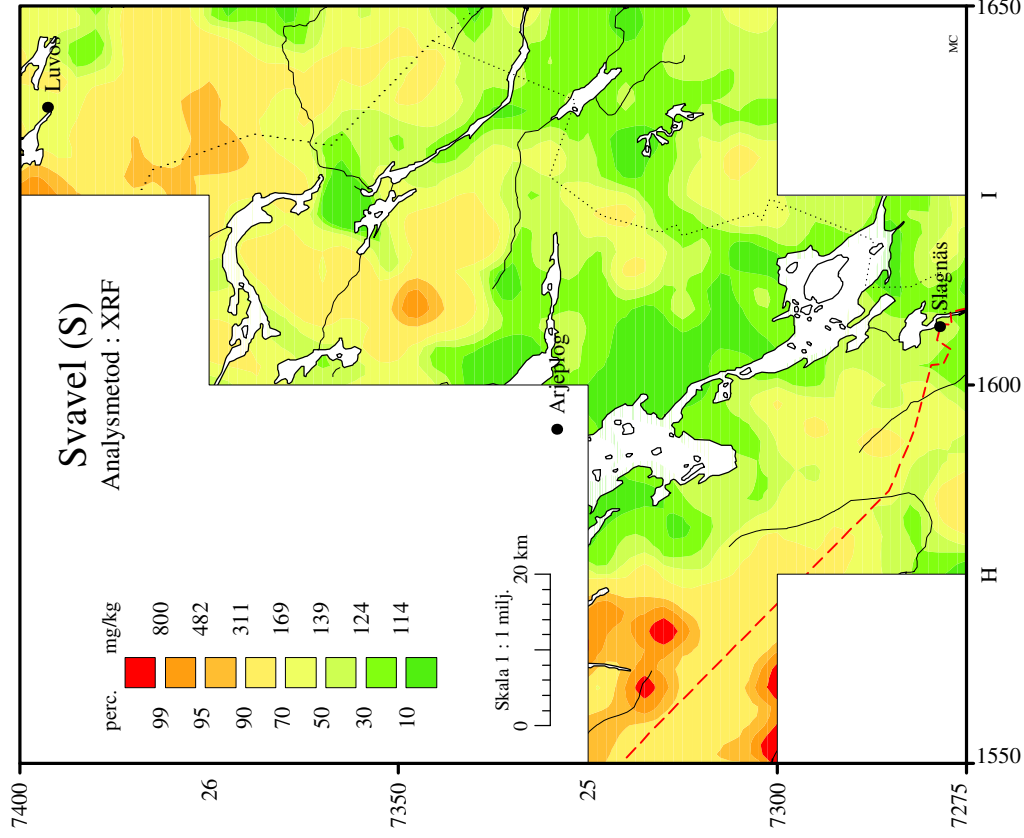


## Kvot CaO/Sr

Beräknad på elementens totalhalter.



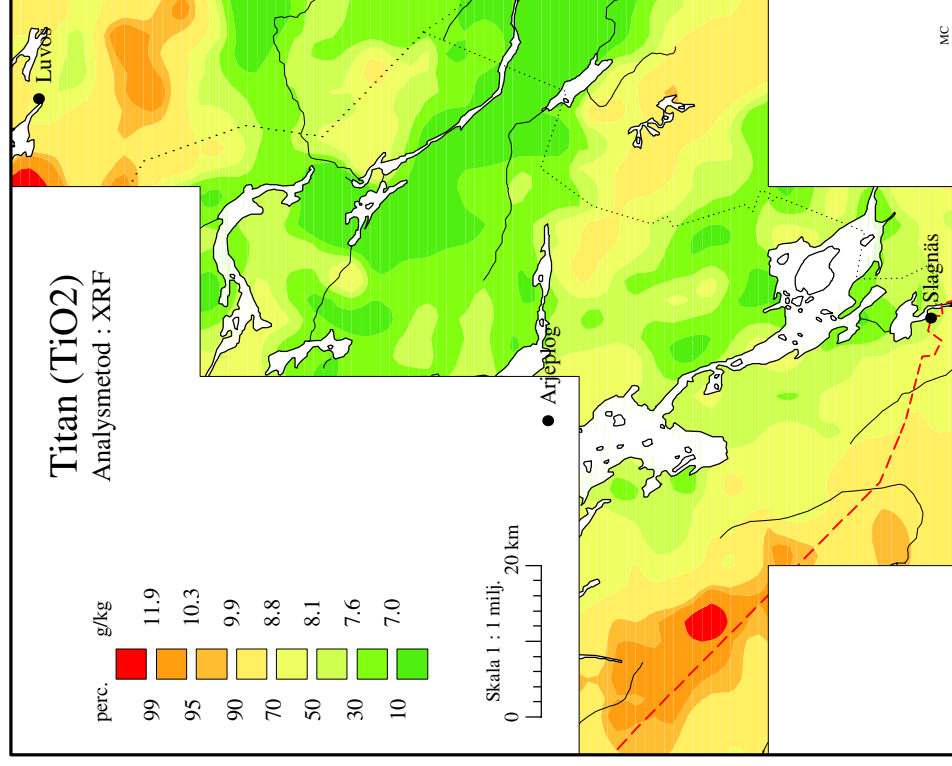
# Markgeokemisk karta

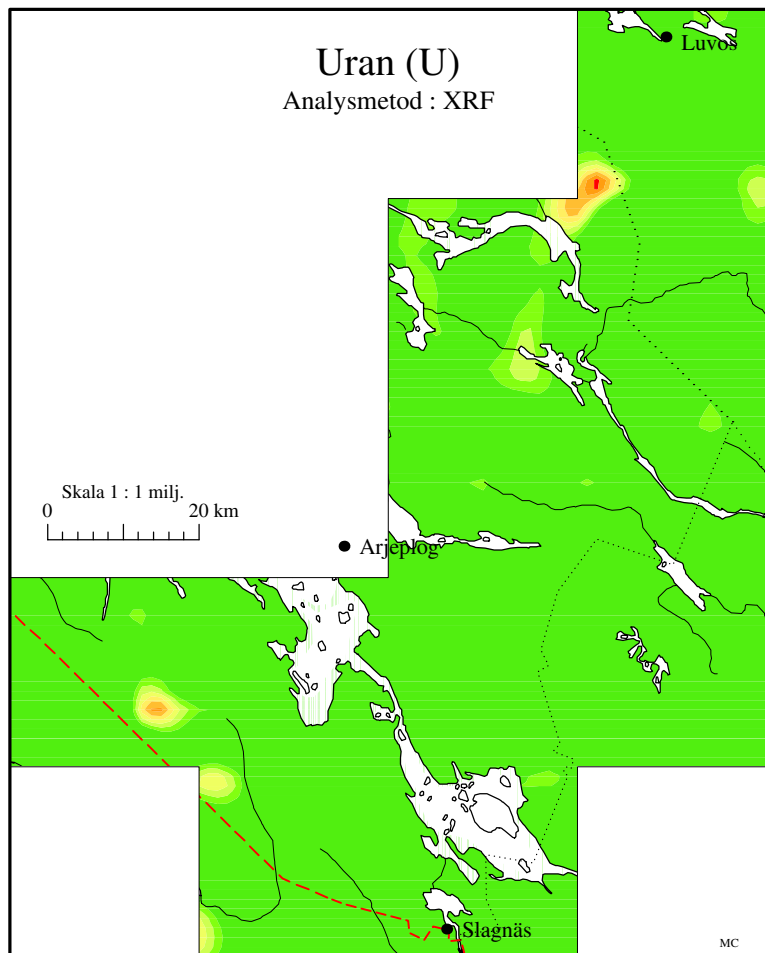


Morän < 0.06 mm.

Kartan visar totalinnehållet av elementet i moräns finmo-, mjåla- och lerfraktion.

Klassindelningen för respektive element anges i percentiler beräknade på kartområdets provmängd.





SGU, Geokemiska enheten 1997

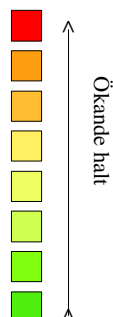
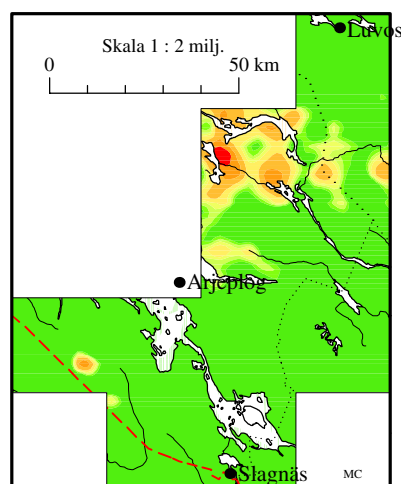
## Markgeokemisk karta

Morän < 0.06 mm.

Kartan visar totalinnehållet av elementet i moränsens finmo-, mjåla- och lerfraktion. Klassindelningen för respektive element anges i percentiler beräknade på kartområdets provmängd.

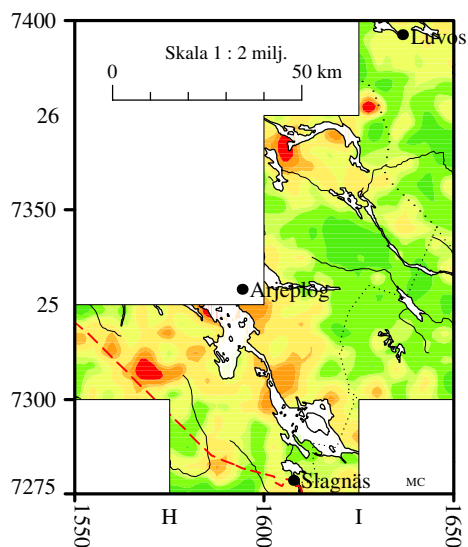
### Thorium (Th)

Analysmetod : XRF



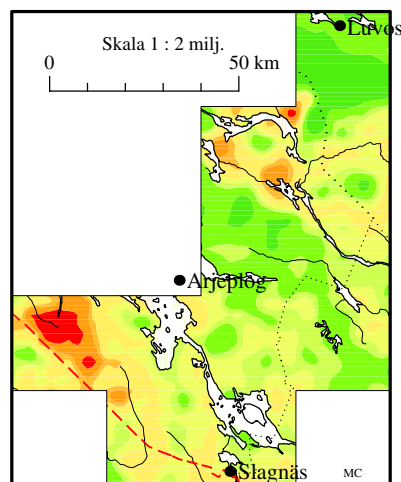
### Lantan (La)

Analysmetod : ICP

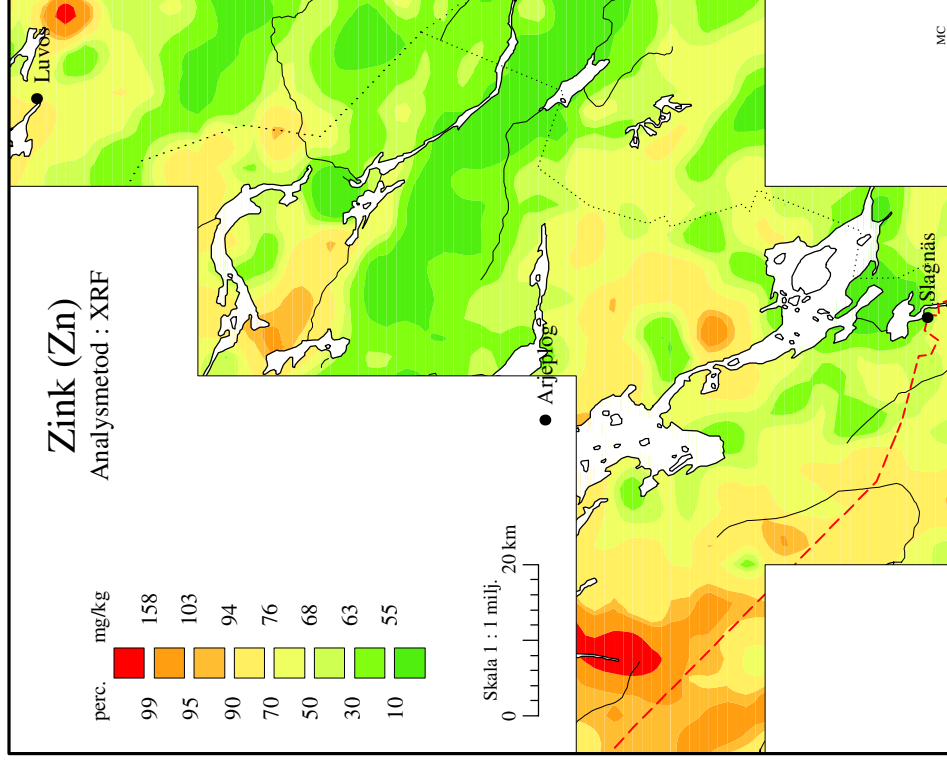
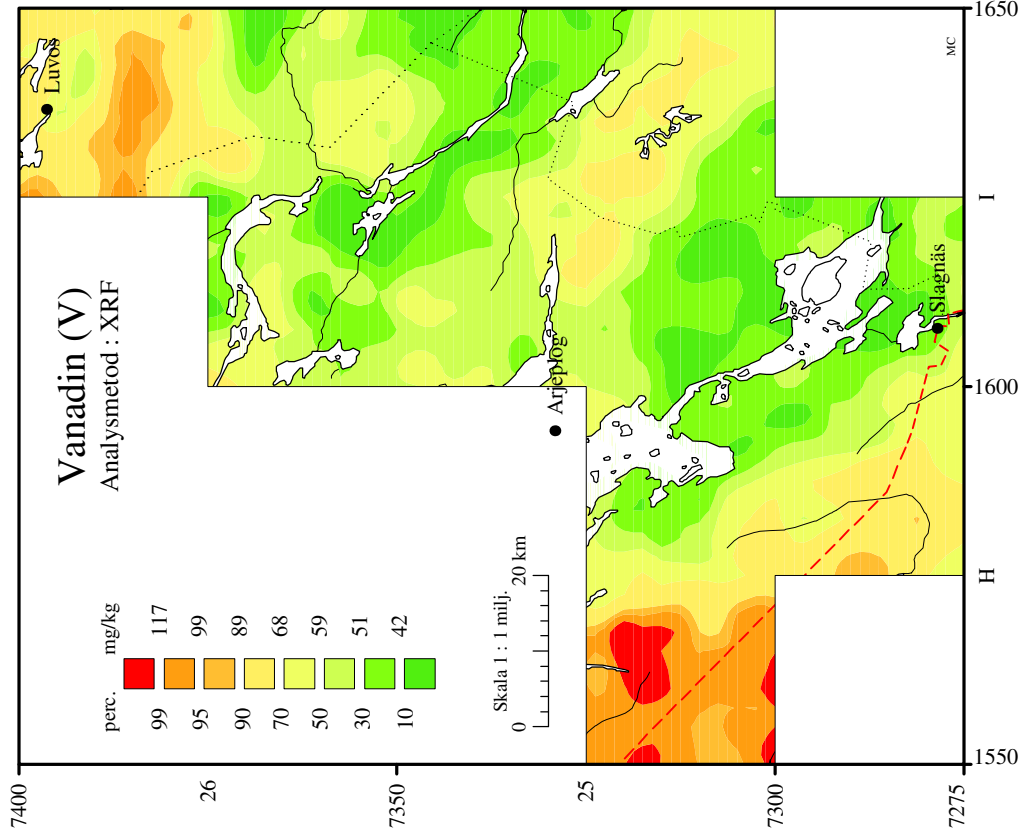


### Rubidium (Rb)

Analysmetod : XRF



# Markgeokemisk karta



Morän < 0.06 mm.

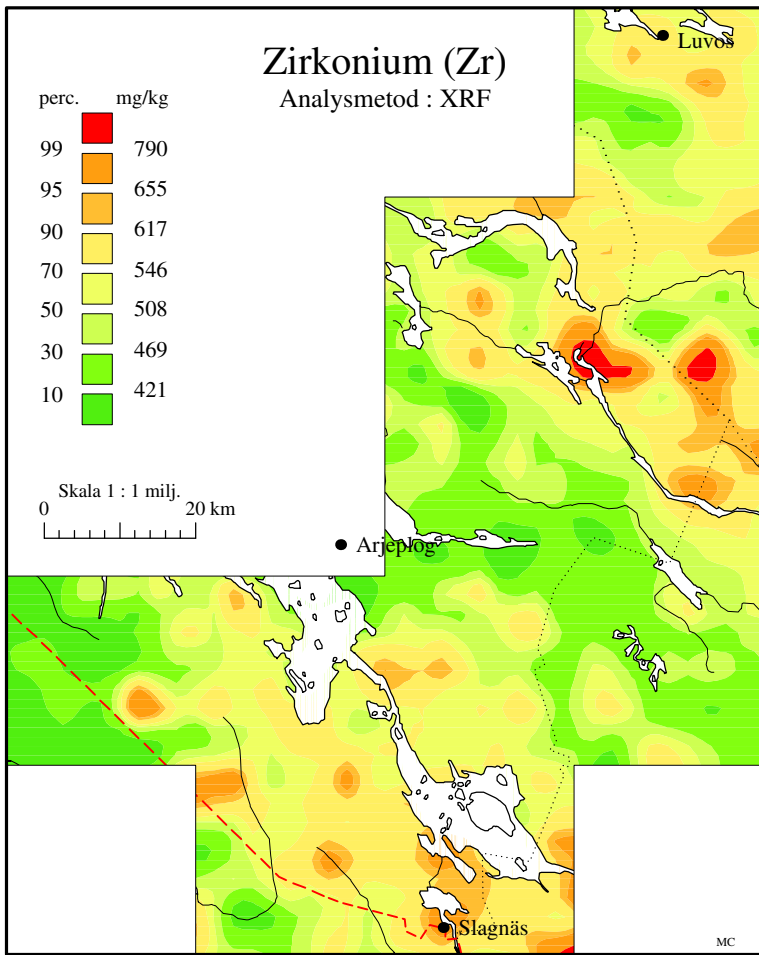
Kartan visar totalinnehållet av elementet i moräns finno-, mjåla- och lerfraktion.

Klassindelningen för respektive element anges i percentiler beräknade på kartområdets provmängd.

# Markgeokemisk karta

Morän < 0.06 mm.

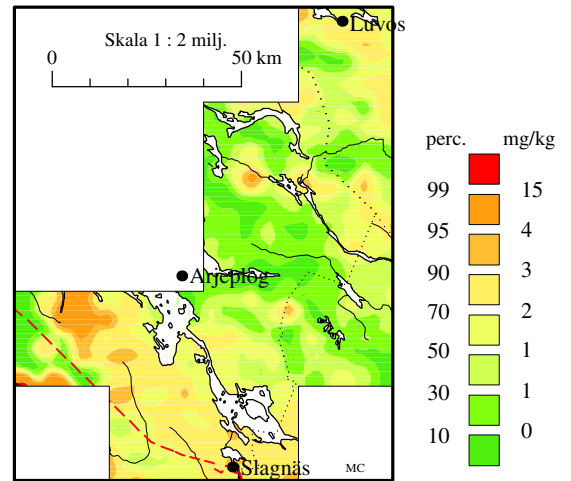
Kartan visar totalinnehållet av elementet i morärens finmo-, mjåla- och lerfraktion. Klassindelningen för respektive element anges i percentiler beräknade på kartområdets provmängd.



SGU, Geokemiska enheten 1997

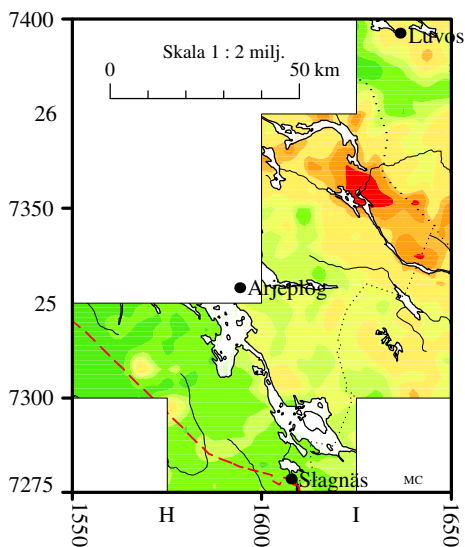
# Molybden (Mo)

Analysmetod : XRF



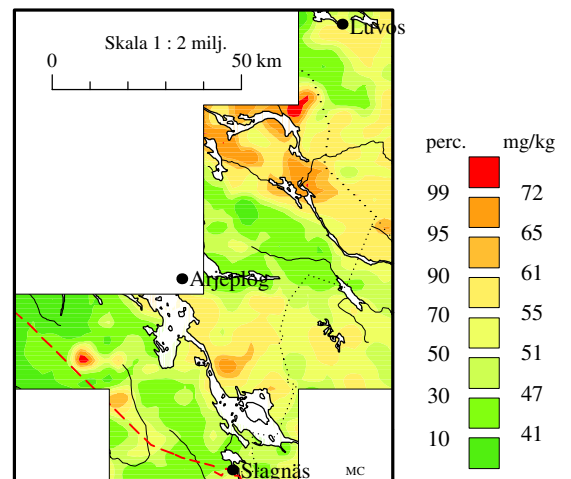
# Volfram (W)

Analysmetod : XRF

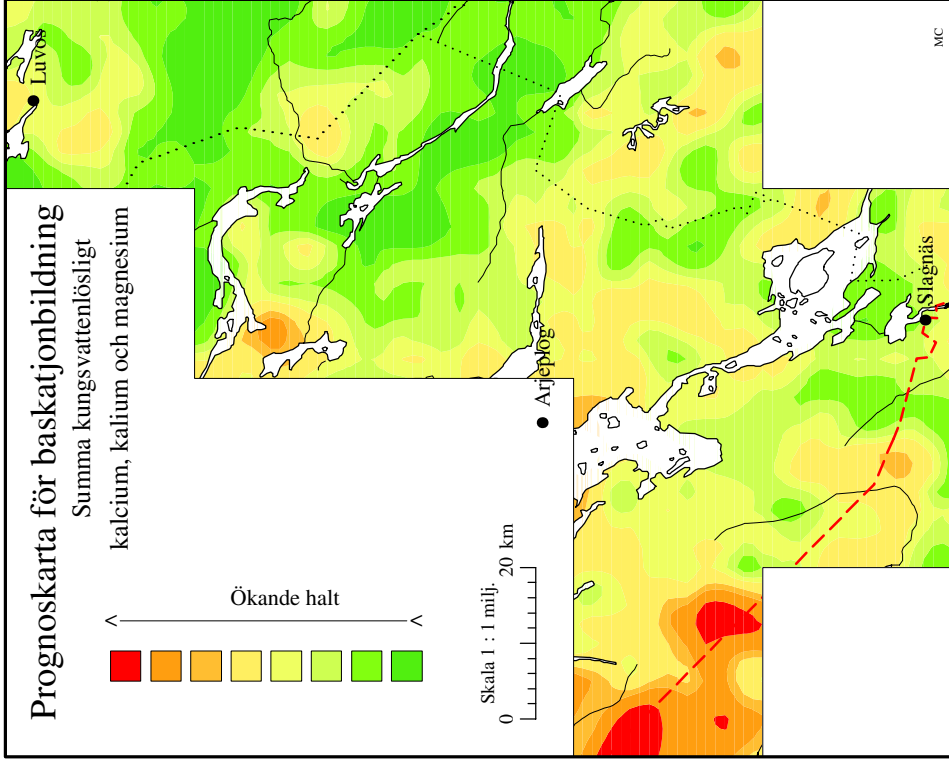
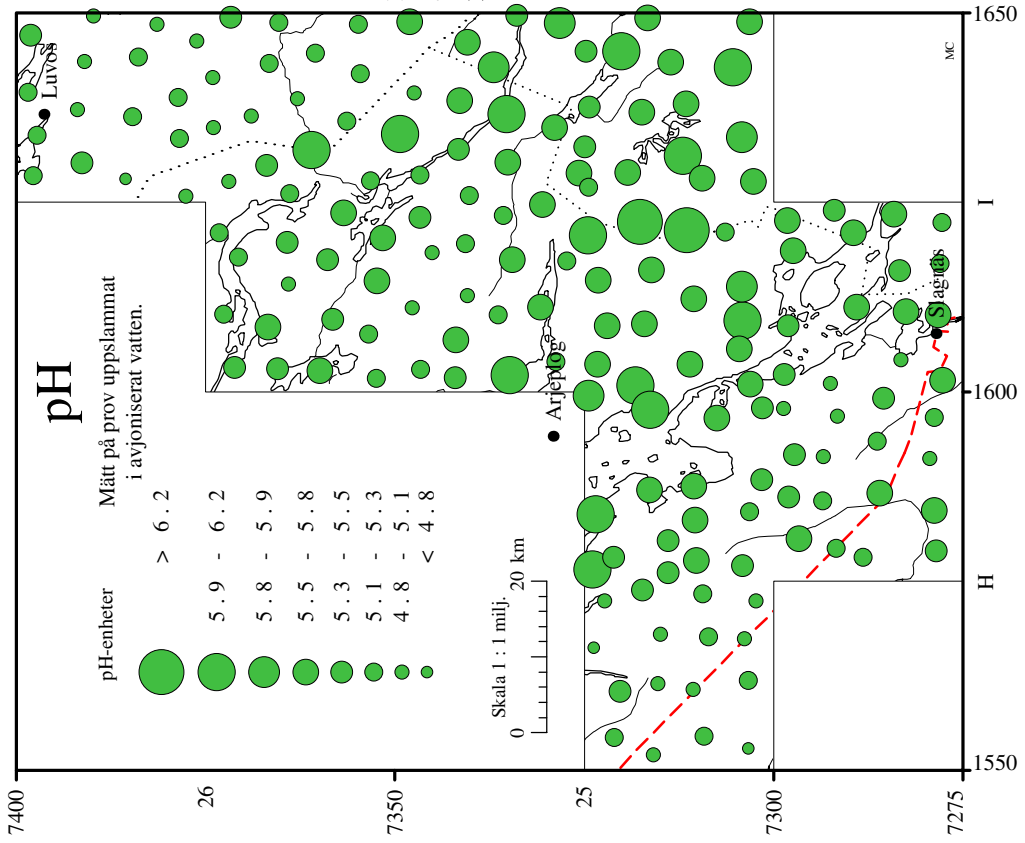


# Yttrium (Y)

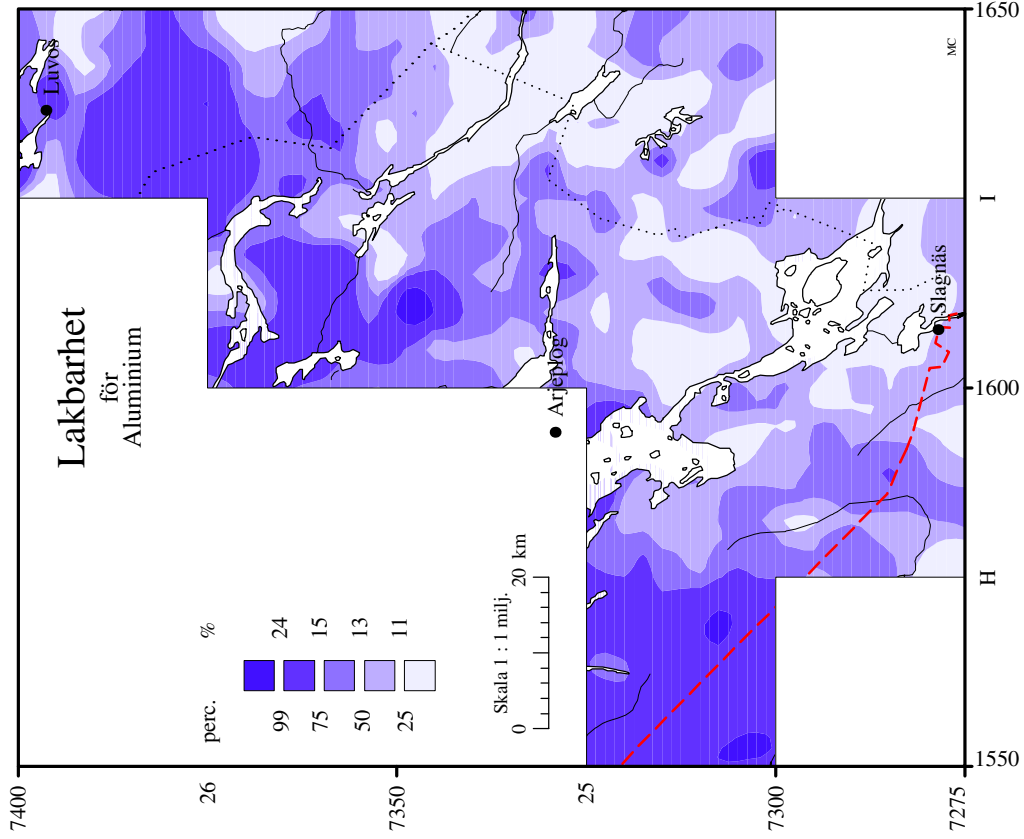
Analysmetod : XRF



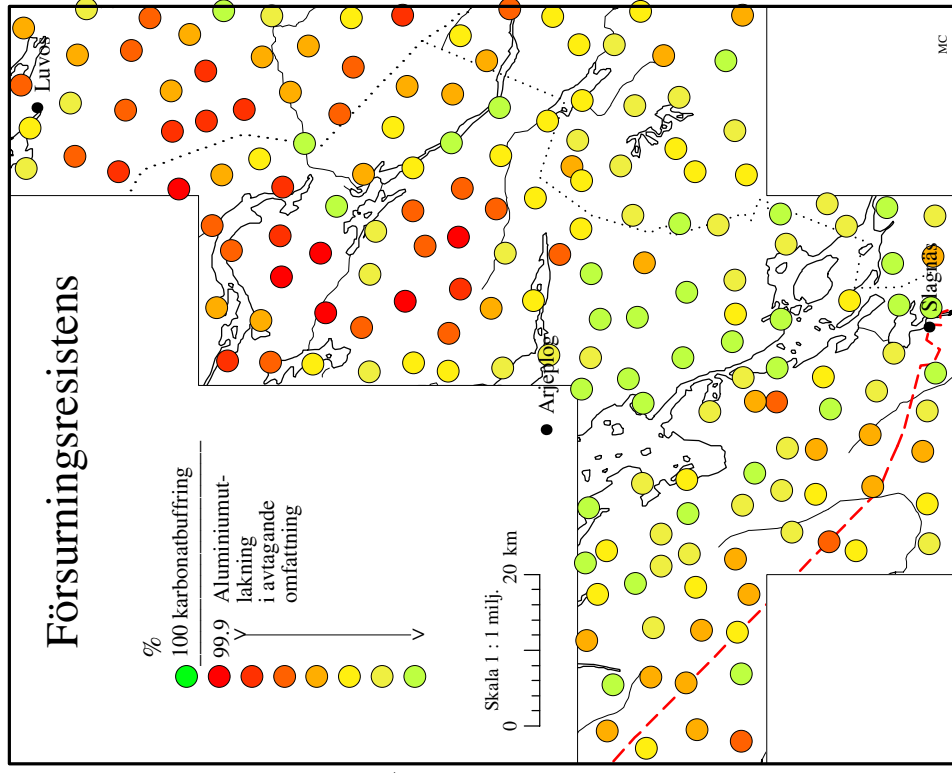
# Markgeokemisk karta



# Markgeokemisk karta



Morän < 0.06 mm.



Klassindelningen för mätvärdena är anpassade till kartområdets provmängd.

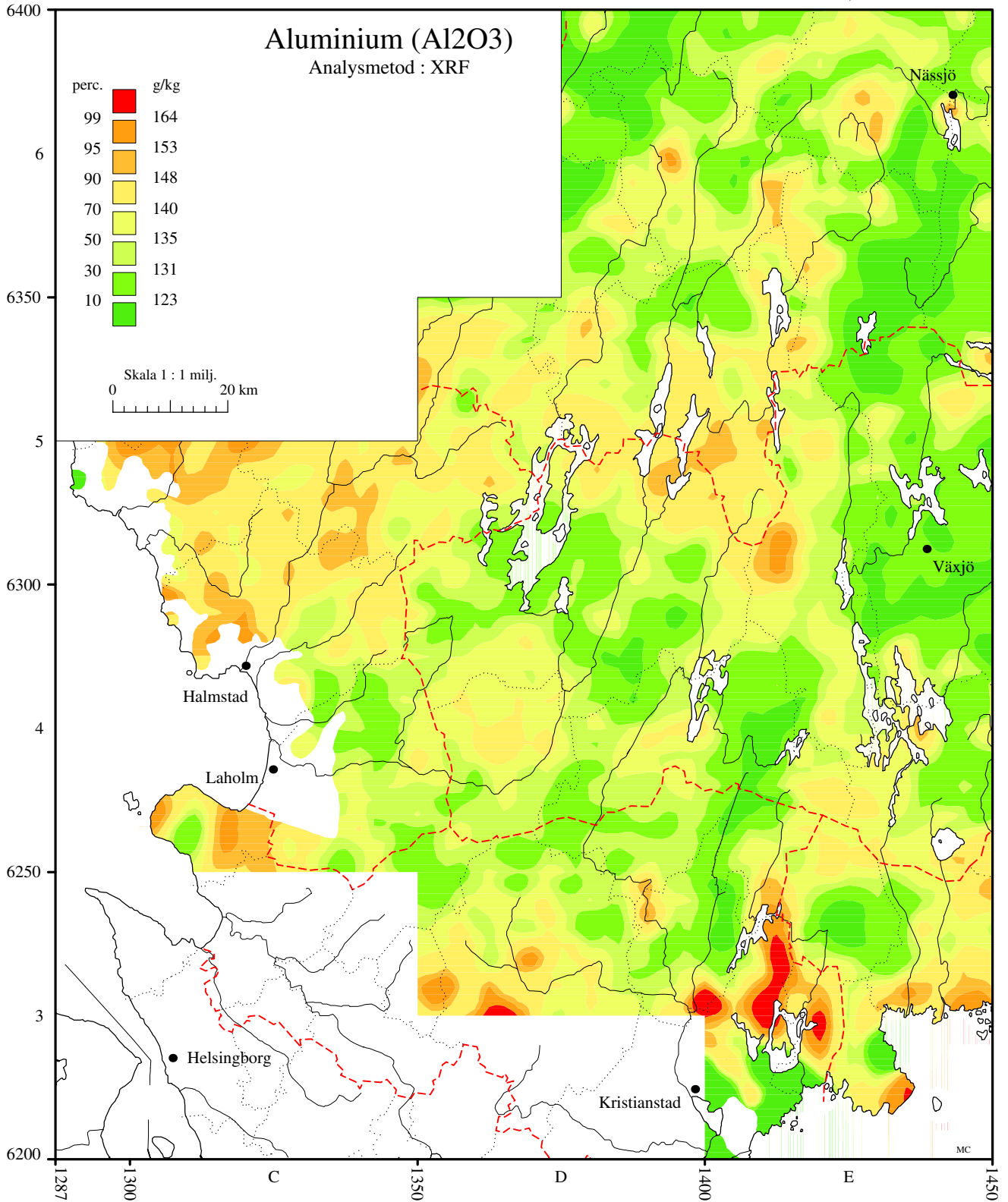
# Markgeokemisk karta

Morän < 0.06 mm.

Kartan visar totalinnehållet av elementet i moränsens finmo-, mjåla- och lerfraktion.

Klassindelningen för respektive element anges i percentilerberäknade på kartområdets provmängd.

SGU, Geokemiska enheten 1997



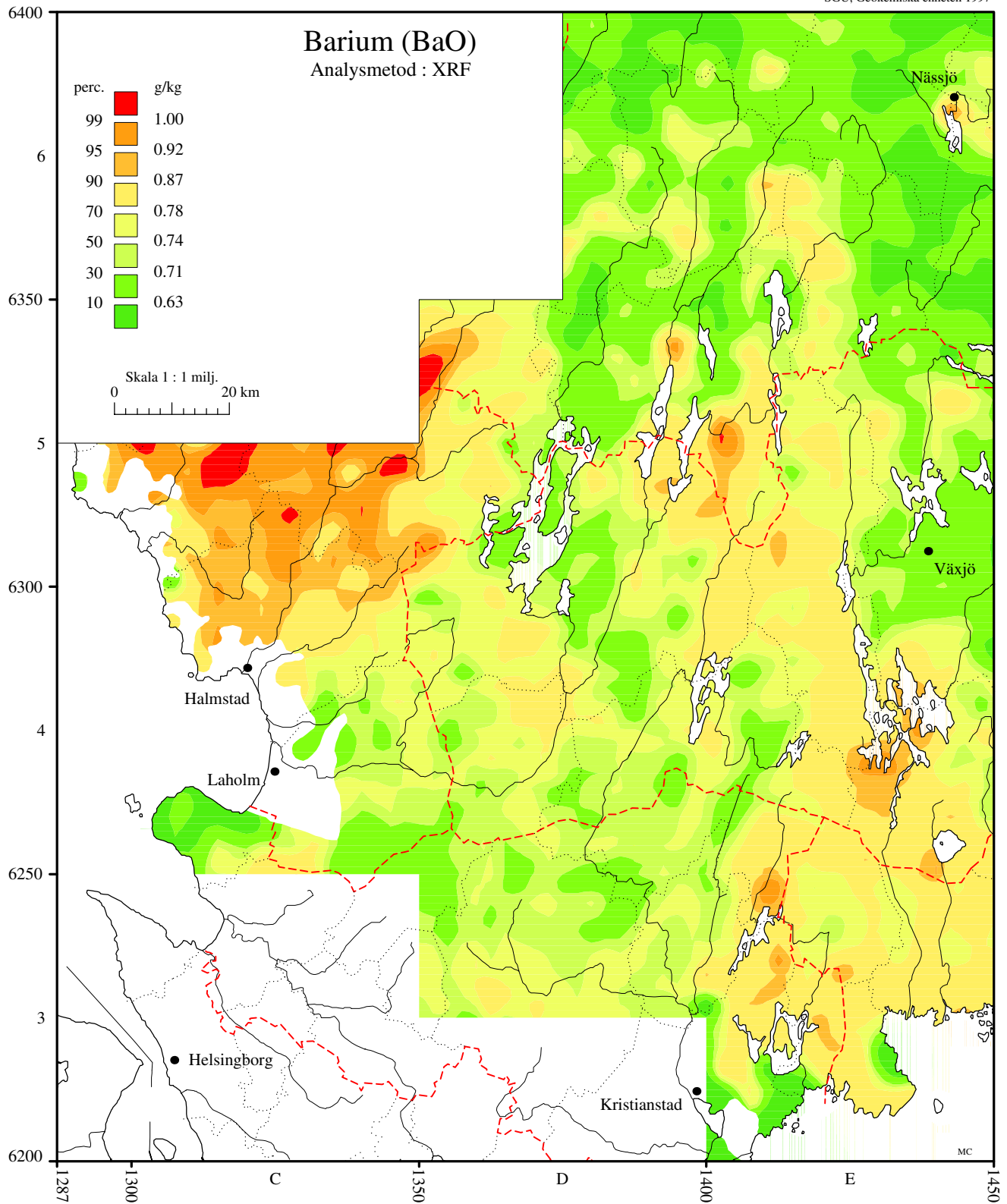
# Markgeokemisk karta

Morän < 0.06 mm.

Kartan visar totalinnehållet av elementet i moräns finmo-, mjåla- och lerfraktion.

Klassindelningen för respektive element anges i percentilerberäknade på kartområdets provmängd.

SGU, Geokemiska enheten 1997



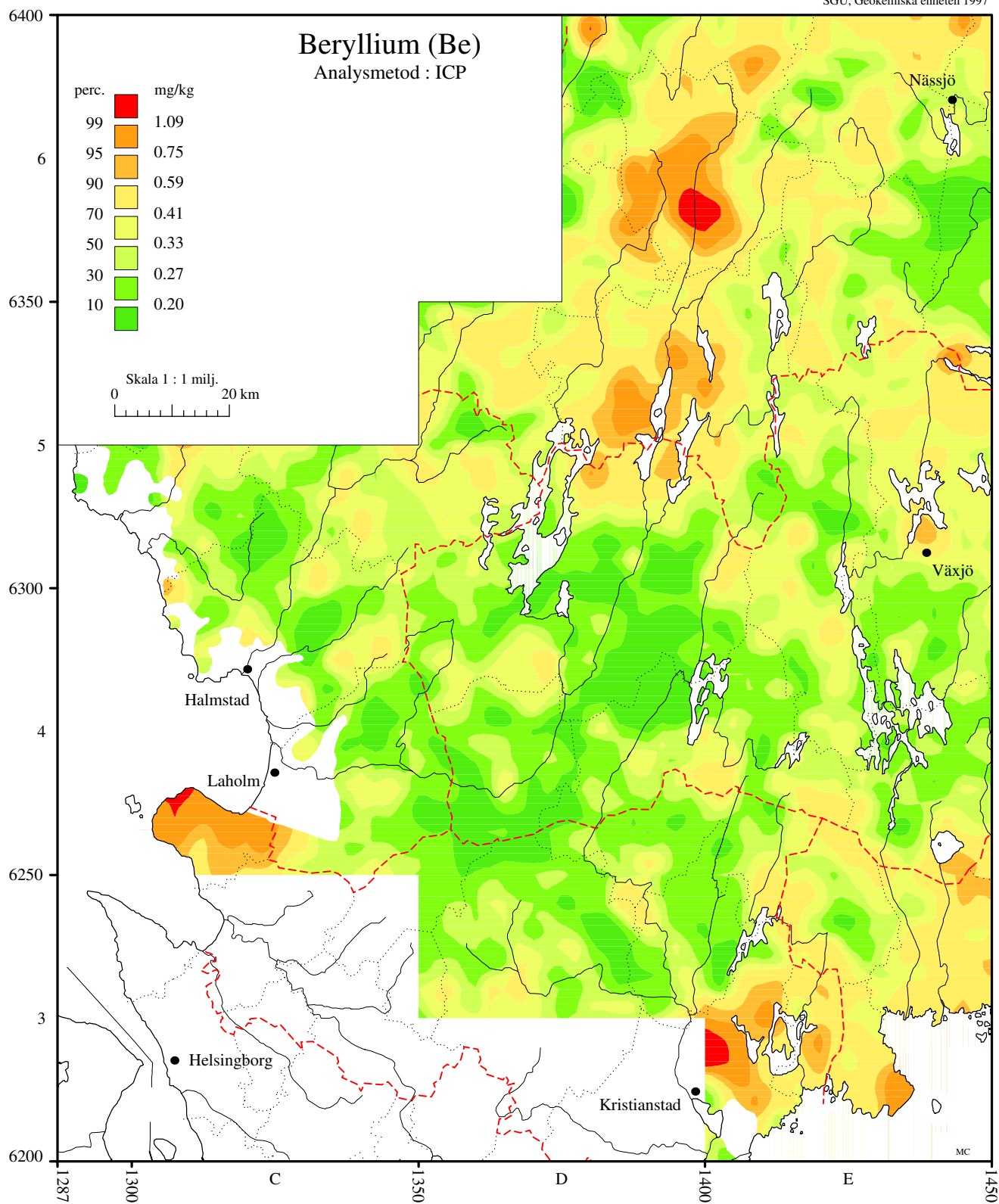
# Markgeokemisk karta

Morän < 0.06 mm.

Kartan visar totalinnehållet av elementet i moräns finmo-, mjåla- och lerfraktion.

Klassindelningen för respektive element anges i percentilerberäknade på kartområdets provmängd.

SGU, Geokemiska enheten 1997



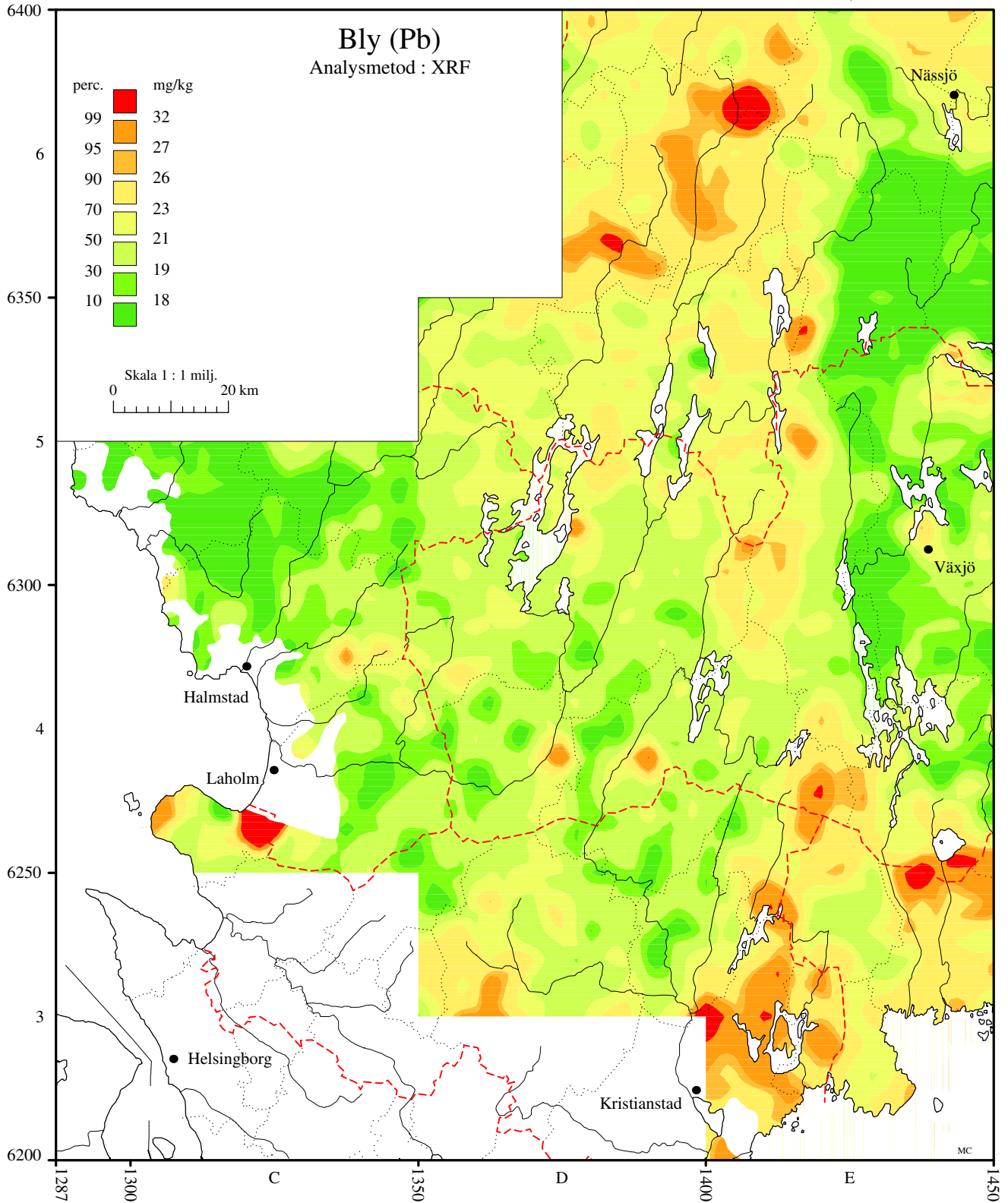
# Markgeokemisk karta

Morän < 0.06 mm.

Kartan visar totalinnehållet av elementet i moränens finmo-, mjäla- och lerfraktion.

Klassindelningen för respektive element anges i percentilerberäknade på kartområdets provmängd.

SGU, Geokemiska enheten 1997



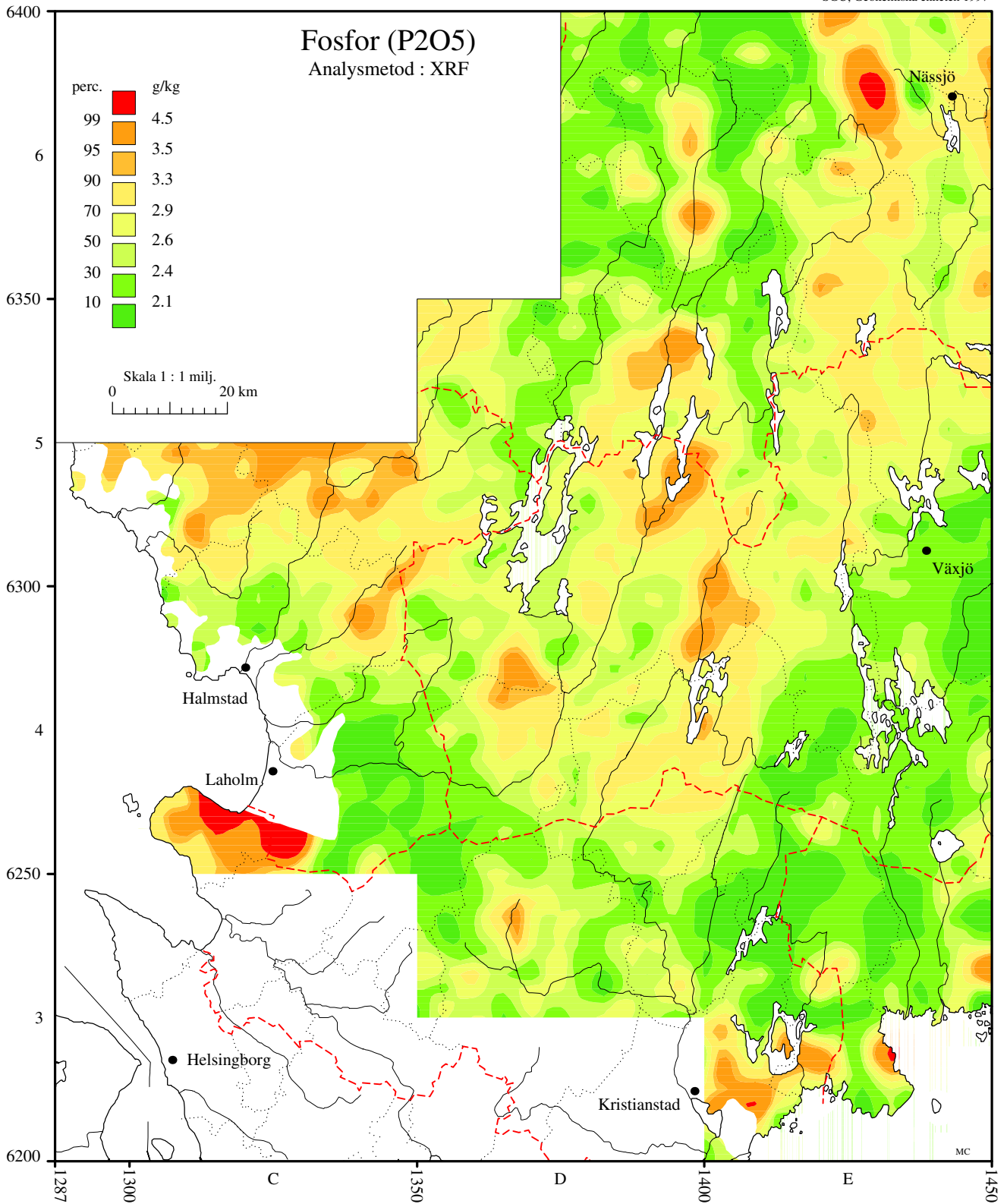
# Markgeokemisk karta

Morän < 0.06 mm.

Kartan visar totalinnehållet av elementet i moränens finmo-, mjäla- och lerfraktion.

Klassindelningen för respektive element anges i percentilerberäknade på kartområdets provmängd.

SGU, Geokemiska enheten 1997



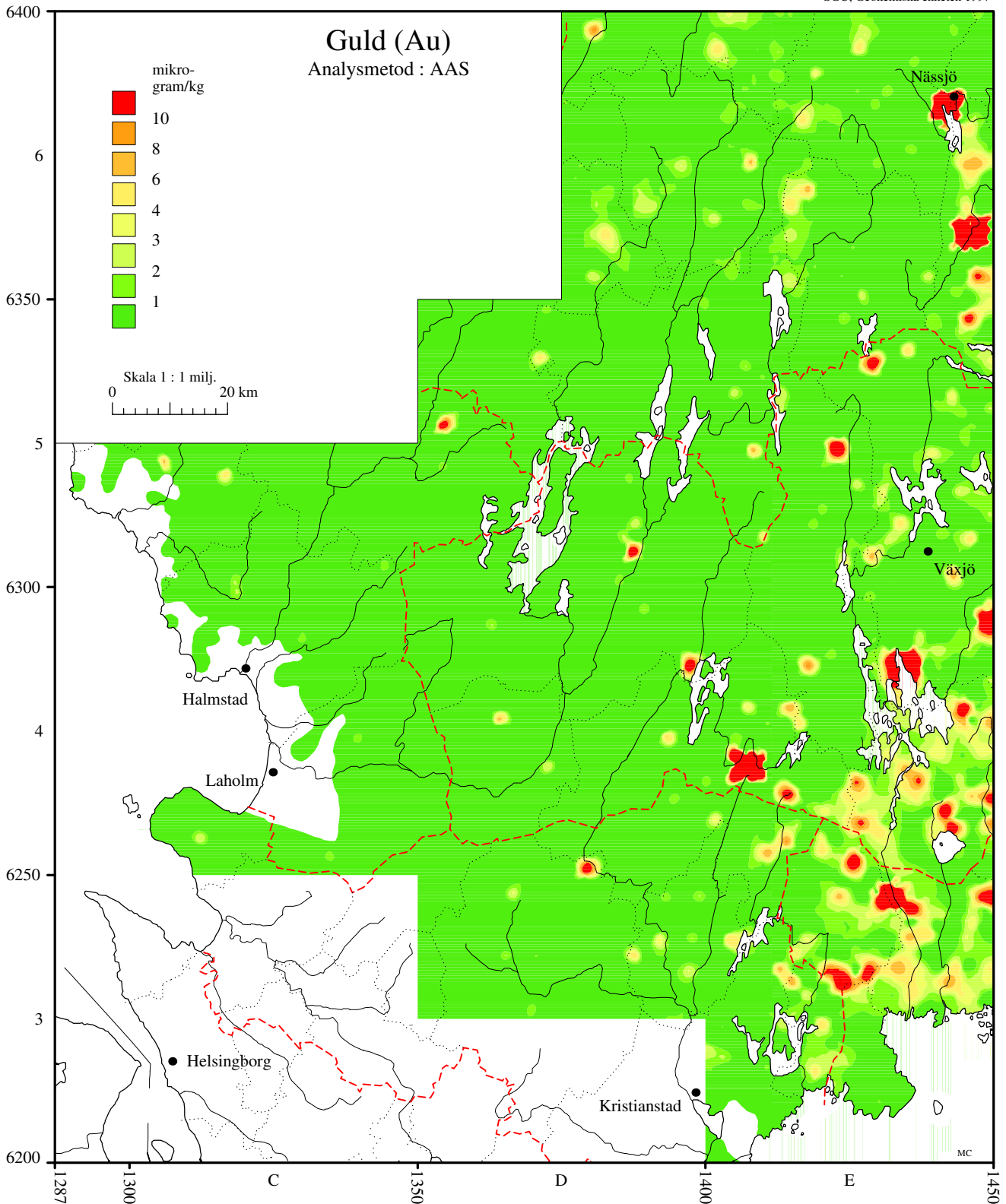
# Markgeokemisk karta

Morän < 0.06 mm.

Kartan visar totalinnehållet av elementet i moränens finmo-, mjåla- och lerfraktion.

Klassindelningen för respektive element anges i percentilerberäknade på kartområdets provmängd.

SGU, Geokemiska enheten 1997



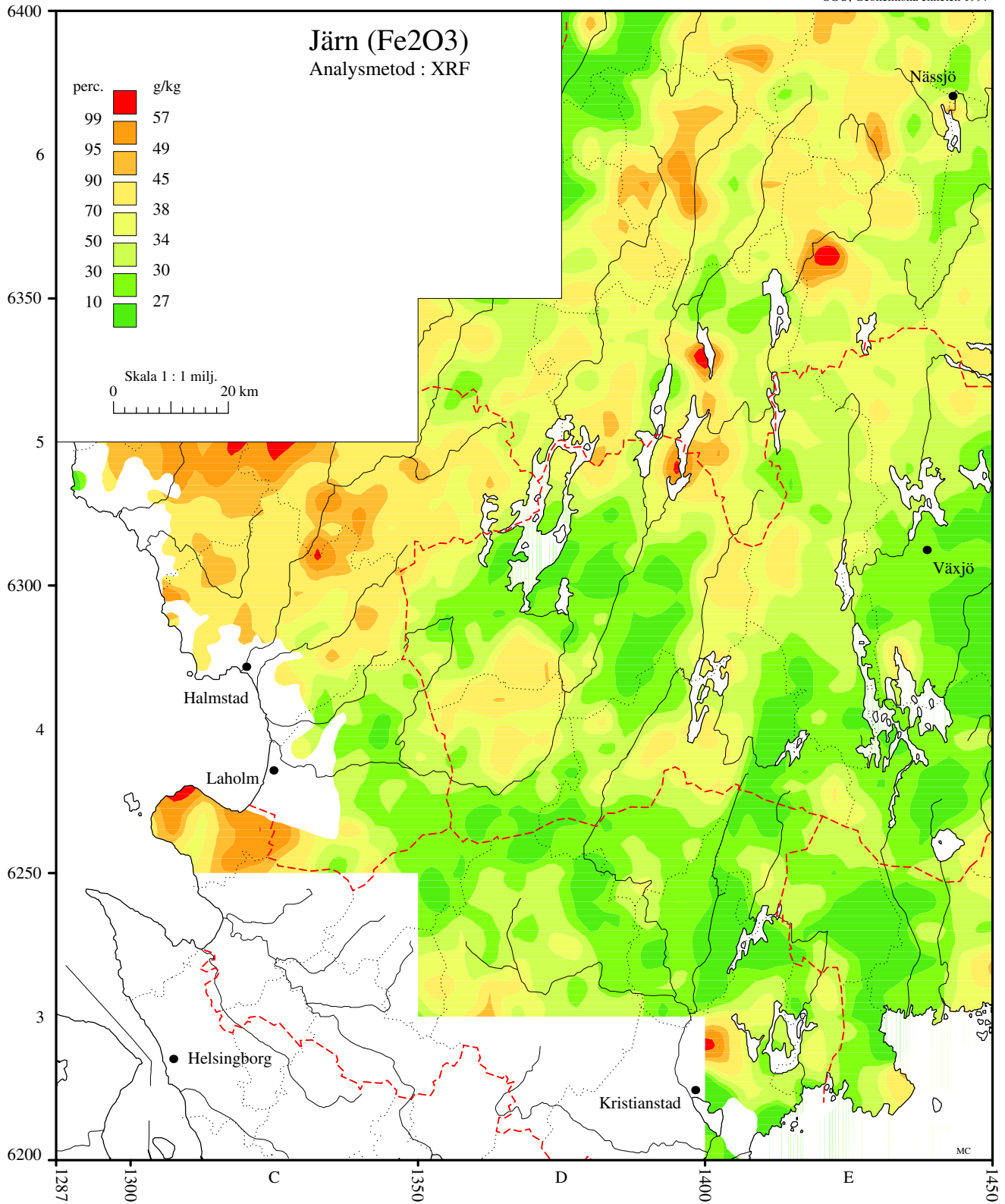
# Markgeokemisk karta

Morän < 0.06 mm.

Kartan visar totalinnehållet av elementet i moränens finmo-, mjåla- och lerfraktion.

Klassindelningen för respektive element anges i percentilerberäknade på kartområdets provmängd.

SGU, Geokemiska enheten 1997

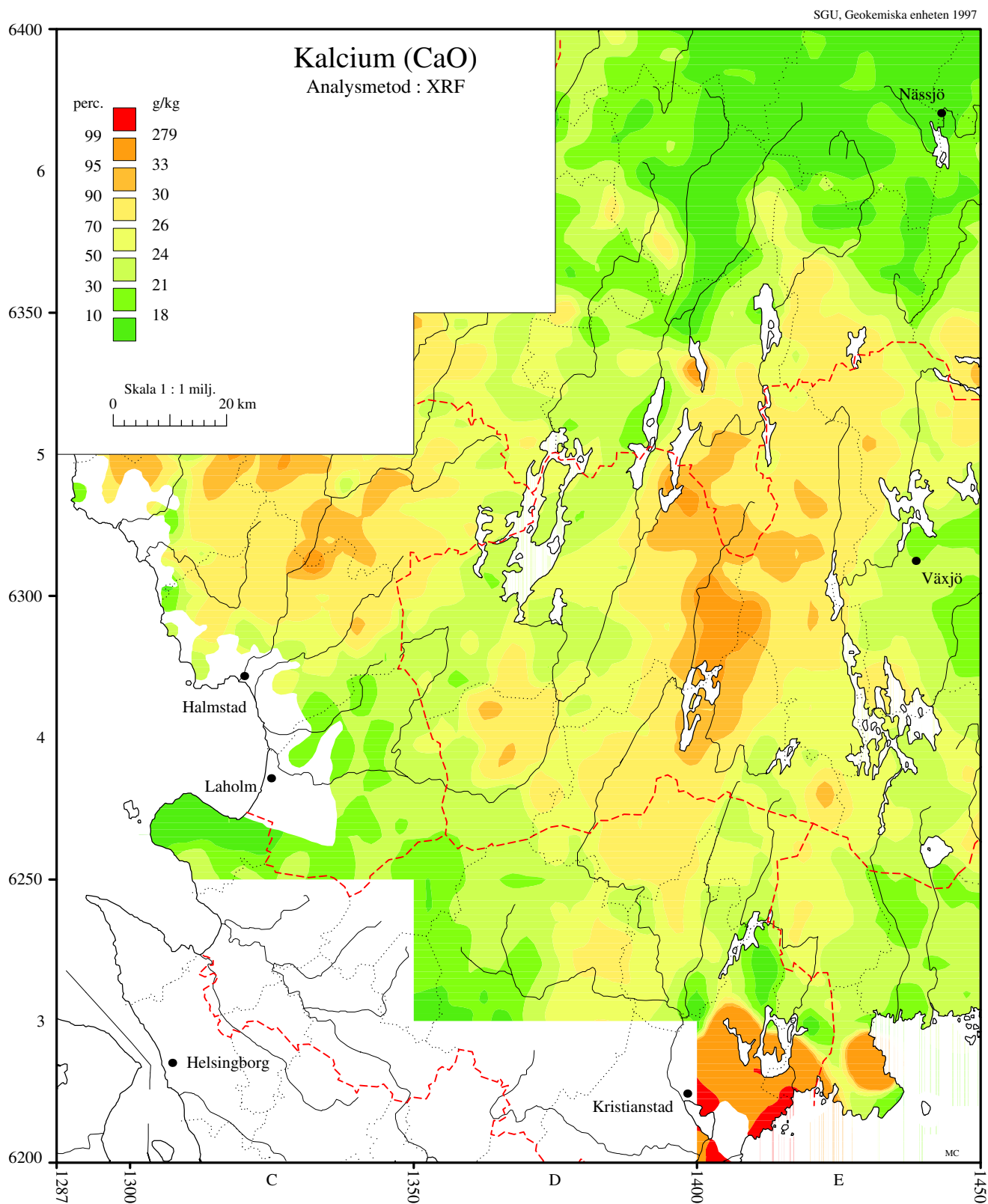


# Markgeokemisk karta

Morän < 0.06 mm.

Kartan visar totalinnehållet av elementet i moränens finmo-, mjåla- och lerfraktion.

Klassindelningen för respektive element anges i percentilberäknade på kartområdets provmängd.



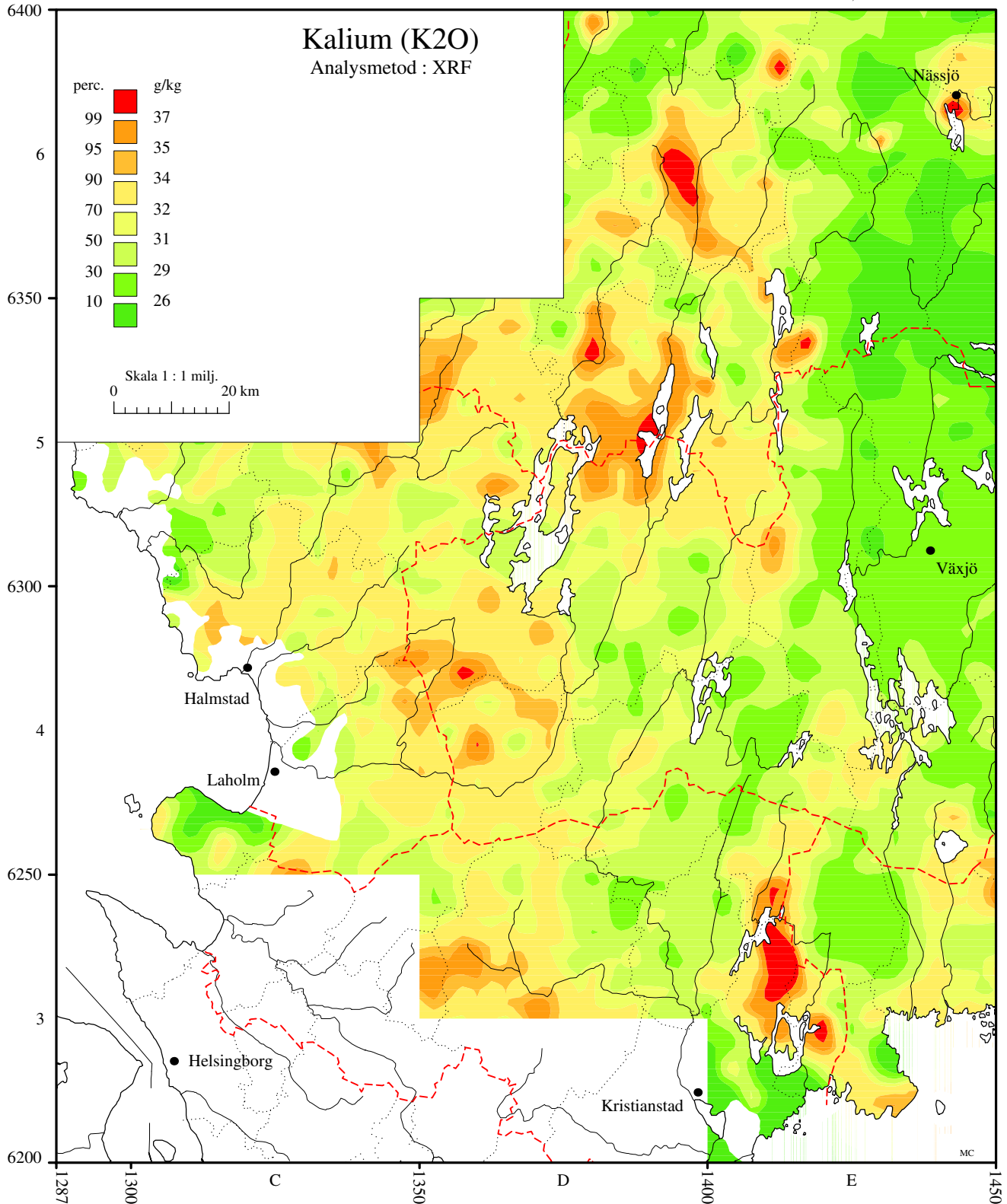
# Markgeokemisk karta

Morän < 0.06 mm.

Kartan visar totalinnehållet av elementet i moränens finno-, mjåla- och lerfraktion.

Klassindelningen för respektive element anges i percentilerberäknade på kartområdets provmängd.

SGU, Geokemiska enheten 1997



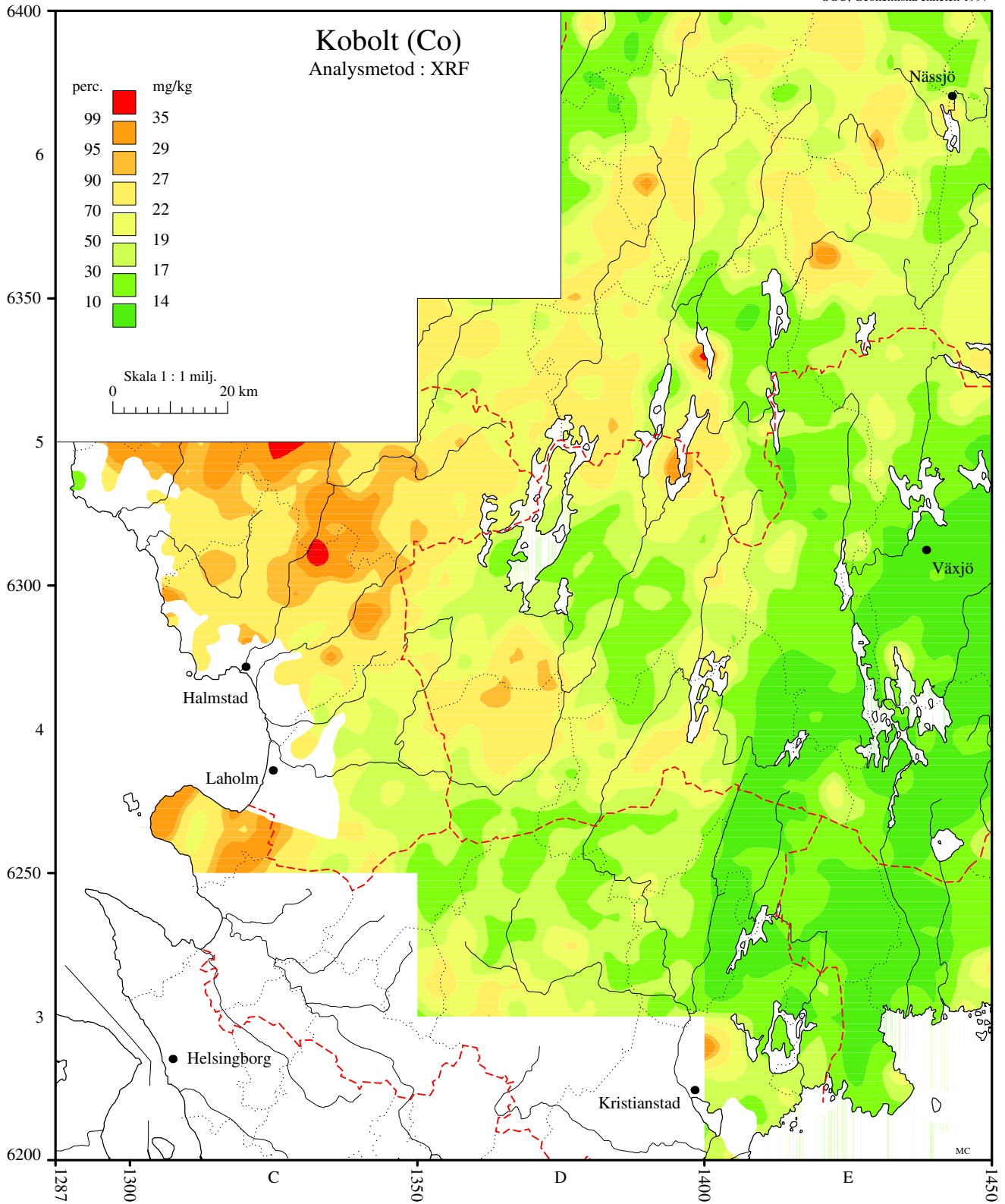
# Markgeokemisk karta

Morän < 0.06 mm.

Kartan visar totalinnehållet av elementet i moräns finno-, mjåla- och lerfraktion.

Klassindelningen för respektive element anges i percentilerberäknade på kartområdets provmängd.

SGU, Geokemiska enheten 1997



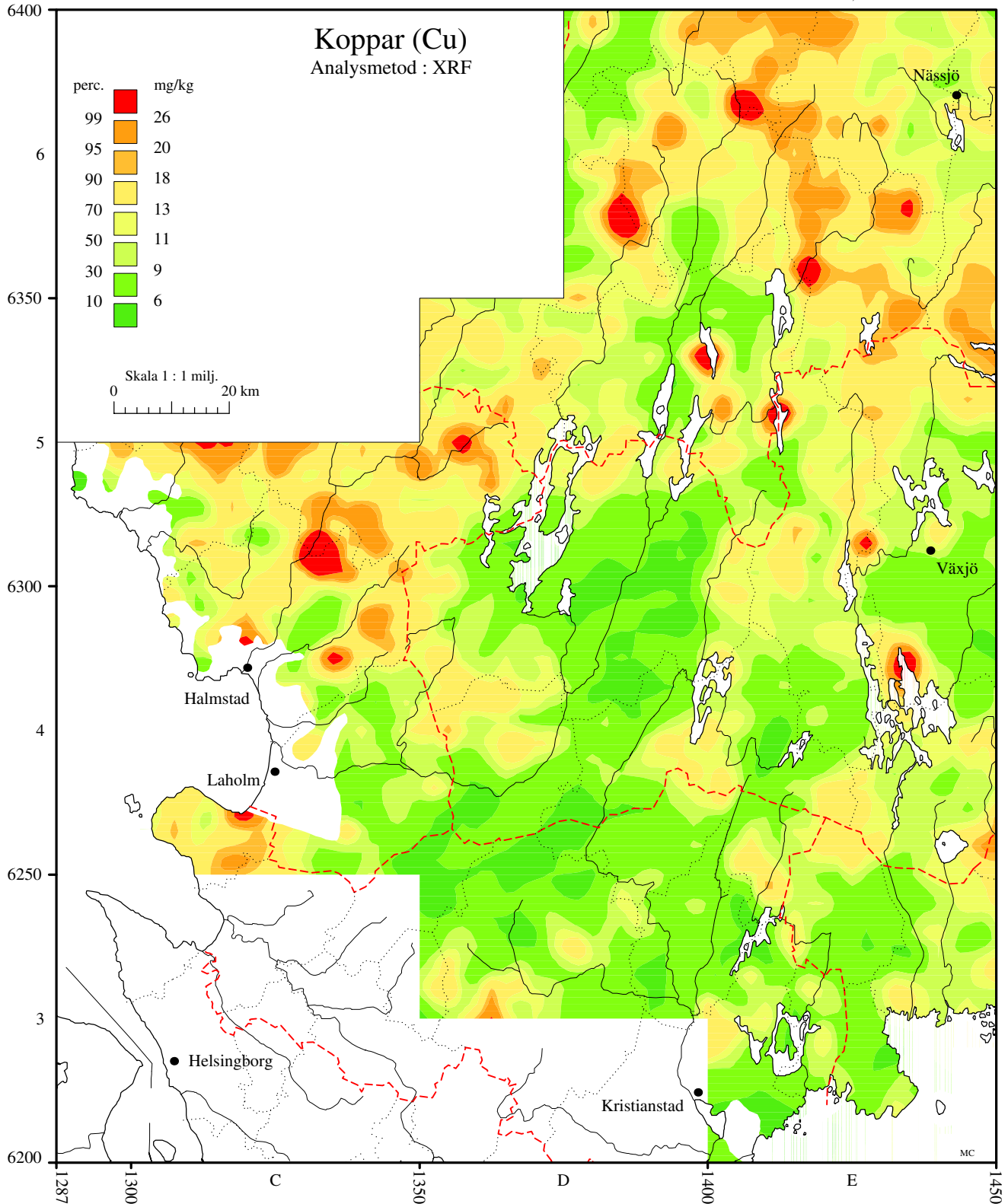
# Markgeokemisk karta

Morän < 0.06 mm.

Kartan visar totalinnehållet av elementet i morärens finmo-, mjåla- och lerfraktion.

Klassindelningen för respektive element anges i percentilerberäknade på kartområdets provmängd.

SGU, Geokemiska enheten 1997



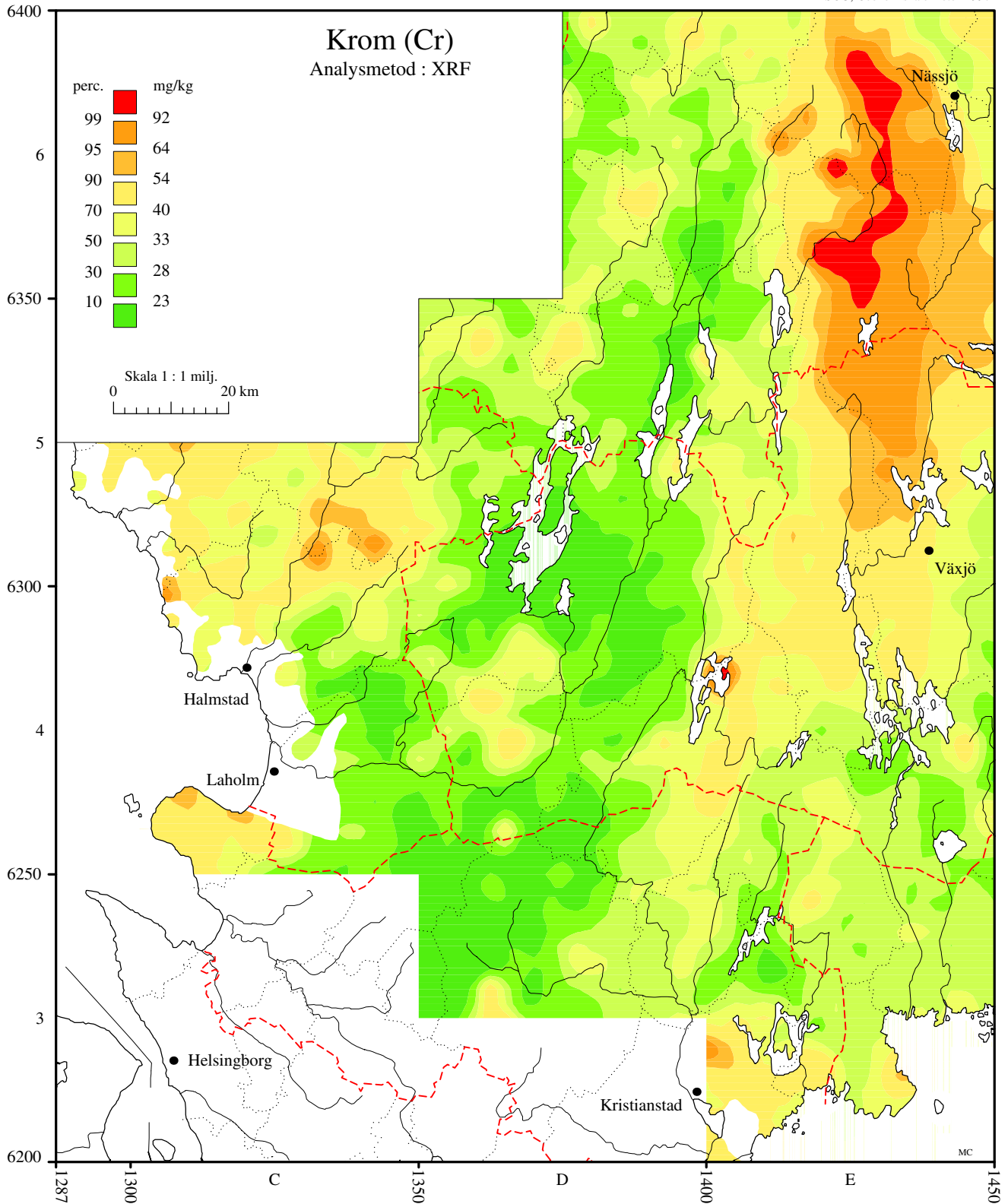
# Markgeokemisk karta

Morän < 0.06 mm.

Kartan visar totalinnehållet av elementet i moränsens finmo-, mjåla- och lerfraktion.

Klassindelningen för respektive element anges i percentilberäknade på kartområdets provmängd.

SGU, Geokemiska enheten 1997



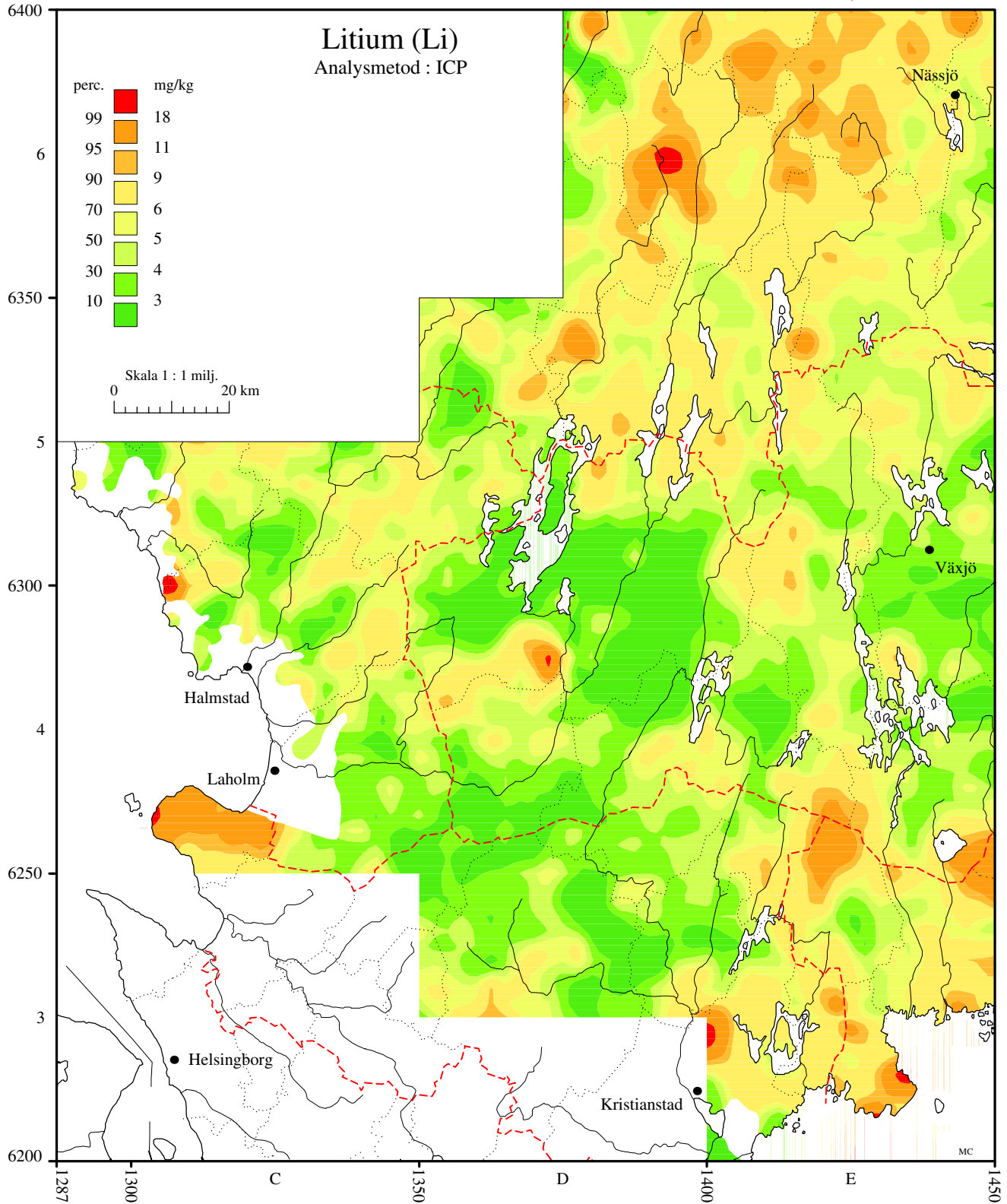
# Markgeokemisk karta

Morän < 0.06 mm.

Kartan visar totalinnehållet av elementet i morärens finno-, mjåla- och lerfraktion.

Klassindelningen för respektive element anges i percentilerberäknade på kartområdets provmängd.

SGU, Geokemiska enheten 1997



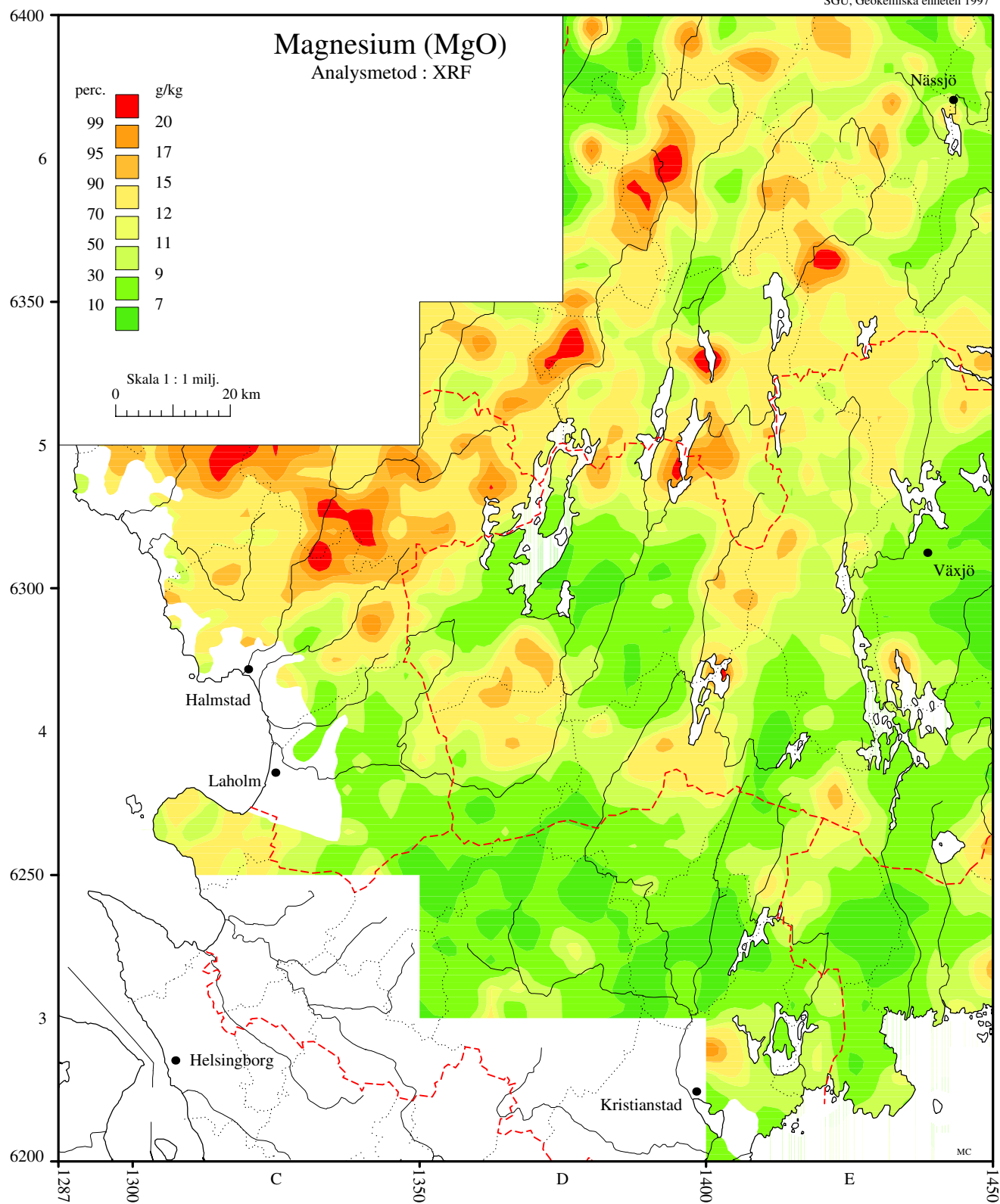
# Markgeokemisk karta

Morän < 0.06 mm.

Kartan visar totalinnehållet av elementet i moränens finmo-, mjåla- och lerfraktion.

Klassindelningen för respektive element anges i percentilerberäknade på kartområdets provmängd.

SGU, Geokemiska enheten 1997



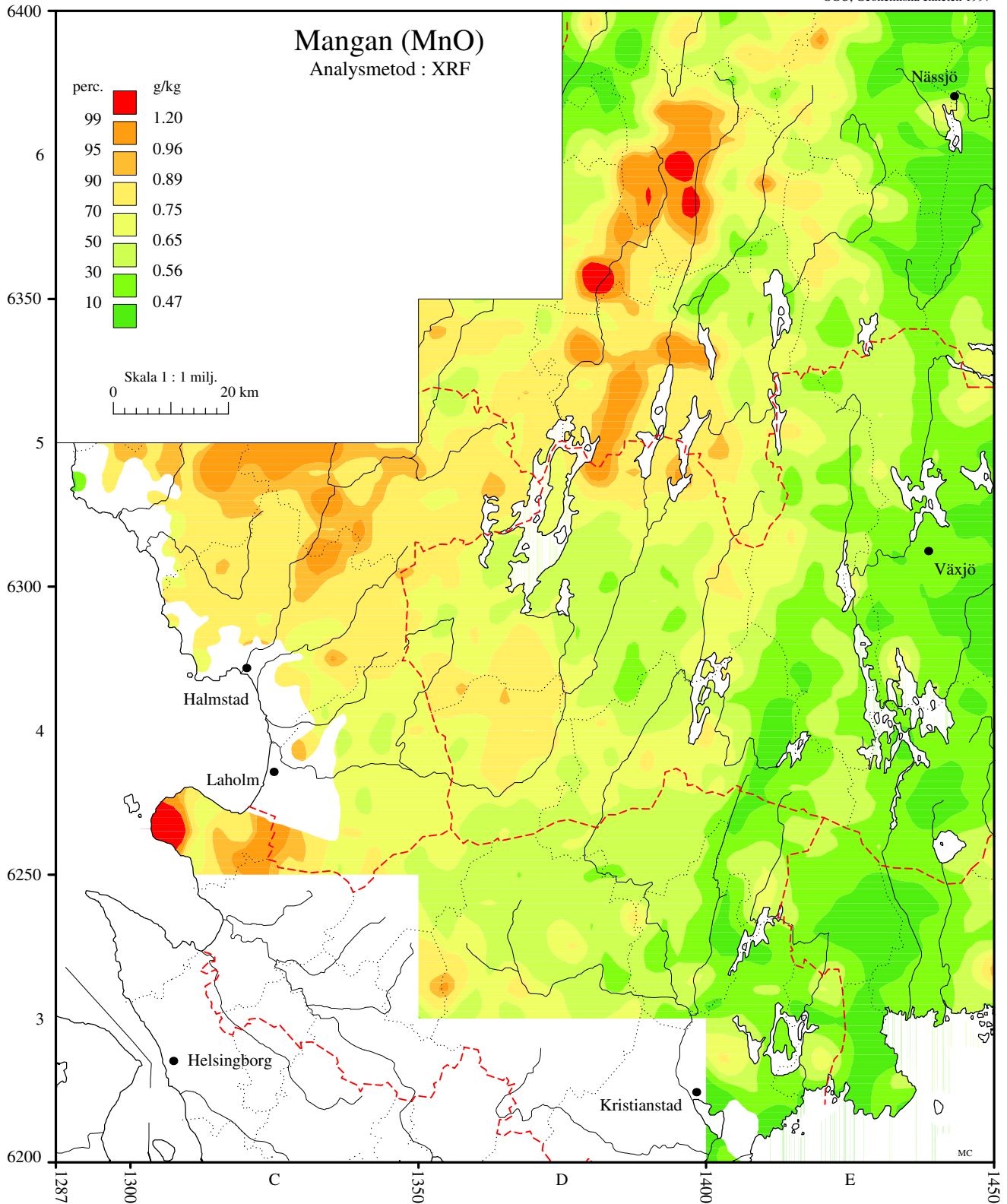
# Markgeokemisk karta

Morän < 0.06 mm.

Kartan visar totalinnehållet av elementet i moräns finmo-, mjåla- och lerfraktion.

Klassindelningen för respektive element anges i percentilberäknade på kartområdets provmängd.

SGU, Geokemiska enheten 1997



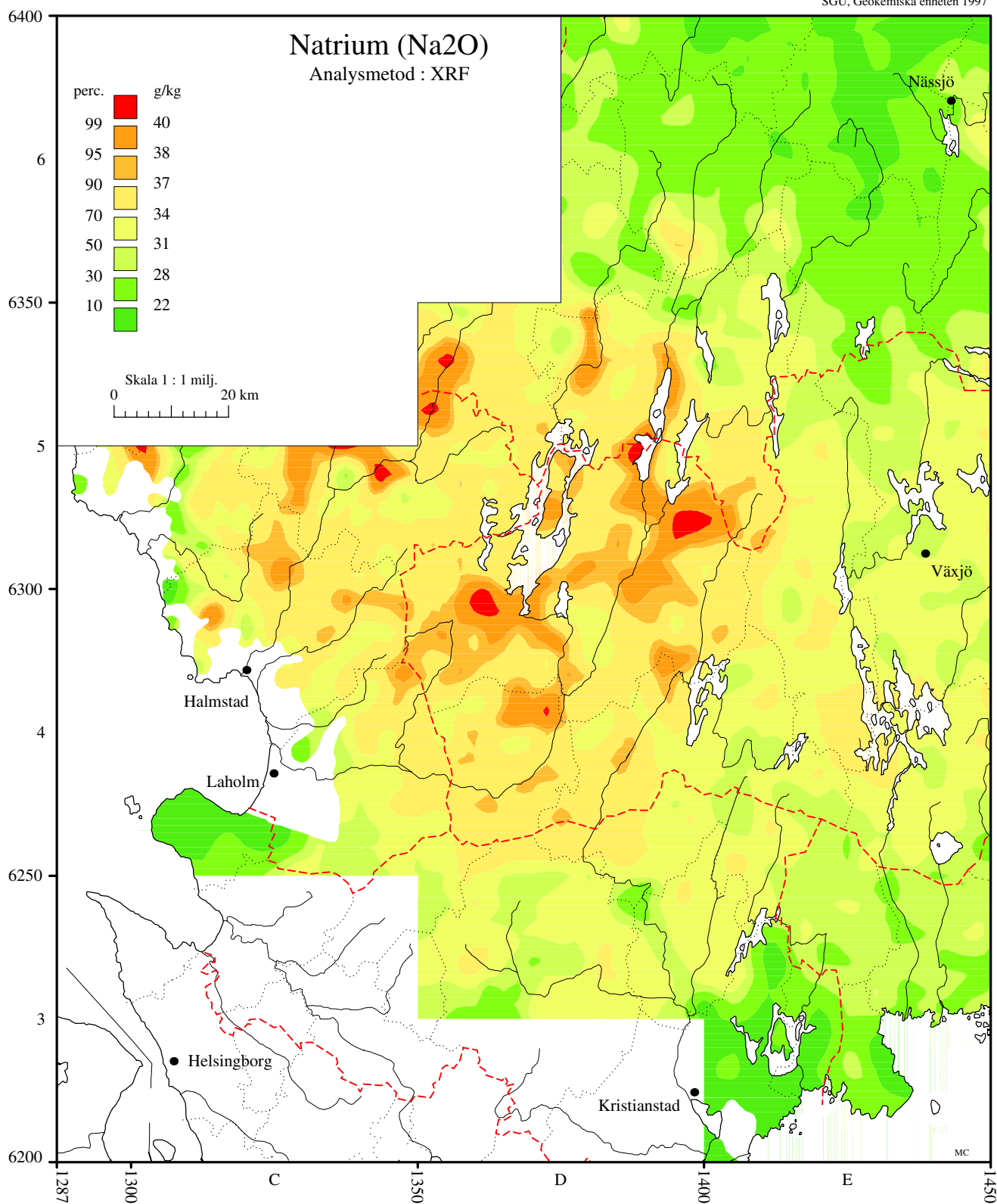
# Markgeokemisk karta

Morän < 0.06 mm.

Kartan visar totalinnehållet av elementet i moränens finmo-, mjåla- och lerfraktion.

Klassindelningen för respektive element anges i percentilerberäknade på kartområdets provmängd.

SGU, Geokemiska enheten 1997



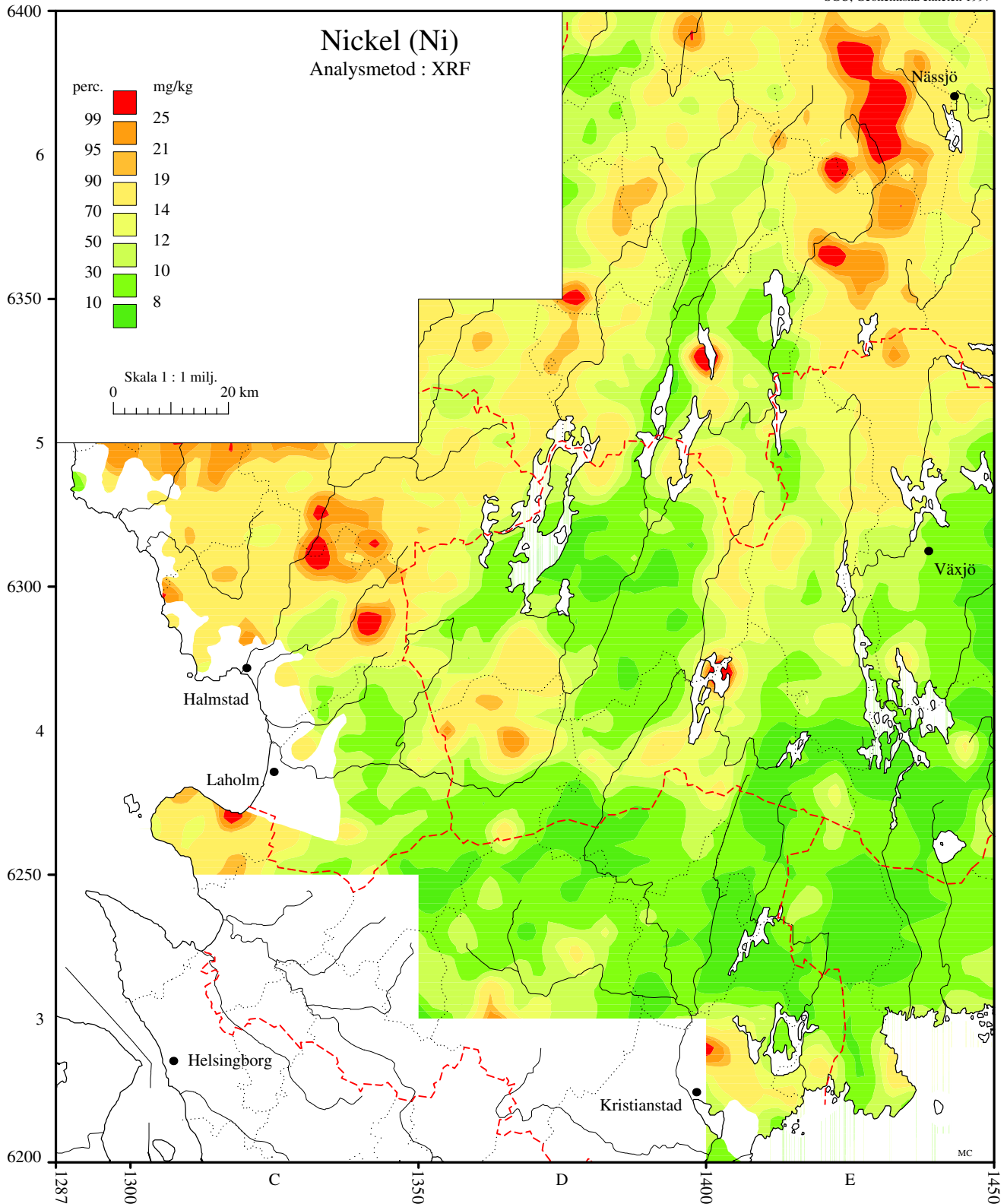
# Markgeokemisk karta

Morän < 0.06 mm.

Kartan visar totalinnehållet av elementet i moränens finmo-, mjåla- och lerfraktion.

Klassindelningen för respektive element anges i percentilerberäknade på kartområdets provmängd.

SGU, Geokemiska enheten 1997



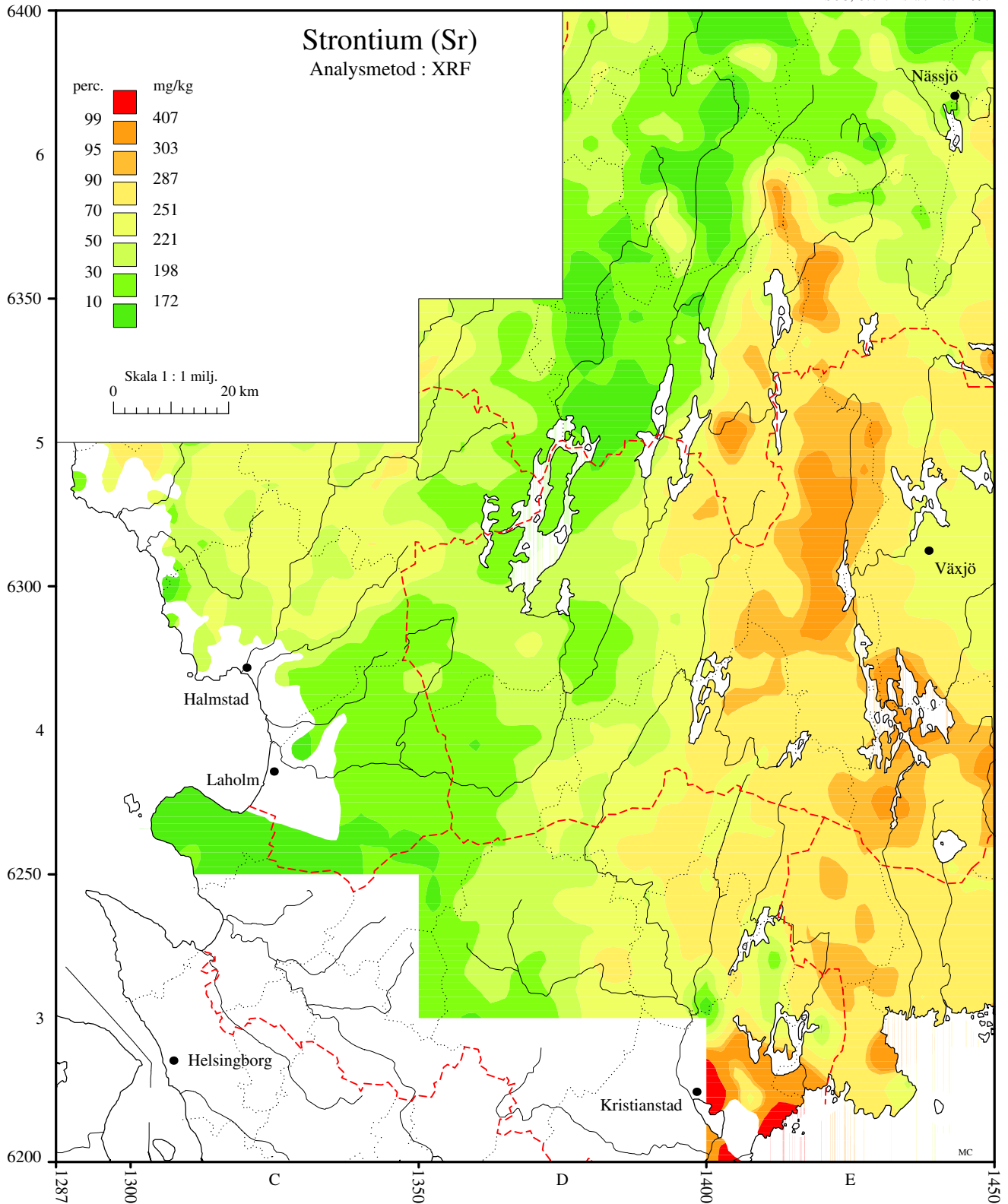
# Markgeokemisk karta

Morän < 0.06 mm.

Kartan visar totalinnehållet av elementet i moräns finmo-, mjåla- och lerfraktion.

Klassindelningen för respektive element anges i percentilberäknade på kartområdets provmängd.

SGU, Geokemiska enheten 1997



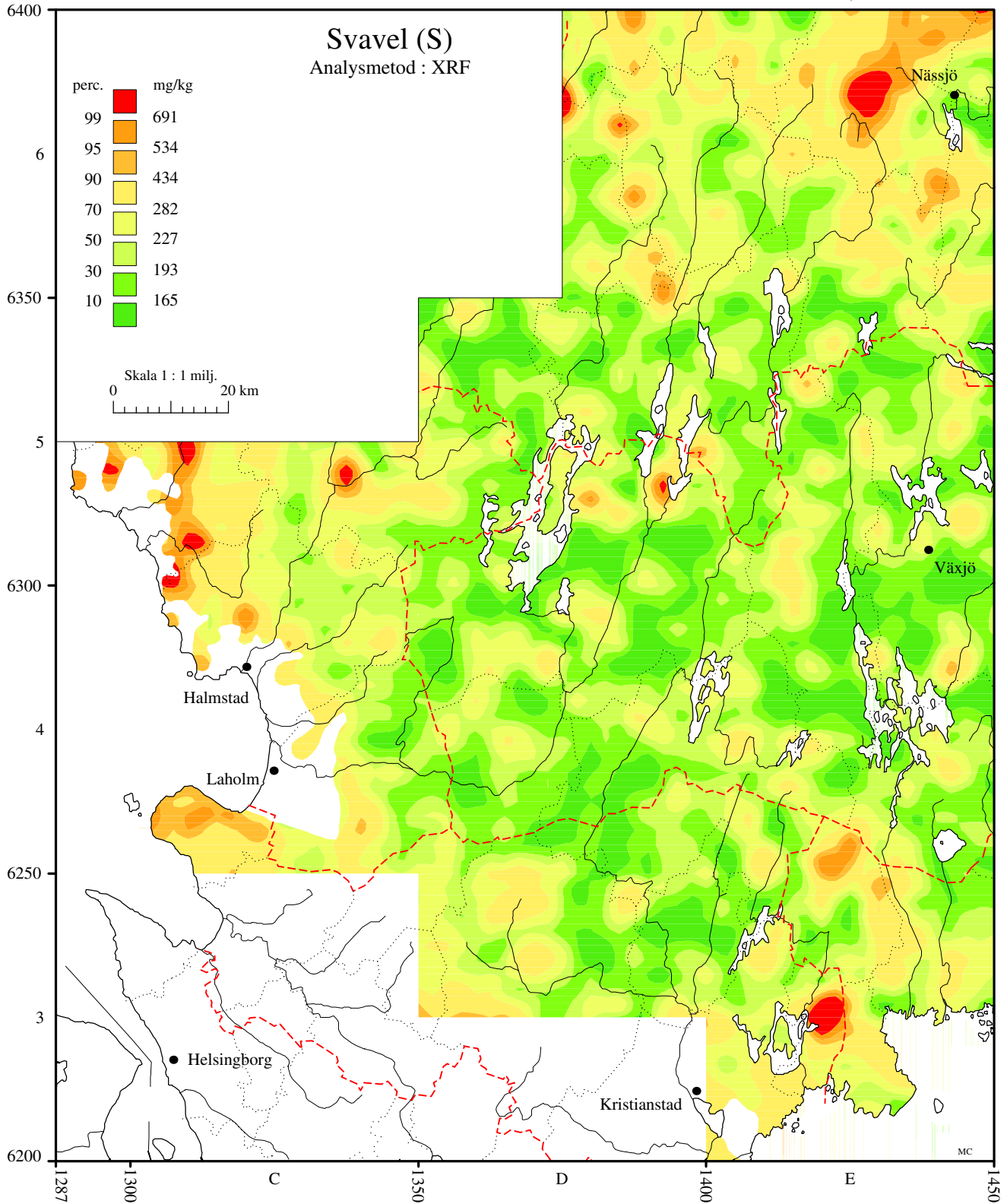
# Markgeokemisk karta

Morän < 0.06 mm.

Kartan visar totalinnehållet av elementet i moränsens finmo-, mjåla- och lerfraktion.

Klassindelningen för respektive element anges i percentilberäknade på kartområdets provmängd.

SGU, Geokemiska enheten 1997



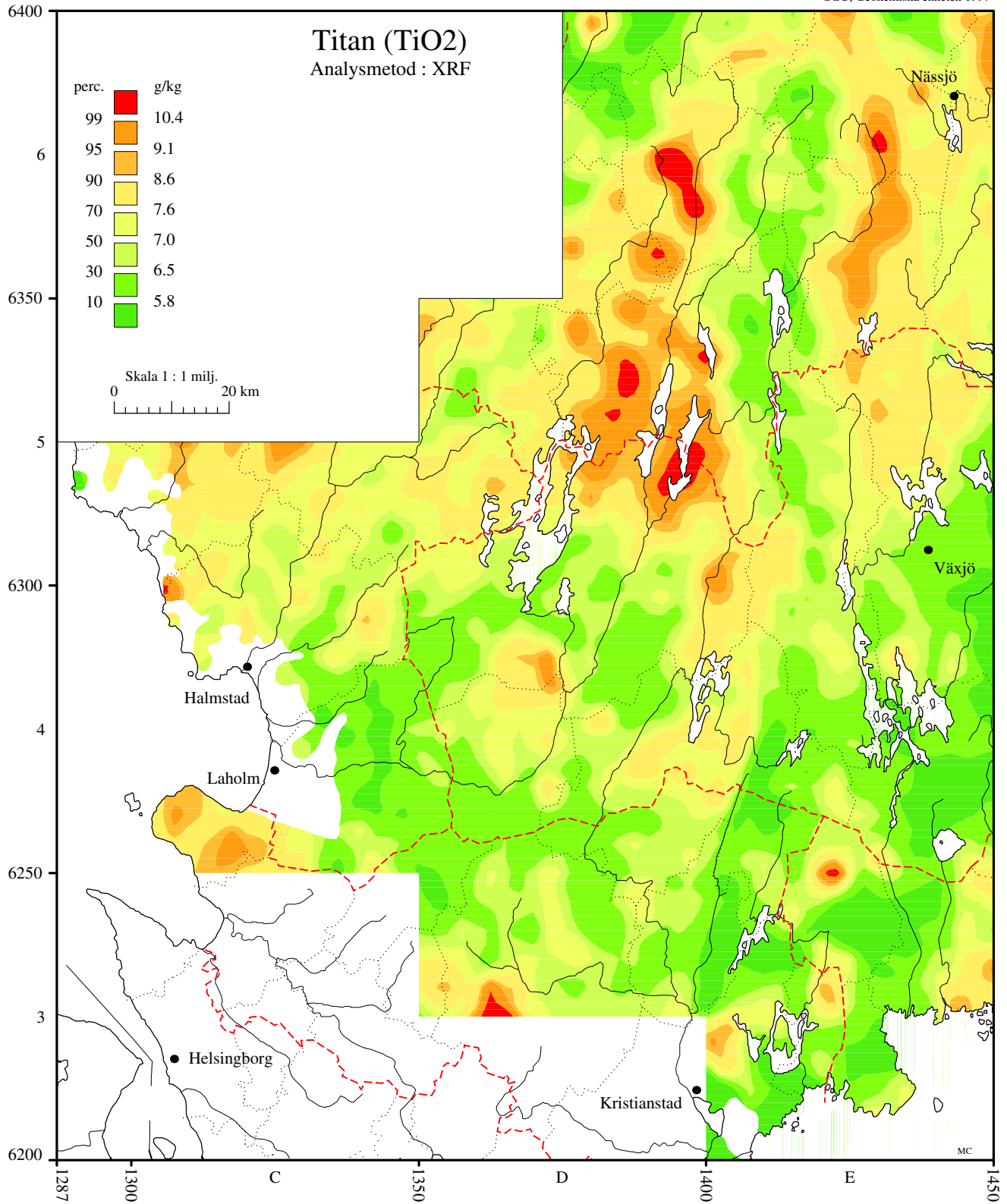
# Markgeokemisk karta

Morän < 0.06 mm.

Kartan visar totalinnehållet av elementet i moräns finno-, mjåla- och lerfraktion.

Klassindelningen för respektive element anges i percentilerberäknade på kartområdets provmängd.

SGU, Geokemiska enheten 1997



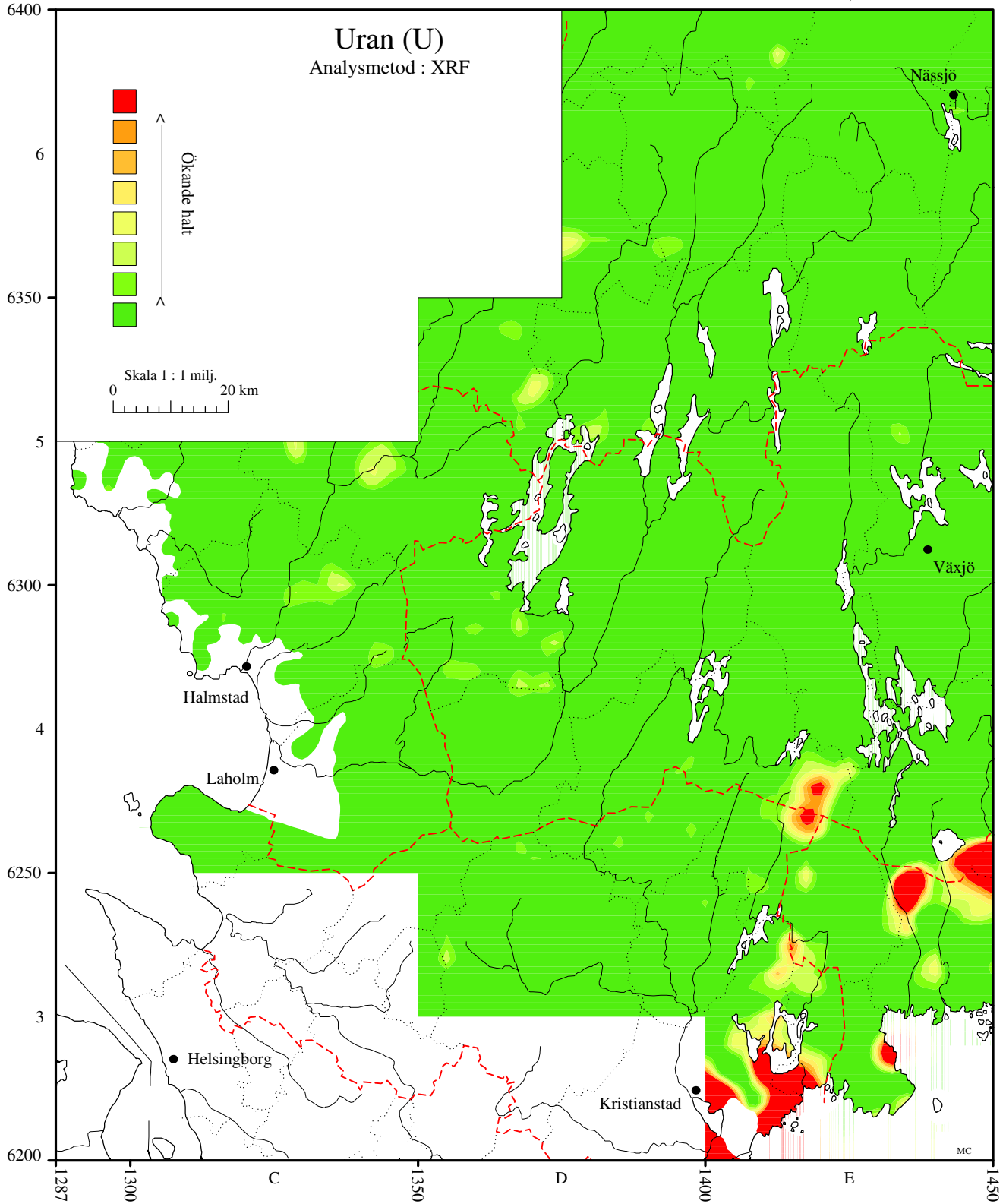
# Markgeokemisk karta

Morän < 0.06 mm.

Kartan visar totalinnehållet av elementet i moränens finmo-, mjåla- och lerfraktion.

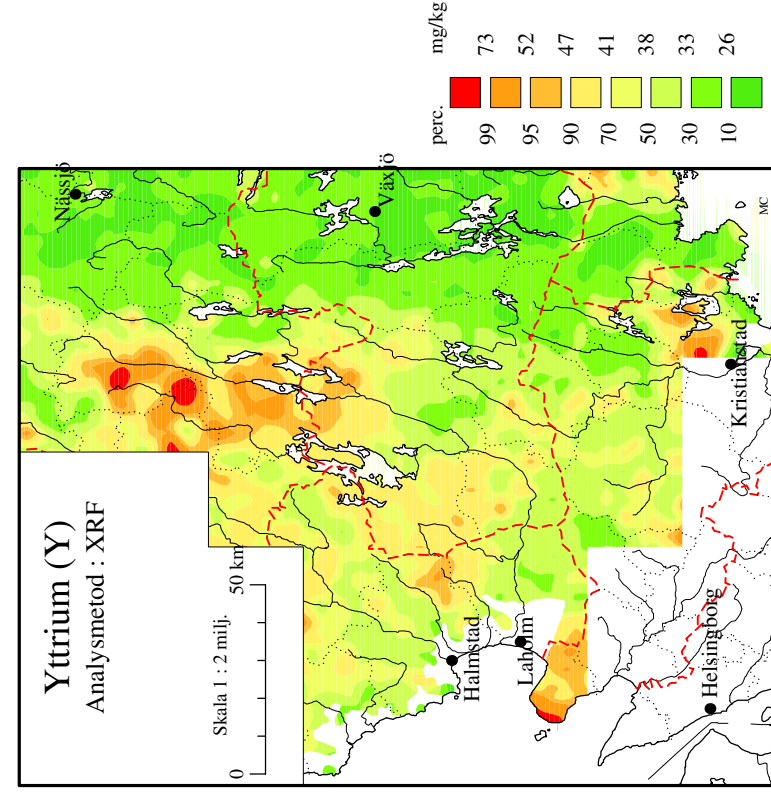
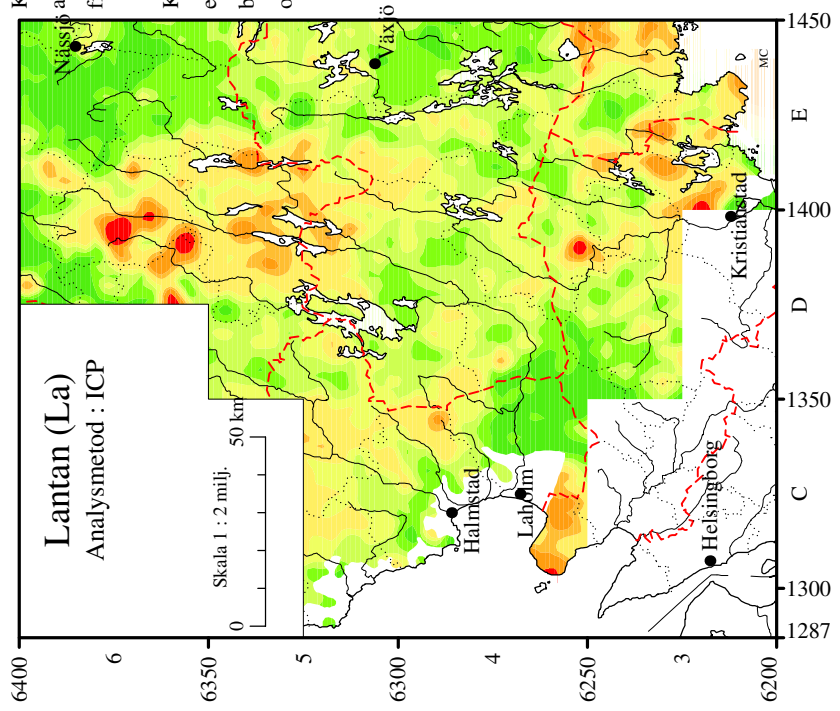
Klassindelningen för respektive element anges i percentilerberäknade på kartområdets provmängd.

SGU, Geokemiska enheten 1997

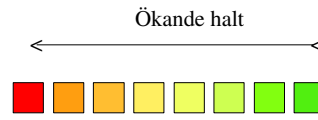


# Markgeokemisk karta

Morän < 0.06 mm.



Kartan visar totalinnehållet av elementet i morärens finmo-, mjåla- och lerfraktion. Klassindelningen för respektive element anges i percentiler beräknade på kartområdets provmängd.



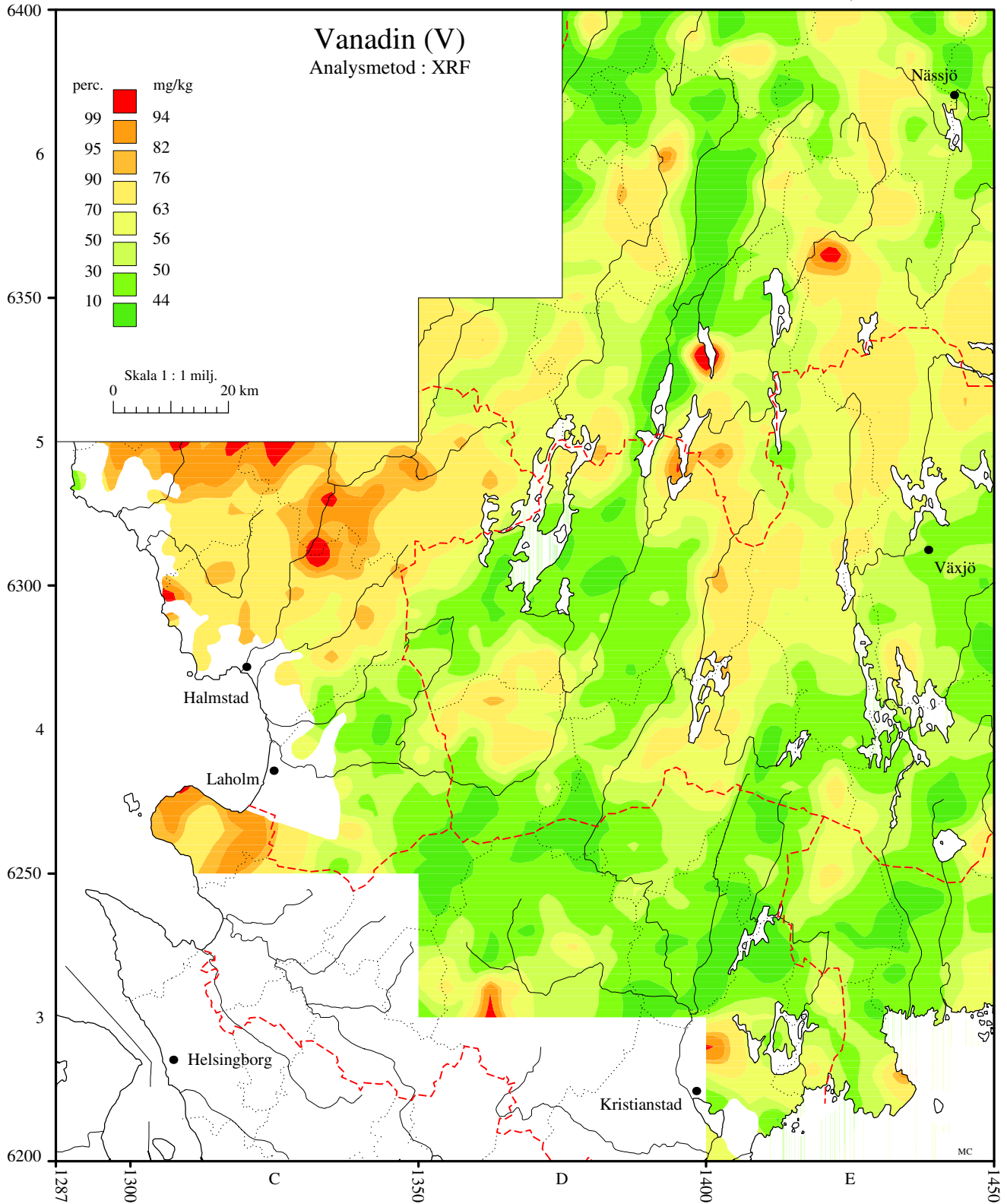
# Markgeokemisk karta

Morän < 0.06 mm.

Kartan visar totalinnehållet av elementet i moränens finmo-, mjåla- och lerfraktion.

Klassindelningen för respektive element anges i percentilberäknade på kartområdets provmängd.

SGU, Geokemiska enheten 1997



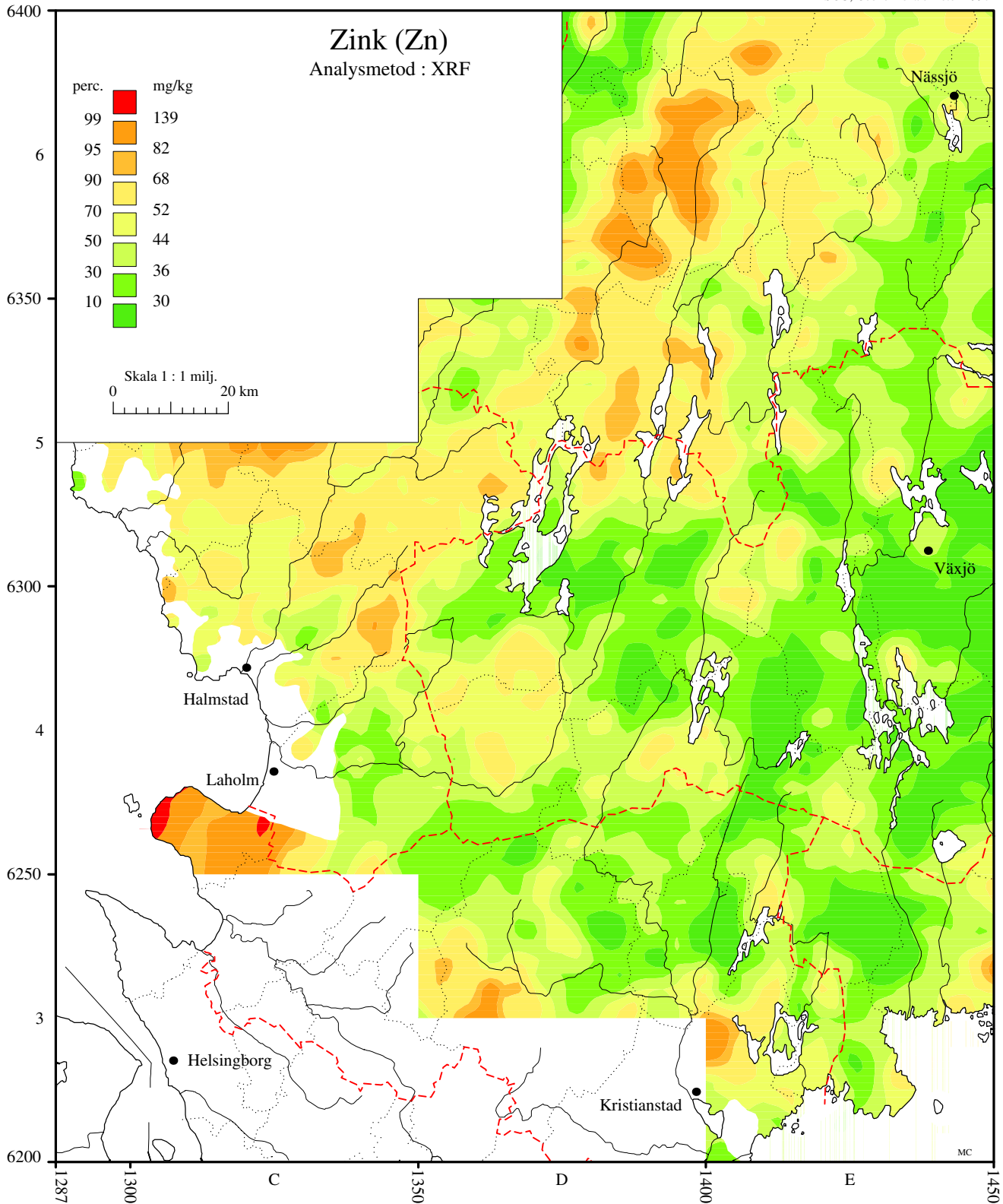
# Markgeokemisk karta

Morän < 0.06 mm.

Kartan visar totalinnehållet av elementet i moräns finmo-, mjåla- och lerfraktion.

Klassindelningen för respektive element anges i percentilberäknade på kartområdets provmängd.

SGU, Geokemiska enheten 1997



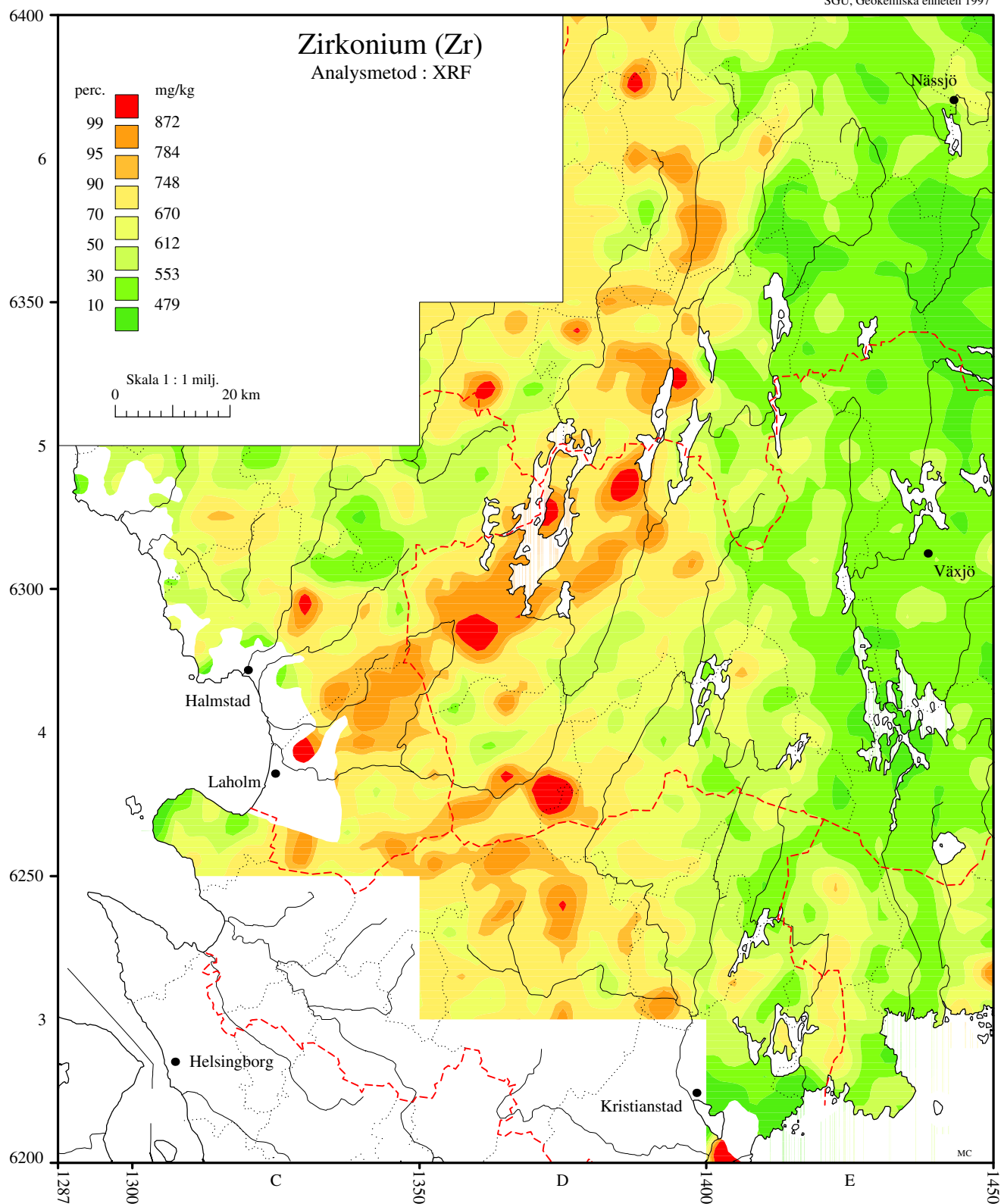
# Markgeokemisk karta

Morän < 0.06 mm.

Kartan visar totalinnehållet av elementet i moränens finmo-, mjåla- och lerfraktion.

Klassindelningen för respektive element anges i percentilerberäknade på kartområdets provmängd.

SGU, Geokemiska enheten 1997



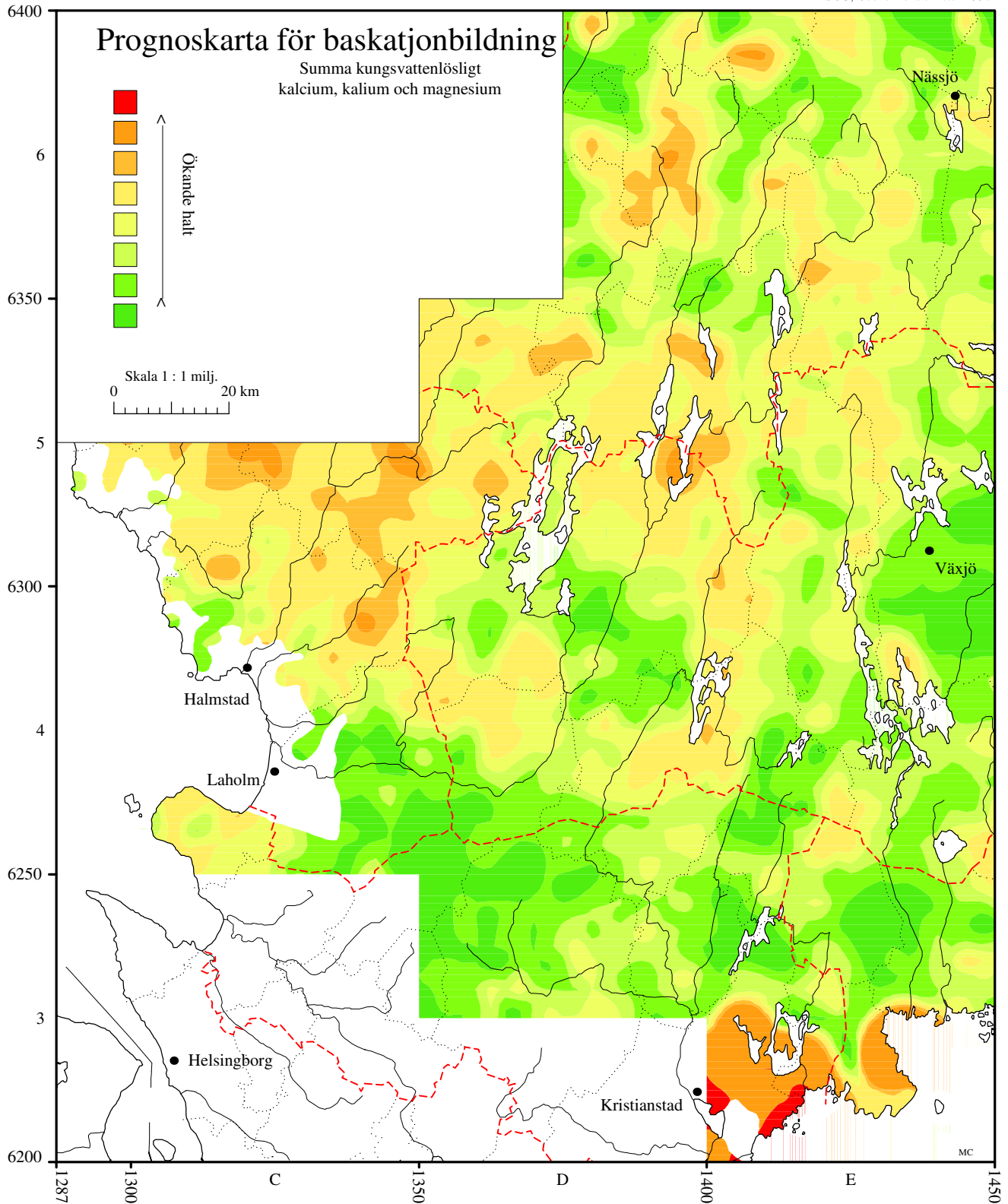
# Markgeokemisk karta

Morän < 0.06 mm.

Kartan visar totalinnehållet av elementet i moränensfinmo-, mjäla- och lerfraktion.

Klassindelningen för mätvärdena är anpassade till kartområdets provmängd.

SGU, Geokemiska enheten 1997

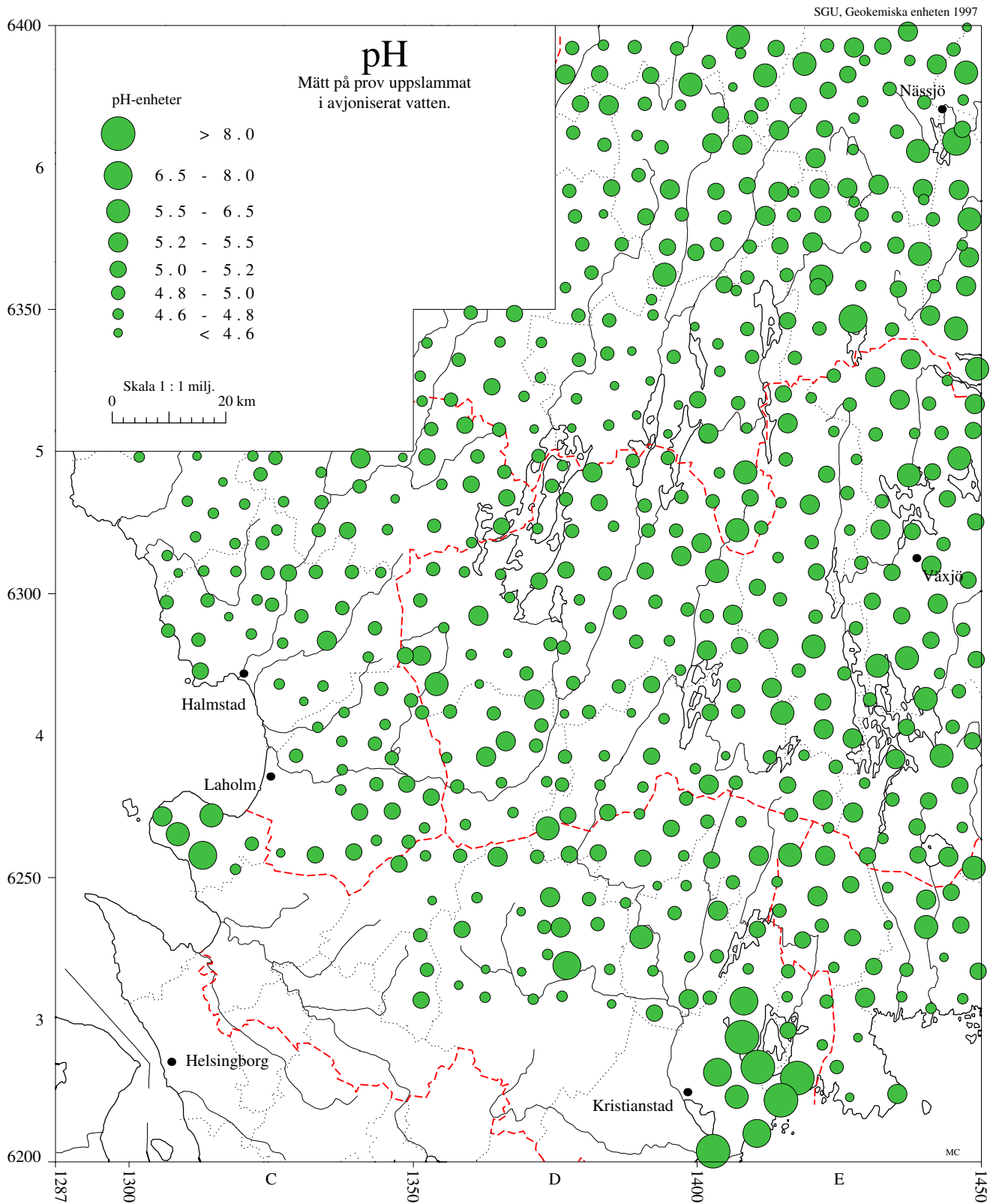


# Markgeokemisk karta

Morän < 0.06 mm.

Kartan visar pH i moräns finmo-, mjäla- och lerfraktion.

Klassindelningen för mätvärdena är anpassade till kartområdets provmängd.



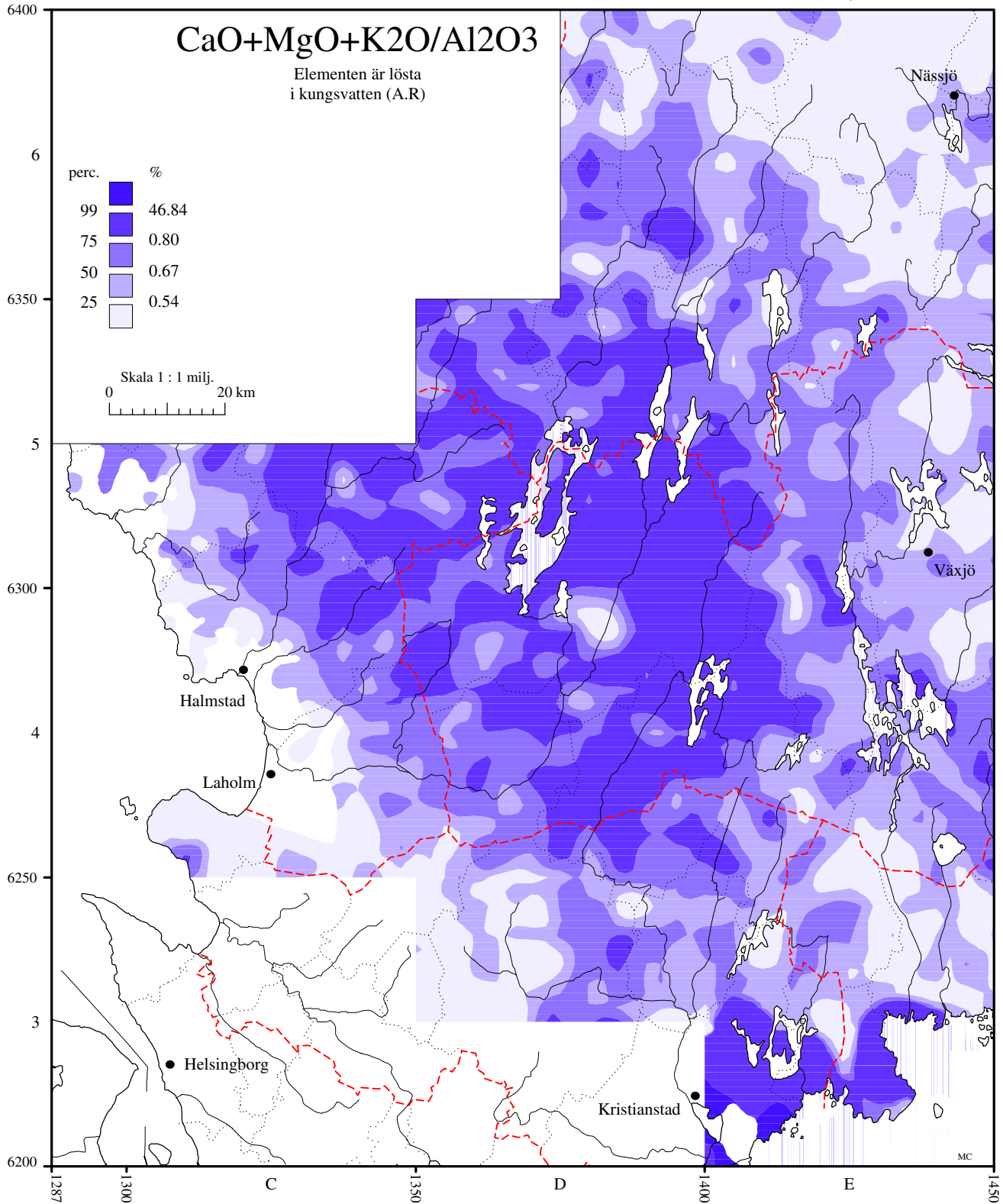
# Markgeokemisk karta

Morän < 0.06 mm.

Kartan visar totalinnehållet av elementet i morärens finmo-, mjåla- och lerfraktion.

Klassindelningen för respektive element anges i percentilerberäknade på kartområdets provmängd.

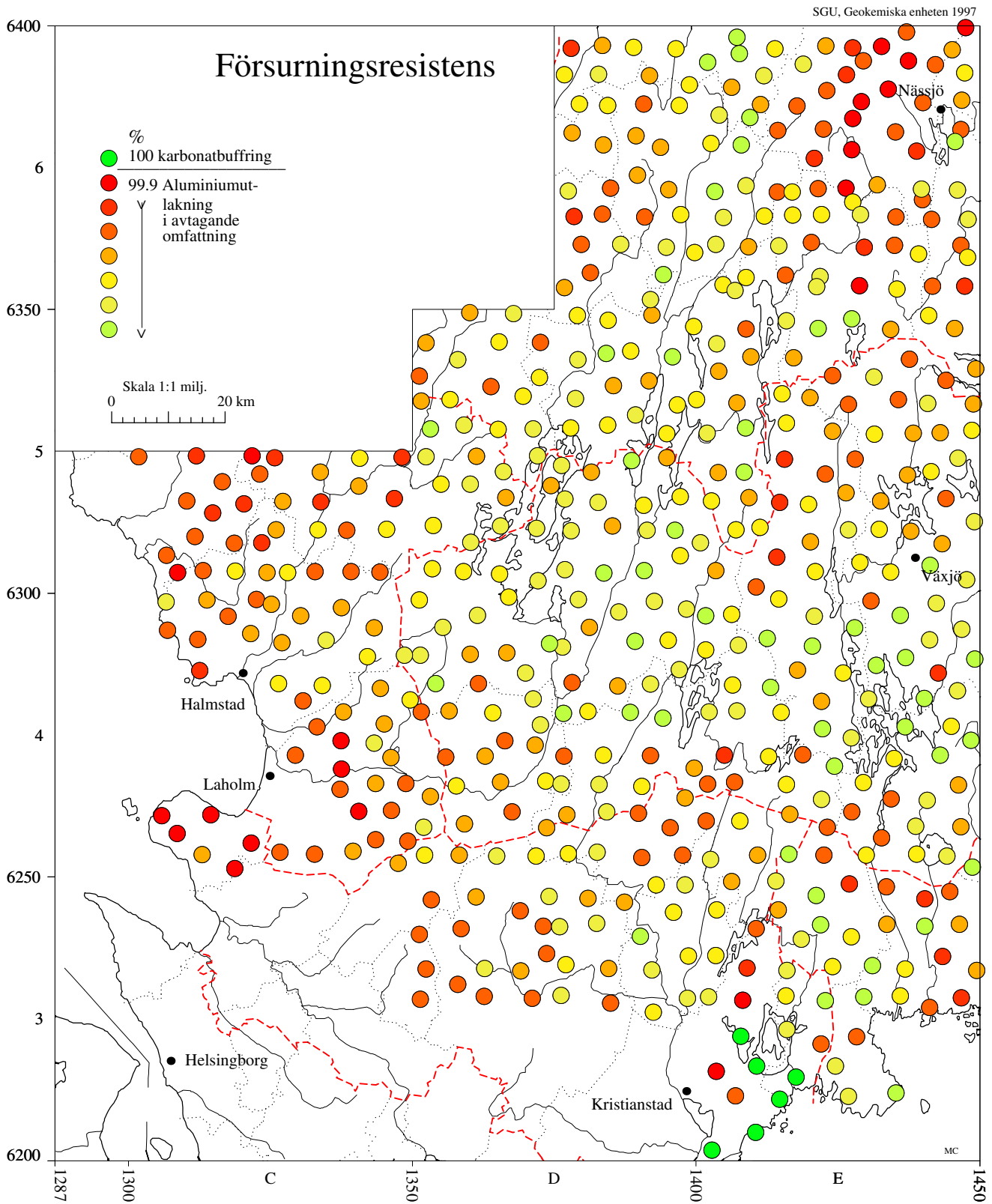
SGU, Geokemiska enheten 1997



# Markgeokemisk karta

Morän < 0.06 mm.

Klassindelningen för mätvärdena är anpassade till kartområdets provmängd.

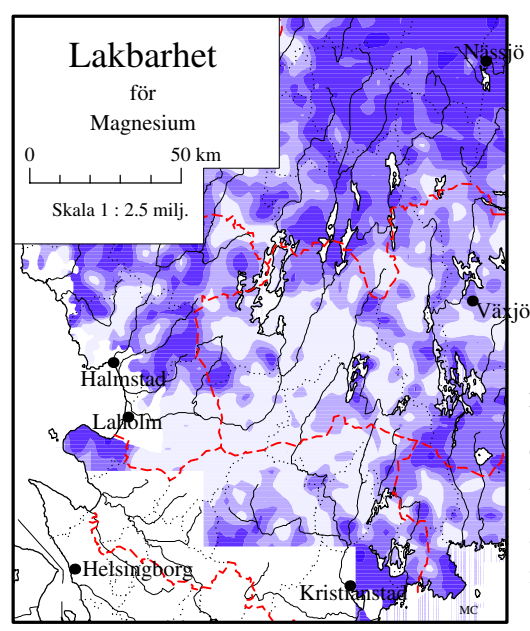
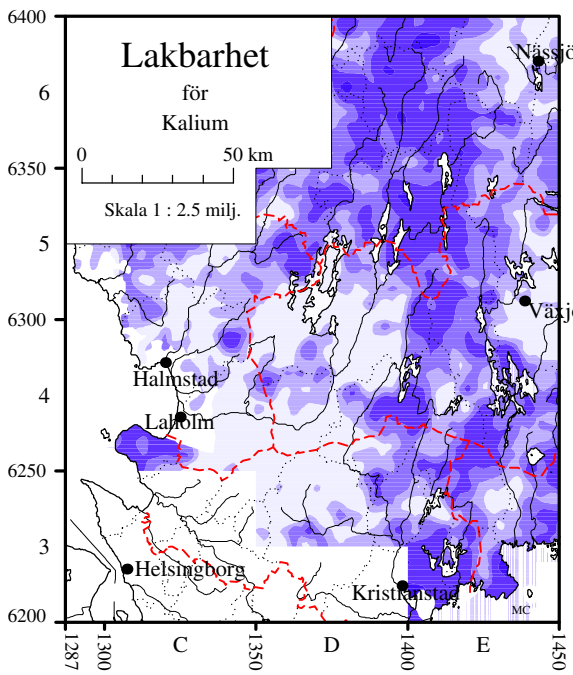
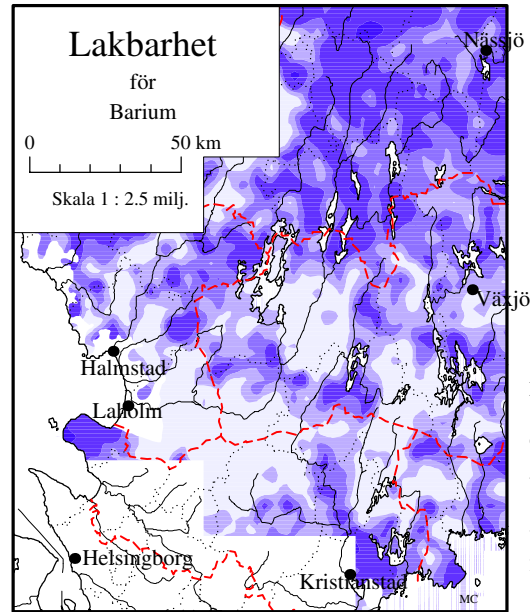
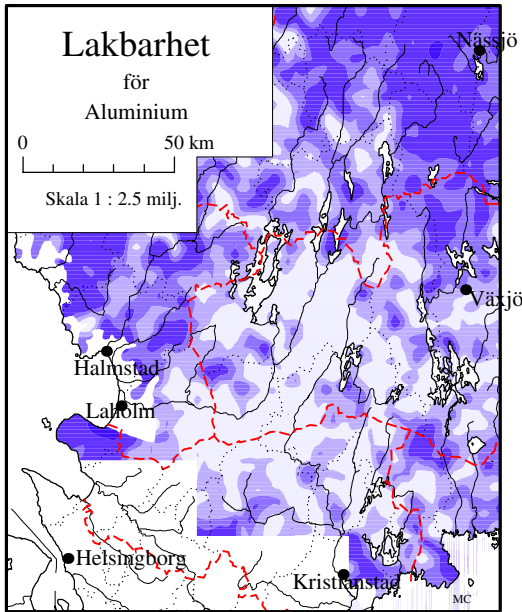


# Markgeokemisk karta

Morän < 0.06 mm.

Klassindelningen för mätvärdena är anpassade till kartområdets provmängd.

SGU, Geokemiska enheten 1997

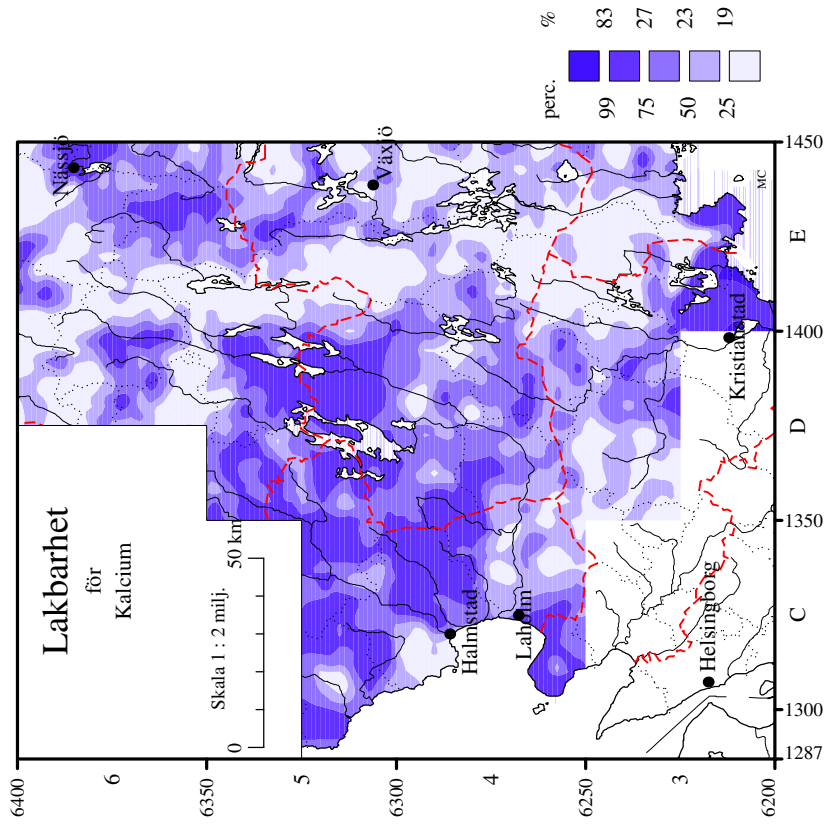
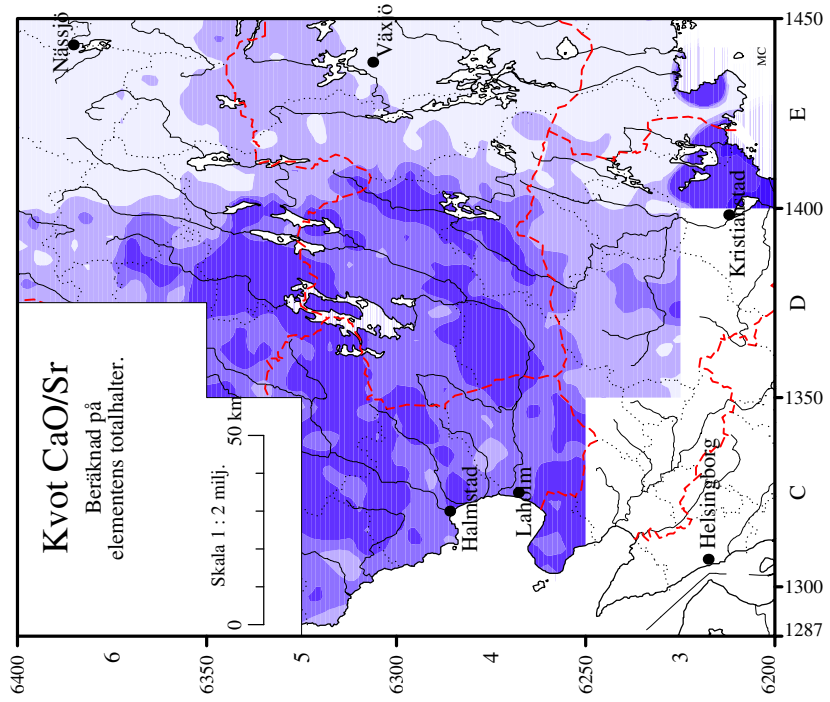


# Markgeokemisk karta

Morän < 0.06 mm.

Klassindelningen för mätvärdena är anpassade till kartområdets provmängd.

SGU, Geokemiska enheten 1997



även ses i anknytning till Sorselegraniten en bit från fjällkedjan, sammanfallande med förhöjda koncentrationer av volfram samt kungsvattenlösligt aluminium, järn, kalium, titan, beryllium och litium. I övrigt är förhöjningarna i denna region något olika till utseende, troligen till följd av inverkan från fjällkedjans bergarter.

Det är sedan tidigare känt att det i området söder om Östansjö (25I SO) förekommer block extremt rika på zirkonium och yttrium (t.o.m. >1%) med varierande halter av bl.a. uran, thorium, niob och volfram. Detta tycks dock inte i någon högre grad avspeglas av moränens finfraktion i området.

### BERYLLIUM och LITIUM

De båda spårelementen beryllium och litium är typiska för graniter och skifferar. Litium återfinns oftast i högre halter i de senare medan graniterna står för de högsta koncentrationerna av beryllium. Elementen ingår ofta i mafiska mineral såsom glimrar, amfiboler och pyroxener, vilket av moränanalyserna framgår som ett positivt samband mellan löslighet för järn, kalium och aluminium och de bägge spårelementen.

Elementkartorna avspeglar de kungsvattenlösliga halterna av Be och Li. I stort sett sammanfaller fördelningarna ganska väl, med bl.a. en gemensam förhöjning på Luvos-bladet, en region som även är förhöjd på ett flertal andra spårelement typiska för sura och argillitiska bergarter (se lantan, niob m.fl. ovan). En jämförelse mellan litium och beryllium visar att litium har en starkare anknytning till området i anknytning till fjällkedjan i kartområdets västra del. Detta kan troligen härledas till samband med skifferar och höga litiumhalter. Berylliumförhöjningarna sammanfaller bättre med graniter.

### MOLYBDEN, VOLFRAM, YTTRIUM och ZIRKONIUM

Molybden och volfram är geokemiskt närbesläktade spårelement som ofta uppträder något anrikade i graniter och skifferar. Halterna i bergarter når sällan över 3-4 mg/kg. Zirkonium uppträder däremot i betydligt högre halter, normalt flera hundra mg/kg, och är typiskt för sura bergarter såsom graniter, granodioriter och arkoser. Alkalina bergarter innehåller ofta de högsta koncentrationerna Zr.

På kartorna över associationens element framträder en generell mönsterlikhet i kartområdets östra delar där förhöjningarna sammanfaller med granitdominerad berggrund med inslag av sura vulkaniter.

### GULD

Ett av de mest svårtolkade elementen är guld, en ädelmetall vars förekomstsätt i morän starkt påverkas av den s.k. nuggeteffekten. Till skillnad från andra beskrivna spårelement når guldkoncentrationerna i morän sällan högre än några få mikrogram/kg, d.v.s. ca 1000 ggr lägre halter än t.ex. spårelementet beryllium. Detta innebär att en annan analysmetod tillämpats för guld, nämligen atomabsorption (AAS).

Den enda sammanhängande förhöjningen på kartområdet påträffades på Sorselebladet, där tre analyser runt byn Fjällnäs, ca 1,5 mil nordost från Sorsele innehåller mellan 5 och 10 mikrogram/kg.

### Prognoskarta för Baskatjonbildning

En elementassociation som ger möjlighet att prognostisera baskatjonbildning i marken är kungsvattenlösligt kalcium, kalium och magnesium. På prognoskartorna för området framgår den starka inverkan som fjällkedjans bergarter har på markens innehåll av de på sikt mer tillgängliga formerna av elementen. Detta tolkas så att marken har bättre kapacitet att frigöra nyttiga

ämnen vid syrabelastning, vilket är gynnsamt vid de markprocesser som träder i kraft vid neutralisering av surt vatten. Detta ger en gynnsam effekt på sjövattnet och också på det ytliga grundvattnet, som är mottagare respektive transportör av frigjorda joner.

Notera även moränens lägre kapacitet i kartområdets norra del, i det granitdominerade berggrundsområdet.

### pH och Försurningsresistens

Eftersom analys av pH på moränprov endast utföres på 16 prov per topoblad kan ingen detaljerad tolkning av kartbildens regionala mönster utföras. Alla pH-värden ligger inom ett ganska snävt intervall på ca 1,5 pH-enheter, varav majoriteten inom en pH-enhet. Detta innebär att surhetsgraden varierar 10-15 ggr i det analyserade materialet. Generellt sett indikerar kartan att regionen nära fjällkedjan samt Vuolvojauregranitdominerade områden har en något lägre pH-status än de centrala, av vulkaniter dominerade områdena.

Försurningsresistensen är beräknad efter tillsats av svag syra (som efterliknar surt regnvatten) till de pH-mätta proven. Försurningsresistensen visar den procentuella del av ett prov som inte berörs av en pH-sänkning vid tillförsel av vätejoner. Storleken på den pH-reduktion som alltså provoceras fram, beror av mineralinnehållet och de joner som finns adsorberade till markpartiklarna, och som kan delta i neutraliseringsprocessen (buffringen). Prov, vars syraneutraliserande förmåga är total (100.0%) tillhör det s.k. karbonatbuffringssystemet. Några sådana prov återfanns dock ej i det kartlagda området. När försurningsresistensen är under 100%, har i stället det effektiva aluminiumbuffringssystemet trätt i kraft. Notera likheterna i de geokemiska mönstren för lakbarheten för aluminium och försurningsresistensen. Hög lakbarhet för aluminium visar att elementet har lätt att frigöras från kristallgittret och adsorberade joner kan ersättas på partikelytorna av de tillsatta vätejonerna.

När andelen aluminiumrika, lättlösliga mineral minskar i relation till basiska, kommer i stället silikatvittring och jonbytesbuffring med bland annat urlakning av kalcium och magnesium att träda i kraft. Detta får den gynnsamma effekten att flödet av kalcium och magnesium ökar till vattendragen, men förrådet av dem minskar naturligtvis i marken. Dessa system är dock inte så snabba, vilket kan avläsas i försurningsresistensen som blir ganska låg, troligen under 90%. Någon klar gräns mellan de olika buffringssystemen går ej att fastlägga, eftersom de olika systemen överlappar varandra. Neutralisationsprocesserna beror bland annat på pH, på markens vittringsbenägenhet och på den katjonbytande förmågan.

Kartan bör, liksom pH-kartan, inte tolkas alltför detaljerat eftersom tämligen få prov analyserats. I stora drag kan dock en nordlig region dominerad av Vuolvojauregranit och metasediment urskiljas. Moränen i denna region ligger enligt mätningarna i ett intervall där risken för aluminiumurlakning är stor vid syrabelastning av den opåverkade mineraljorden.

## UNDERSÖKNINGSOMRÅDE 3-6, B-E

### Berggrund

Sydsveriges prekambrika berggrund kan indelas i två huvudenheter, det transskandinaviska magmatiska bältet (porfyrbältet, TMB, 1800-1900 miljoner år) i öster inklusive Blekinges berggrund och den sydvästsvenska gnejsregionen (1600-1800 miljoner år), även kallad svekonorvegiska orogenen, i väster. Dessa båda huvudenheter skiljs i princip av den sk Protoginzonen, en mäktig plastisk deformationszon, ca 900 miljoner gammal, som inom undersökningsområdet sträcker sig från Vätterns sydspets ner till Skåne och västra Blekinge. Omvandlade former av bergarter tillhörande TMB förekommer dock även i den östra delen av den sydvästsvenska gnejsregionen. I södra delen av undersökningsområdet förekommer mesozoiska bergarter, huvudsakligen av kretaceisk ålder (75-100 miljoner år).

**Östra delen**, i huvudsak de östliga delarna av kartbladen 3E, 4E, 5E och 6E

De äldsta bergarterna inom detta område utgörs av omvandlade vulkaniska sedimentära bergarter som är ca 1900 miljoner år gamla. Vulkaniterna utgörs av basalt, andesit och ryolit med olika mellanformer. Dessa bergarter innehåller sulfidmineraliseringar vid Fredriksberg och Årset (6E SO). Sedimentbergarterna förekommer främst kring Vetlanda och består huvudsakligen av fyllit, glimmer-skiffer, glimmerkvartsit och konglomerat. Kalksten kan förekomma, men mycket sparsamt.

Tidigorogena svekokarelska intrusivbergarter som förekommer i ett stråk från Huskvarna till Oskarshamn, berör den nordostligaste delen av undersökningsområdet. De utgörs av gabbro, diorit och granit med mellanformer. Deras ålder är ca 1850 miljoner år.

Yngre än dessa och dominerande i området är sen- till postorogena vulkaniter och intrusivbergarter vilka tillhör det transskandinaviska magmatiska bältet. Dessa benämnes vanligen Smålandsporfyr resp Smålandsgranit. Porfyrerna är vanligen röda eller bruna och ställvis förekommer övergångsformer till graniterna.

Åldern på de inom området förekommande TMB-intrusionerna ("Smålandsgraniterna" med associerade basiska bergarter) är ca 1800–1850 miljoner år. Bergarterna som tillhör TMB uppvisar en annan geokemisk variation än de äldre, tidigare intrusionerna och varierar i sammansättning från gabbro över monzonit till granit. Både porfyriska och jämnkorniga varianter förekommer och lokalt är de mer eller mindre förskiffrade.

I västra Blekinge dominerar Blekinge kustgnejs och Karlshamnsgranit vilka är ca 1700 respektive ca 1400 miljoner år gamla. Kustgnejsen är en jämnkornig, småkornig, granitisk grupp medan Karlshamnsgraniten är porfyrisk. En med Karlshamnsgranit associerad jämnkornig granit går under namnet Spinkamålagranit. Vid gränsen mellan Blekinge och Skåne förekommer sedimentära och vulkaniska bergarter tillhörande Västanågruppen.

Betydligt yngre än de svekokarelska bergarterna är Almesåkrgruppen, som förekommer i trakten av Nässjö. Almesåkrgruppen består av sedimentära bergarter, bl.a. röd skiffer, kalksten, arkos, kvartsitisk sandsten och kvartsit. Dessa sedimentära bergarter har intruderats av diabaser. Vissa av dessa diabaser är relativt flacka och fungerar som ett skyddande lager för de underliggande, relativt lättroderade sedimentära bergarterna. Diabaserna har daterats till ca 1000 miljoner år.

**Protoginzonen**, i huvudsak de västra delarna av kartbladen 3E, 4E, 5E och 6E

Protoginzonen utgör en mäktig, plastisk deformationszon vilken i princip utgör en gräns mellan den östliga och västliga delen av undersökningsområdet. Den är huvudsakligen utbildad i slutfasen av den svekonorvegiska orogenesisen (ca 900 milj år) och utgör dess östliga begränsning. I zonen förekommer vissa syeniter, t.ex. Vaggerydssyenit och diabaser, ofta kallade hyperitdiabas. Dessa bergarter är påverkade av den deformation som karaktäriserar Protoginzonen.

#### **Faktaruta: Orogenes**

Orogenes betyder bergskedjeveckning. En sådan uppstår när två kontinentplattor kolliderar. De bergarter som bildas under en orogenes kallas *synorogena*. De bergarter som bildas efteråt kallas *postorogena*.

Den *Svekokarelska orogenesisen* bildade för ca 1800 miljoner år sedan en bergskedja i Mellansverige. Bergskedjan är nu helt nederoderad och bara de understa delarna finns bevarade.

Den Svekonorvegiska orogenesisen var en liknande händelse i västra Sverige för 900 miljoner år sedan.

**Västra delen**, i huvudsak kartbladen 3D, 4C–D, 5B–D och 6D

Den äldsta berggrunden utgörs huvudsakligen av gnejser vars ursprungsbergarter bildades för 1780–1600 miljoner år sedan. Dessa varierar från att vara grå och bandade till finkorniga ljusta. Gnejsernas ursprung är oklart men sammansättning och utseende tyder på att de är av magmatiskt djupbergsursprung. I gnejserna förekommer massiv av metabasiter vilka huvudsakligen består av amfibol och plagioklas. Yngre än gnejserna är graniter, både jämnkorniga och ögonförande. Samtliga bergarter är tektoniskt påverkade av den svekonorvegiska orogenesisen för ca 900 miljoner år sedan.

I den sydligaste delen av undersökningsområdet, i norra Skåne, har berggrunden genomslagsits av NV–SO-liga diabasgångar under perm och karbon.

I framförallt den södra delen av undersökningsområdet är olika grader av djupvittring vanlig i den kristallina berggrunden.

#### **Faktaruta: Djupvittring**

Djupvittring av kristallin berggrund sker främst i varmt fuktigt klimat. Mineralen i berget hydrolyseras av vatten och berggrunden omvandlas till *saprolit*, en blandning av lermineral och mer svårvittrade bergartsmineral. Olika klimat och olika bergarter ger olika resultat, men den kraftiga djupvittring som förekom i södra Sverige under mesozoikum har resulterat i lermineralet *kaolin*, som tillsammans med ren kvarts är slutprodukten när gnejs och granit vittrar. Liknande djupvittring sker idag i t ex Afrika.

#### **Visingsögruppen**

Denna grupp av bergarter förekommer inte inom det aktuella undersökningsområdet men strax norr därom, i Vätternområdet. Dock kan dessa bergarter genom glacialtransport inverka på moränerna inom åtminstone den norra delen av undersökningsområdet. Visingsögruppen består av sedimentära bergarter, underst sandsten som övergår i finkornigare mosten. Även kalksten och grova breccior ingår. I formationen finns kopparmineraliseringar av ”Red Beds” typ. Alderna är bestämd till ca 700–800 milj år.

#### **Mesozoisk berggrund**, kartbladet 3E

Mesozoiska bergarter förekommer enbart i undersökningsområdets södra del, i Skåne och västra Blekinge samt i södra Halland. På Kristianstadslätten, Listerlandet och i ett område norr om Båstad förekommer olika typer av kritkalksten och sandsten med alla mellanformer representerade. Bildningsmiljön är ett relativt grunt hav under kritperioden för 75–100 miljoner år sedan. Kritkalkstenen består huvudsakligen av skalrester från bland annat bläckfiskar, musslor, och sjöborrar vilket vittnar om ett rikt djurliv. Även rester av ryggradsdjur som hajar och svanödlor har påträffats. Dessa lagers mäktighet kan uppgå till drygt 200 meter, men är oftast betydligt tunnare.

I ett relativt begränsat område kring Hässleholm förekommer sandsten och kaolinhaltig lera av jurassisk ålder.

Sedimentära bergarter förekommer vidare i små fickor i urberget i hela den södra delen av undersökningsområdet. Under de sedimentära bergarterna är den kristallina berggrunden ofta djupvittrad och omvandlad till kaolin.

### Kvartär utveckling

Den storskaliga urbergsreliefen härstammar mestadels från slutet av tertiärtiden då ett antal peneplan utvecklats. Under kvartärtiden har flera nedisningar täckt undersökningsområdet, dock härstammar dagens moräner med få undantag från den senaste. Denna inlandis började växa till i fjällen för ca 120 000 år sedan, men isen nådde antagligen inte ner till undersökningsområdet förrän långt senare, eventuellt så sent som för 25 000 år sedan.

I kusttrakterna förekommer morän sällan i ytan utan är där överlagrad av yngre jordarter. Högsta kustlinjen går ca 55 meter över havet i områdets sydliga och 65 möh i dess norra del. Under högsta kustlinjen har moränen utsatts för svallning av varierande grad. Lokala issjöar i Småland kan ha orsakat svallning på ännu högre höjd, strax norr om undersökningsområdet är nivåer på 270 möh kända. Nämnas bör att genom forskning de senaste åren har deglaciationen av västra Småland i viss mån reviderats.

Isen smälte av för ca 13 500 år sedan i sydvästra delen av undersökningsområdet och för ca 12 200 år sedan i den nordliga delen. Avsmältningen skedde inte i jämn takt. Det finns tydliga ändmoräner, framför allt längs västkusten, där iskanten stått stilla kortare eller längre perioder eller t.o.m. ryckt fram en sträcka på grund av tillfälliga klimatförsämringar. Dessa randlägen är inte lika välutvecklade på östkusten. Det tydligaste randläget finns vid Fjärås bräcka, NV om undersökningsområdet. Detta utvecklades för 12 600–12 800 år sedan. Följer man detta randläge in i undersökningsområdet övergår det till en mer diffus linje mellan två terrängtyper, ett med småkullig terräng söder om gränsen och ett med strömlinjeformad terräng norr om. Gränsen går ungefär i en linje från Fjärås bräcka söder om Bolmen, över Älmhult, söder om Åsnen och vidare mot NO ut mot östersjökusten. Denna gräns kan ha viss betydelse eftersom det södra området domineras av utsmältningmorän och flytmorän medan den norra domineras av basalt deponerad morän. Den utgör därför gränsen mellan norra och södra undersökningsområdet. Någon generell inverkan på elementens förekomst och spridning kan dock inte utläsa i kartbilderna.

#### Norra delen

Moränerna inom norra delen av undersökningsområdet är normalt sandiga med ett dominerande inslag av kristallint urberg. Generellt är jordtäcknet tunnare i detta område än i södra, med undantag av drumlinernas läsidor.

Isrörelseriktningarna inom området uppvisar i huvudsak en rörelse från norr men isrörelseriktningen divergerar svagt mot öst och väst. Kring Växjö har en äldre isrörelse från NV indikerats. Vätternsänkan har i viss grad kommit att påverka isrörelserna i den nordligaste delen av området.

Till skillnad från södra delen av undersökningsområdet skedde avsmältningen med glaciärens front bottensmältande. Detta medför att uppskjuvning av material på isytan inte förekommit i någon större utsträckning och huvuddelen av moränen är basalt avsatt. Dock förekommer utsmältningmoräner i småkulligt landskap i anslutning till isälvsstråk och på botten av dalgångar.

Den vanligaste stratigrafien i området är en enkel morän på berg. Submoräna sediment eller dubbla moräner har påträffats på några ställen, framför allt innanför randlägena i nära anslutning till dessa.

#### Södra delen

Södra delen av undersökningsområdet utgörs av norra Skåne, Halland utom de allra nordostligaste delarna, södra Småland samt delar av västra Blekinge. Moränen här är normalt sandig med ett dominerande inslag av kristallint urberg. Leriga moräner förekommer i söder, lerinnehållet beror på inslag av kaolin.

Isrörelseriktningarna inom området har varierat och räfflor i olika riktning med olika ålder har därför påträffats, dock dominerar den senaste isrörelseriktningen. I den sydvästra delen av

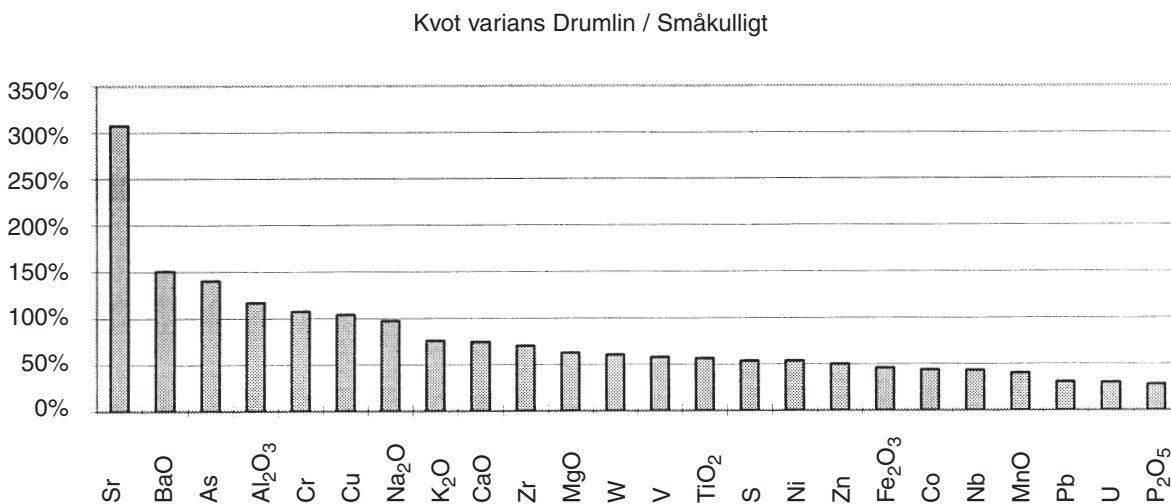
undersökningsområdet är den senaste isrörelsen från nordost, t.ex. på Hallandsåsen där den uppmätts till N 50–55. Riktningen är ungefär densamma i trakten av Hässleholm men blir mer nordlig österut och är N 20 vid Listers huvud. I öster har dessutom en äldre riktning på N 50 påträffats. Man kan anta att merparten av moränen härstammar från den senaste rörelseriktningen, men detta är ofullständigt utrett. Isrörelseriktningen har varit tämligen likartad längs västkusten och varierar mellan N 40 och N 50 i trakten av Varberg.

I södra Småland skedde isavsmältningen med isens front fastfrusen i underlaget. Eftersom så inte var fallet ett stycke in bakom iskanten uppstod skillnader i isens rörelse, ismassan bakom fronten tryckte på vilket medförde att skjvsprickor uppstod. I dessa har moränmaterial transporterats upp på isens överyta och avsatts som utsmältningsmorän när isen sedan smält. Materialet i denna utsmältningsmorän är då mer långtransporterat och urtvättat än det material som deponerats basalt.

Sediment förekommer under morän på ett flertal platser inom hela undersökningsområdet, bl.a. i större sänkor i berggrunden. Vanligast är det dock i Skåne, Blekinge och de sydligare delarna av Halland.

## Varians

Undersökningsområdet domineras av två landskapstyper, småkullig och drumliniserad moränmark. Två typiska representanter för dessa områden valdes ut, kartbladen 4E SV med övervägande småkullig morän och 4E NO med övervägande drumlinisering. Variansen för samtliga element på båda bladen beräknades och visas i Figur 1. Variansen är högre i det småkulliga området för de flesta elementen vilket visar att moränmaterialet är mindre homogent inom dessa områden.



Figur 1. Kvoten mellan haltvarianser inom ett drumliniserat område och ett småkulligt. För de element där variansen är under 100% är variansen högre i det småkulliga området.

*Figure 1. Quota between variance of element levels in areas with drumlins compared with hummocky moraine. Elements with a quota < 100% has higher variance in the hummocky area.*

## ELEMENTENS FÖREKOMST OCH ASSOCIATIONER

JÄRN, MAGNESIUM, TITAN, MANGAN med KOBOLT, KOPPAR,  
KROM, NICKEL, VANADIN och ZINK

Dessa element associeras vanligen till basiska bergarter och kambrosiluriska skiffrar. Elementen är generellt förhöjda i ett stråk från Jönköping ner till Halmstad. Förhöjningarna följer mycket väl berggrundens metabasiter i Halland och västra Småland. Lägsta halter finner man i sydöst där moränmaterialet huvudsakligen utgörs av granitiska bergartsfragment. Krom, nickel, titan och i viss mån vanadin markerar vackert Almesåkraformationens bergarter med glacialtransport söderut i isrörelseriktningen. De stråk av gabbro och diorit som finns ner till i nivå med Sävsjö, har också gett tillskott av elementen. Kopparförhöjningarna som kan iakttas strax söder om Vättern, är troligen också en effekt av glacialtransport, då material från Visingsöformationens kopparmineraliseringar kan ha transporterats söderut av inlandsisen. I kartområdets östra delar har ett flertal mineraliseringar gett upphov till gruvverksamhet. Koppar tillsammans med zink har brutits i bl.a. *Brittagruvan*, *Fredriksberg*, *Dalängsgruvan* och *Västerled*. Alla ligger på kartbladet 6E 0i. På samma kartblad ligger *Karl XV:s gruva* och *Kallsjö*, där koppar utvunnits med ädla metaller som silver och guld. Längre söderut i hyperitdiabas har *Målensås* (4E 9b) brutits på koppar och nickel. De nämnda elementen är förhöjda i moränen men ganska diffust utan några riktiga markeringar i de mineraliserade områdena.

Kadmium är ett element som med sin starka kemiska släktskap med zink ofta är förhöjt tillsammans med detta element i skiffrar och sura vulkaniter. Så länge pH är relativt högt, är kadmium orörligt, men om mineraljorden friläggs i surare områden kan elementet mobiliseras. Preliminära kungsvattenlösliga analyser av kadmium visar att sambandet zink-kadmium går igen i kartbilderna med låga kadmiumförhöjningar i zinkmönstret, bland annat på Bjärehalvön.

I anslutning till den kraftiga förhöjningen av bl.a. mangan och titan i områdets nordvästra del, återfinns *Klevabergen* (6E 5a), där manganmalm brutits tillsammans med titan, vanadin och järn. Mineraliseringen ligger i en gabbro/vulkanit, liksom även *Inglamålagruvan* (5E 8i), som brutits på titan och vanadin. Den senare har dock ej givit upphov till någon stark förhöjning av elementens nivåer i moränen.

Metallerna har också brutits i *Smålands Taberg* (6D 9j) i hyperiten där, men inte heller denna mineralisering har gett upphov till förhöjda elementhalter i moränen. Förutom titanomagnetit är också olivin anrikad i fyndigheten. En begränsad Ni-förhöjning i moränen i området beror på att nickel ingår i kristallgittret i olivin, ett vanligt värddmineral för nickel. I övrigt likartade elementmönster för koppar och nickel på kartan, avslöjar att nickel är vanligt förekommande i kopparhaltiga silikater i bergarterna.

I hyperitdiabas har titanmalm brutits tillsammans med fosfor och järn i *Boleken* (5E 1b). På kartbilderna för fosfor och titan framträder tydligt denna elementkombination.

## KALCIUM och STRONTIUM

Elementen har liknande kemiska egenskaper och förknippas främst med karbonater och basiska bergarter. Förhöjningar norr om sjön Möckeln kan kopplas till gångar av hyperitdiabas. Dessa gångar är vanliga i Protoginzonens västra delar, där de kan följas som en svag förhöjning av kalcium. Även barium, som är kemiskt närbesläktat, är förhöjt. I anslutning till kalciumförhöjningen vid Möckeln finns vid den södra stranden ett mindre område med förhöjt kungsvattenlösligt barium. Höga halter barium, magnesium, kalcium och fosfor har tidigare konstaterats i stenbrottet i hyperitdiabas vid *Taxåsklint* (4D 5j).

De högsta kalciumhalterna förekommer dock längst i söder på Kristianstadslätten, där orsaken finns i kalkstensberggrunden. En förhöjning på Listerlandet ges samma förklaring. Kalkstensutgåendet nordost om Båstad ger däremot ingen förhöjning av totalhalterna i moränen, medan lakbarheten för elementet, i isrörelseriktningen över Bjärehalvön, är ganska hög. Det utsatta

läget gör att den mest lösliga kalken kan vara urlakad ner till provtagningsdjupet, och därför inte ger utslag på analyserna.

En stark strontiumförhöjning löper tillsammans med kalcium i ett band från sjön Rusken ner över Åsnen till Mien. Kvoten mellan elementen visar att strontium dominerar över kalcium, och området har troligen stort inslag av kalciumrika plagioklaser. Likadant är förhållandet över Almesåkraseriens bergarter; låga totalhalter kalcium, men elementkvot med dominans av strontium.

#### FOSFOR med KALCIUM och KLOR, YTTRIUM och LANTAN

Fosfor förekommer vanligen i den kristallina berggrunden i form av kalciumfosfatet apatit, som återfinns i ett flertal bergarter. Inom undersökningsområdet är fosfor förhöjt i Vaggerydssyeniten, i Almesåkraformationens och Protoginzonens diabaser samt i gnejsregionen med sina gabbroinslag. Den kraftigaste förhöjningen av fosfor, tillsammans med yttrium och lantan, förekommer dock sydöst om Laholmsbukten i den mesozoiska berggrunden, liksom något lägre i Kristianstadtrakten, i samma typ av berggrund. Lättlösligt kalcium samt klor uppvisar samma elementmönster i områden med basiska bergarter.

Norr om sjöarna Vidöstern och Flåren markeras Vaggerydssyeniten vackert med förhöjningar av fosfor, lantan och yttrium. Här kan fosformineralet monazit bidra till dessa elementförhöjningar.

Ett flertal mineraliseringar med fosfor förekommer i hyperitdiabaserna norr om Möckeln. Här finns *Boleken*, som är nämnd tidigare, och *Granhultsberget* (4E 9b) där man utvunnit fosfor och magnesium samt *Sandviks* (5E 0b) fosfor och järnförekomst.

#### KALIUM, NATRIUM, ALUMINIUM, BARIUM med BLY, LITIUM och BERYLLIUM

Dessa element associeras normalt till kiselrika bergarter som graniter och granodioriter. En förhöjning söder om Jönköping sammanfaller med massiv av Vaggerydssyenit, men i övrigt går det starka statistiska sambandet mellan kalium, natrium och barium ej fullständigt igen i kartbilden. Mönsterlika förhöjningar av totalhalterna återfinns främst i den västra delen av kartan, tillsammans med elementens lösliga varianter och med lättlösligt kalcium, järn och magnesium. En viss förhöjning kan också skönjas längs Protoginzonen. Detta visar att elementen är knutna till mer lösliga mineral som amfibol och pyroxen. Generellt är halterna lägre öster om Protoginzonen, vilket medför att moränerna i området i stort saknar det granittypiska elementmönstret utom för kisel, som är lätt förhöjt i området. I området söder om sjön Åsnen blir karaktären av granitinslag mer tydlig.

Natriumförhöjningar avspeglar till en del innehållet av Na-rika plagioklaser i moränen, men där lakbarheten för Na är hög är elementet snarare bundet till pyroxener och amfibol. Förhöjningar av det senare slaget återfinns främst väster och norr om Bolmen och Laholm, medan det i regionen söder och öster därom snarare är de långsamvittrande plagioklaserna som gett upphov till förhöjningar.

Aluminium uppvisar högsta totalhalter i områdets södra del, mellan sjöarna Immeln och Ivösjön, sammanfallande med en förhöjning av kalium med låg löslighet. Detta kan troligen härledas till att moränen i detta område innehåller kaolin från djupvittad berggrund. Kaolinit innehåller ungefär 20% Al, vilket är betydligt mer än omgivande bergarters (metavulkanit har t.ex. en Al-halt på ca 15%) och mineralet är svårlösligt, vilket stöder uppfattningen om kaolinit som aluminiumkälla. Kaolinbrytning har bland annat skett vid *Åsen* (3E 5d), *Ivön* (3E 4c) och vid *Torp-Hagstad* (3E 3e). Förhöjningar väster om Hässleholm kan ha en liknande förklaring, i detta område förekommer kaolinhaltig sedimentär berggrund. Kaolin har här utvunnits i *Mjölkalånga* och *Smedstorp* (båda på 3D 5c) samt i *Mala* (3D 6e).

Kaolin är dock inte den enda tänkbara källan till förhöjningarna mellan sjöarna. I samma område (i västra Blekinge och nordöstligaste Skåne) förekommer glimmerkvartsit i Västanågruppens metavulkaniter. Glimmerkvartsiten innehåller aluminiumsilikatmineralet kyanit, som alltså också kan ha orsakat förhöjningar. Kyanit har brutits vid *Bäen* (3E 7c), *Grönhult* och *Västanå* (båda på 3E 6c).

En förhöjning av barium med hög lakbarhet återfinns strax söder om Jönköping. Här ligger *Spexeryd* (6E 8b), där manganmalm brutits i krosszoner i granit. Malmen var ofta drusig med kristaller av bland annat bariummineralet baryt. Krosszonerna hör samman med de stora förkastningar som begränsar Vätternsänkan i väster och öster.

Beryll i pegmatit är konstaterat vid *Hökhult* (5D 8g), väster om Vidöstern. I elementmönstren är beryllium förhöjt i moränen i anslutning till detta område. Litium, som också förekommer i pegmatit, uppvisar också förhöjningar i området. Elementförhöjningen väster om Ivösjön antas härröra från samma typ av bergart.

Höga blyhalter saknas i stort sett i undersökningsområdet. Den högsta totalhalten finns öster om Båstad. Lakbarheten är här hög och ett flertal andra element är också förhöjda, bland dem fosfor, lantan, yttrium, zink och kadmium. Troligen är det anrikningar i den kretaceiska sandstenen som orsakar förhöjningarna. En viss förhöjning finns också i anknytning till den erosionsrest av kambrisk sandsten som finns i närheten av Torekov.

#### URAN med LANTAN, YTTRIUM och NIOB

Uran förekommer vanligen i sedimentära bergarter som skifferar och i sura bergarter som granit och pegmatit. Yngre bergarter har ofta något högre halt än äldre eftersom uran med tiden sönderfaller i andra ämnen. De högsta halterna av uran återfinns i sydost anslutande till den mesozoiska berggrunden kring Kristianstad, men det är inte klarlagt om det är i denna berggrund som uranets fasta klyft finns. Andra källor kan vara glacialtransporterad skiffer från Hanöbukten. Förhöjningar finns också i de unga graniterna i nordöstra Skåne/västra Blekinge. Här är också bly, lantan, yttrium, titan och niob förhöjt.

#### ZIRKONIUM, VOLFRAM och MOLYBDEN

Gruppen av element är, liksom den förra gruppen, vanliga i graniter, men kan också uppträda anrikat i sandsten tillsammans med bl.a. niob och lantan. Elementmönstren i undersökningsområdet har ett med ovanstående grupp snarligt utseende, men tyngdpunkten ligger längre västerut, mellan Bolmen och Laholmsbukten. Orsaken ligger troligen i de äldsta djupbergarterna som ej omvandlats i någon högre grad, och i att gabbroinslagen där är ringa. En tydlig zirkoniumförhöjning vid Laholmsbukten återfinns i anslutning till charnockit (Varbergsgranit). Det är dock oklart om elementet härrör från denna bergart.

Kopplat till sandsten är förhöjningen av elementen sydost om Kristianstad.

#### GULD

Förhöjningarna av guld är mest förekommande i undersökningsområdets östra del, öster om Protoginzonen. Mineraliseringar med guld är kända från de östra kanterna av kartbladen 5E NO och 6E SO. Här ligger *Senoragruvan* (5E 7i), *Rikagruvan* (5E 9i) och *Kallsjö/Årset* (6E 0i). Här har guld brutits ofta tillsammans med koppar. Guld kan förekomma i kismineraliseringar, men också ensamt i kvartsgångar. På grund av att guld är koncentrerat i relativt få partiklar (mini-nuggets) kan ett enskilt prov ge en vida högre halt än vad som är representativt för provtagningspunkten. Detta är också anledningen till varför kartbilden på guld ser så annorlunda ut jämfört med många andra element. Såväl ensamma förhöjningar som regioner förhöjda på ett eller flera element t.ex. koppar, barium, arsenik och svavel kan vara intressanta som målområden för gulddletning. Sam-

manfaller dessutom förhöjning med en förkastningslinje antas förutsättningarna vara ännu bättre.

## SVAVEL

Svavel förekommer i låga halter i silikatbergarter och är då oftast bundet som magnet- eller svavelkis tillsammans med andra element. En förhöjning kring Nässjö härleds så till kismineral i diabas tillhörande Almesåkraformationen

Tillsammans med guld är svavel något förhöjt söder om Möckeln och Åsnen, förhöjningen böjer av mot söder före Mien och vidare mot sydväst och Ivösjön.

Havsvatten kan vara källa till de högre svavelhalter som finns vid den västra kusten. Här är också brom och klor förhöjt, liksom barium. Alla är lösliga komponenter i havsvatten.

## Prognoskarta för Baskatjonbildning

Moränegioner med på sikt mer lättåtkomlig tillgång på de nyttiga, basiska, ämnena kalcium, kalium och magnesium återfinns över de mesozoiska bergartsområdena, en del av områdena med kritförekomst, i gnejsregionens gabbroida delar samt i anslutning till Almesåkraformationen. Även i anslutning till Protoginzonens hyperitdiabaser och i glacialtransportriktning från grönstensförekomster i granitbältet i öster är moränen lätt förhöjd. Lägst är basinnehållet mellan Helgasjön och Åsnen, sydväst om Mien, sydost om Bolmen samt i ett bälte från Laholmsbukten mot Hästveda.

## pH och Försurningsresistens (se förklarande text i avsnittet 24–26, H–I)

De högsta pH-värdena återfinns i den sydligaste delen av undersökningsområdet, kopplat till kalkstensberggrunden. Något högre pH-värden finns också längs Protoginzonen samt strax öster om denna och kan med stor säkerhet härledas till det basiska mineralinslaget i moränen. I plagioklasområdena hålls också pH-värdena relativt högt, eftersom mineralet vittrar och avger såväl kalcium som aluminium. De generellt låga pH-värden som uppmätts i undersökningsområdets västra del beror dels på lägre basinnehåll i moränen, men troligen också på att markprocesser och surt nedfall påverkat marken ända ner till provtagningsdjupet. I anslutning till de inslag av gabbro som dock finns i berggrunden, kan man t.ex. vid Bolmen och vid länsgränsen Halland/Småland notera högre pH-värden. Eftersom mineralsammansättningen i berggrund och morän är kraftigt skiftande i kartområdet, varierar pH upp till 4 pH-enheter, surhetsgraden varierar m.a.o. 40 gånger. Områden med lägst uppmätta pH-värden är alltså 40 gånger surare än de högst uppmätta.

Försurningsresistensens kartbild visar att neutralisation av surt markvatten i C-horisonten sker med karbonatbuffringssystem på de kalkrika moränerna vid Kristianstad/Ivösjön. Buffring med aluminium, och därmed risk för aluminiumurlakning, sker i nordost och längs den västra kusten inklusive Bjärehalvön. I mellanliggande områden neutraliseras surt markvatten av såväl silikatvittring som av jonbytesbuffring. Det är dessa system som ger lägst värden på försurningsresistensen. Samma områden har dominans av baskatjonbildande ämnen och samtidigt ett lågnehåll av syralösligt aluminium. I områdena med hög risk för aluminiumurlakning dominerar syralösligt aluminium över de baskatjonbildande ämnena.



## MARKKEMISKA VARIABLER

Det geologiska underlagets betydelse för näringstillgång och buffringsförmåga i marken är oomtvistat. Bergartsmaterialens hårdhet och elementsammansättning varierar kraftigt och tillsammans med bland annat de ingående mineralens vittringsförmåga varierar också de geokemiska förutsättningarna i en region.

Beroende på vilken analytisk metod man väljer för att studera grundämnenas fördelning, kan man på olika sätt beskriva en regions geokemiska status. För att få svar på den totala tillgången av element, vare sig dessa är hårt eller lösare bundna i markmineralens kristallgitter, används analyser av totalhalterna av element. Detta visar det *fullständiga förrådet* av elementen.

För att beskriva den mer tillgängliga delen av elementen används en syralakning före analys. Detta löser bara ut den del av elementinnehållet som inte är för hårt gitterbundet. En sådan kemisk analys ger svar på markens presumtiva möjligheter att tillgodose behovet av näringsämnen för växter, och av nyttiga ämnen som kan delta i buffringsprocesser. Man får fram det *på sikt tillgängliga förrådet* av ämnen.

Båda de nämnda metoderna har redovisats i denna rapport. De används rutinmässigt vid den geokemiska karteringen vid SGU och de beskriver de geokemiska förhållandena baserade på geologiska faktorer.

För att däremot få reda på *aktuellt innehåll av bl.a. näringsämnen* i marken, görs analyser av de lättillgängliga metalljoner som sitter löst bundna till markpartiklar. Metalljonerna kan vara en produkt av mineralvittring in situ, eller ha transporterats lösta i markvätskan på grund av markprocesser i ovanliggande jordmånshorisoner. Detta innebär också att influensen av de geologiska faktorerna har olika påverkansgrad. Särskilt märks detta i områden där markmineralen inte hinner vittra sönder och frigöra katjoner i den takt dessa förbrukas i näringsupptag och buffringsprocesser. Dessa *markkemiska förhållanden* visar också markens syra/bas-tillstånd och effekterna av de buffringssystem som råder i mineraljorden, och därmed den påverkan man får på yt- och grundvatten.

Det är viktigt att hålla i minnet att de markkemiska förhållandena beror av en mängd olika faktorer, varav de geokemiska förutsättningarna utgör en sådan faktor. Tack vare medel bland annat från Skogsstyrelsen, har moränprover insamlade för SGU:s markgeokemiska kartering också kunnat analyseras på detta lättillgängliga innehåll av metalljoner.

I denna rapport redovisas kortfattat några av de analyserade parametrarna. För vidare information hänvisas till Geokemiska enheten vid SGU.

Observera att analyserna är gjorda på finfraktionen < 0.06 mm, i stället för fraktionen < 2 mm, som är vanligast i skogs- och markforsknings-sammanhang.

## METODIK

Metoder gällande provtagning och fysisk provberedning är desamma som vid den markgeokemiska karteringen (se tidigare avsnitt). Finfraktionen (< 0.06 mm) har använts för samtliga analyser.

Moränproverna har analyserats på sitt innehåll av utbytbar kalcium, kalium, magnesium, natrium, samt av aluminium och vätejoner. Därefter har bland annat basmättnadsgrad, katjonbyteskapacitet, utbytesaciditet m.fl. markkemiska variabler beräknats. Från samma antal prov har korrelationer gjorts med variabler från den markgeokemiska karteringen, nämligen med pH och med kungsvattenlösligt kalcium, kalium, magnesium och aluminium, samt med lakbarheterna för de nämnda elementen.

Statistik och korrelationsmatriser har därefter tagits fram.

De markkemiska analyserna och pH mätt i 1M KCl, har utförts av Jordhälsans laboratorium i Kalmar. Metoden är speciellt anpassad för att passa skogliga ändamål och används bland annat av skogsvårdsstyrelser.

## Variabler

Följande förkortningar (vanligen från engelskan) har använts för variablerna:

- \* BAS: Baskatjonbildande ämnen. Utgörs av summa kungsvattenlöst CaO, K<sub>2</sub>O och MgO. Anges i % eller g/kg.
- \* Ali: Kungsvattenlöst aluminium, anges i %, eller g/kg.
- \* BAS/Ali, Ali/BAS: Kvoter mellan ovanstående.
- \* Calak: Lakbarheten för kalcium. Beräkning av kungsvattenlöst kalcium ställt i relation till totalhalten av kalcium. Anges i %.
- \* Allak: Lakbarhet för aluminium. Beräkning av kungsvattenlöst aluminium ställt i relation till totalhalten av aluminium. Anges i %.
- \* pHH: pH i jord uppslammat med avjoniserat vatten.
- \* pHS: pH i jord som ovan efter tillsats av 0.005M svavelsyra.
- \* FR: Förurningsresistensen. Beräkning med variablerna pHH och pHS.
- \* pHK: pH i jord uppslammat i KCl. Mätning av pH i KCl görs av 12.5 g prov + 50 ml KCl (1M).
- \* TA, (Total acidity): Utbytesaciditet. Utgör summan av de sura katjonerna,  $TA=Al+H$ , anges i mekv/g. Uppslamningen från pHK-mätningen filtreras och titreras med NaOH (0.02M) till pH 8.2. 10 ml 4%-ig NaF tillsätts. Titring med 0.02M HCl till 8.2. Från titreringen erhålls utbytesaciditeten (TA) och utbytbart aluminium. Därefter räknas värdet på H ut.
- \* Alu: Utbytbart aluminium. Anges i mekv/g.
- \* TEB, (Total exchangeable base cations): Beräknas som summan av de utbytbara baskatjonerna, enligt  $TEB=Ca+K+Mg+Na$ . Anges i mekv/g. Analyser görs på 12.5 g prov + 50 ml NH<sub>4</sub>Cl (1M). Filtrering och spädning före analys med atomabsorption SP-9. Utbytbara halter av kalcium, kalium, magnesium och natrium rapporteras.
- \* Cau: Utbytbart kalcium. Anges i mekv/g.
- \* BC, (base cations). Beräknas som summan av utbytbart Ca+K+Mg. Anges i mekv/g.
- \* BC/Alu, Alu/BC: Molkvoter för ovanstående.
- \* CEC, (cation exchangeable capacity): Katjonbyteskapacitet. Beräknas enligt  $CEC=TEB+TA$ . Anges i mekv/g. De enskilda jonernas andel av CEC kallas mätnadsgrader, t.ex. kalciummättnad.
- \* BM: Basmätnadsgrad. Beräknas enligt  $BM=100 \times TEB/CEC$ . Anges i %.

## Områden

På kartbladen 25I och 26I SV, SO och NO, i den nordligaste halvan av det kartområde som beskrivits i denna rapport, har 77 moränprov analyserats på markkemiska variabler.

Den statistiska population som dessa 77 prov är en del av, består totalt av 840 prov. De övriga 763 proven är tagna i ett sammanhållet område ungefärligen från Tiveden (Skaraborgs län) och söderut till en linje som begränsas ungefär av Hallandsåsen och Sölvesborg i nordligaste Skåne. Området i södra Sverige är i sig uppdelat i en mitt-del (kartbladen 3E, 4E, 5E, 6D NO, SO, 6E, 7D, 7E, 8D, 8E NV, SV, 9D SO, 9E SV, SO, och en västlig del (kartbladen 3D NV, NO, 4C, 4D, 5C SV, SO, 5D). Områdena kallas fortsättningsvis norr, mitt och väst.

## GEOLOGISKA OCH KLIMATOLOGISKA FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR VITTRING

Moränerna i det mittersta området innehåller utöver granit en hel del basiskt bergartsmaterial, bland annat hyperitdiabas och kalksten, medan det västra området återfinns i det sydvästsvenska gnejsområdet med en del grönstensinslag (gabbro). Det norra området består som nämnts tidigare, främst av granitoida bergarter och en del metasediment. Vittringsbenägenheter för de areellt mest utbredda bergarterna i de tre områdena är ganska lika och tämligen svaga. Lokala inslag av basiskt mer snabbvittrande bergartsmaterial påverkar dock områdena i olika grad.

Områdena skiljer sig däremot åt, vad gäller den tid moränerna varit fria från inlandsis. Mineraljorden i söder har tidsmässigt varit isfri längre än i norr, men har varit exponerad för vittring och jordmänsprocesser under ännu längre tid, beroende på skillnader i klimat och temperaturzoner för de olika områdena.

Temperaturklimatet kan uttryckas med vegetationsperiodens längd och värmeintensitet. Det används regelbundet i de areella näringarna för att ange skillnader i förutsättningar för olika typer av växtlighet, för skogsbruk, jordbruk och odling av frukt, bär och trädgårdsväxter. Aktiviteten hos markprocesserna är starkt kopplade till samma faktorer, eftersom kemisk och biologisk vittring i stort sett bara kan äga rum när marken inte är tjälad. (Den fysikaliska vittringen kan däremot äga rum under den tjälade säsongen, eftersom vatten som fryser till is sönderdelar mineralpartiklar och luckrar upp marken).

Även nederbörd och sur deposition av nederbörd skiljer områdena åt. Det västra området är mycket nederbördsrikt och har samtidigt den största depositionen av surgörande ämnen. Det mittersta och det norra området betraktas här för enkelhetens skull som lika, vad gäller dessa faktorer.

## Temperatursumma

Vegetationsperiodens längd definieras som antalet dygn under året då medeltemperaturen varaktigt överstiger +5 grader C. Periodens längd är ca 240 dygn i sydvästra Götaland och ca 120 dygn i Norrbottens inland. Värmeintensiteten anges med hjälp av den så kallade temperatursumman, T-summan. Denna beräknas med hjälp av höjd över havet, latitud och dygnsmedeltemperatur för alla dygn under vegetationsperioden. T-summan blir på så sätt ett uttryck för det lokala klimatet, vilket alltså generellt anger förutsättningarna för vittring, eftersom markprocesserna är aktiva i princip under samma tid. Under den tid landet varit fritt från inlandsisen har klimatet naturligtvis varierat stort, men T-summan, beräknad på nutida förhållanden, kan ändå användas för att åskådliggöra relationerna mellan de olika områdena.

### Delområde Norr

Det norra området ligger i en temperaturzon med en temperatursumma på 400 - 600 dygngrader. Värme-klimatet är, översatt till ord, extremt kyligt. Området har varit isfritt och utsatt för markprocesser ca 9000 år. För att få ett värde på markprocessernas aktivitet i norr har medelvärdet 500 dygngrader multiplicerats med antalet isfria år. Detta ger ett aktivitetsvärde över tiden på

4.5 milj. dygngrader. Generellt sett har alltså markprocesserna kunnat vara aktiva under denna tid.

### Delområde Mitt

Mittområdet har en T-summa på 1200 - 1500 dygngrader, vilket ger medelgott till gynnsamt klimat. Isavsmältningen skedde för ca 12 800 (i söder) till 10 500 (i Tiveden) år sedan. Aktivitetsvärdet kan då beräknas till 12.6 miljoner dygngrader i Tivedentrakten, och kontinuerligt stigande till 19 miljoner längst i söder.

### Delområde Väst

Det västra området har en T-summa på ca 1500, vilket betraktas som ett gynnsamt klimat. I den kustnära delen är klimatet mycket gynnsamt. Området har varit isfritt i ca 12 500 år och aktivitetsvärdet beräknas till ca 19 miljoner dygngrader. Området påverkas kraftigt av havsvindar, har hög nederbörd och är idag mycket utsatt för försurande nedfall, framför allt i form av sulfatdeposition.

## RESULTAT

### Statistik och Korrelationer

För att ta hänsyn till områdenas regionalt skilda förutsättningar och för att kunna belysa dessa, har den markkemiska populationen (840 st moränprov) delats upp i tre områden enligt ovan. Statistik och korrelationer har därefter gjorts för de tre områdena norr (n=77), mitt (n=527) och väst (n=236).

**Tabell 6.** Kvartiler inklusive medianvärde (50:e) samt 99:e percentilen för några av variablerna i norr, mitt och väst.

*Table 6. Quartiles including median values (50:th) and 99:th percentile for some of the variables in the northern, central and western area.*

Kvartiler, 99:e perc.	pHH	BM	BC/Alu	CEC	Cau i % av CEC	Alu i % av CEC	
25:e	Norr	5.1	21	0.30	3.2	14	43
	Mitt	4.8	19	0.21	6.3	8	41
	Väst	4.7	14	0.14	4.1	5	66
50:e	Norr	5.3	32	0.55	4.5	22	58
	Mitt	5.1	28	0.36	10.8	13	62
	Väst	4.8	18	0.20	5.4	9	74
75:e	Norr	5.5	42	0.88	6.7	30	71
	Mitt	5.4	44	0.90	18.6	23	71
	Väst	5.0	25	0.31	8.0	14	79
99:e	Norr	6.1	59	1.77	16.6	43	82
	Mitt	8.0	99	155.00	141.0	95	82
	Väst	6.4	99	71.00	77.0	80	89
max	Norr	6.2	90	12.80	16.8	62	89
	Mitt	8.2	99	192.00	177.0	96	85
	Väst	6.9	99	88.00	117.0	95	91

**Tabell 7.** Korrelationsmatris för ett urval av variablerna per område. Observera att korrelationskoefficienterna (på 5 % risknivå), är olika beroende på antal prov som ingår i matrisen. Ett säkerställt statistisk samband har markerats med fet stil.

*Table 7. Correlations for some of the variables in the northern, central and western area. Marked correlations are significant at  $p < .05$ .*

**Norr, n = 77**

	BAS	BAS/ Ali	Calak	Allak	pHH	pHS	FR	TA	TEB	CaU	AIU	BC/ AIU	CEC
BAS/Ali	.3												
Calak	<b>.7</b>	<b>.5</b>											
Allak	.2	<b>-.6</b>	.1										
pHH	.2	<b>.6</b>	<b>.4</b>	-.3									
pHS	.2	<b>-.8</b>	-.2	<b>.7</b>	<b>-.5</b>								
FR	<b>-.4</b>	<b>-.6</b>	-.1	<b>.4</b>	<b>-.5</b>	<b>.9</b>							
TA	-.1	-.2	-.2	.0	-.2	.1	.1						
TEB	-.1	-.1	.0	.0	-.1	.1	.1	.1					
CaU	-.1	-.1	.0	.0	-.1	.1	.1	.2	<b>.7</b>				
AIU	-.2	-.2	-.2	.0	-.2	.1	.1	<b>.99</b>	.1	.1			
BC/AIU	.0	.0	.1	.0	.0	.1	.1	-.2	<b>.9</b>	<b>.8</b>	-.3		
CEC	-.1	-.2	-.1	.0	-.2	.1	.1	<b>.8</b>	<b>.7</b>	<b>.7</b>	<b>.8</b>	.3	
BM	.0	.0	.0	.1	.2	.1	.0	<b>-.6</b>	<b>.6</b>	<b>.6</b>	<b>-.6</b>	<b>.7</b>	-.1

**Mitt, n = 527**

	BAS	BAS/ Ali	Calak	Allak	pHH	pHS	FR	TA	TEB	CaU	AIU	BC/ AIU	CEC
BAS/Ali	<b>.9</b>												
Calak	<b>.7</b>	<b>.6</b>											
Allak	.0	-.1	.1										
pHH	<b>.5</b>	<b>.4</b>	<b>.6</b>	-.1									
pHS	<b>.7</b>	<b>.6</b>	<b>.6</b>	<b>.3</b>	<b>.4</b>								
FR	.1	.1	.0	<b>.4</b>	-.1	<b>.6</b>							
TA	-.1	-.1	-.2	<b>.5</b>	<b>-.4</b>	-.1	.0						
TEB	<b>.5</b>	<b>.3</b>	<b>.6</b>	<b>.2</b>	<b>.7</b>	<b>.5</b>	.0	-.1					
CaU	<b>.5</b>	<b>.3</b>	<b>.6</b>	<b>.2</b>	<b>.7</b>	<b>.5</b>	.1	<b>-.2</b>	<b>.98</b>				
AIU	-.1	-.1	-.2	<b>.5</b>	<b>-.5</b>	-.1	.1	<b>.98</b>	<b>-.2</b>	<b>-.2</b>			
BC/AIU	<b>.5</b>	<b>.4</b>	<b>.6</b>	.1	<b>.8</b>	<b>.6</b>	.1	<b>-.2</b>	<b>.9</b>	<b>.9</b>	-.2		
CEC	<b>.4</b>	<b>.3</b>	<b>.6</b>	<b>.3</b>	<b>.6</b>	<b>.5</b>	.0	.2	<b>.95</b>	<b>.9</b>	<b>.2</b>	<b>.8</b>	
BM	<b>.3</b>	<b>.2</b>	<b>.4</b>	-.1	<b>.8</b>	.1	<b>-.3</b>	<b>-.4</b>	<b>.7</b>	<b>.7</b>	<b>-.4</b>	<b>.6</b>	<b>.6</b>

**Väst, n = 236**

	BAS	BAS/ Ali	Calak	Allak	pHH	pHS	FR	TA	TEB	CaU	AIU	BC/ AIU	CEC
BAS/Ali	<b>.3</b>												
Calak	<b>.7</b>	<b>.4</b>											
Allak	<b>.5</b>	<b>-.6</b>	<b>.3</b>										
pHH	.1	.2	.2	-.1									
pHS	.1	<b>-.7</b>	.0	<b>.7</b>	-.1								
FR	.1	<b>-.7</b>	-.1	<b>.5</b>	-.2	<b>.9</b>							
TA	-.1	-.2	-.1	.0	.0	.1	.0						
TEB	-.1	-.1	-.1	.0	-.1	.0	.0	.0					
CaU	.0	-.1	-.1	.0	-.1	.0	.0	.0	<b>1.0</b>				
AIU	-.1	-.2	-.1	.1	.0	.1	.0	<b>1.0</b>	.0	.0			
BC/AIU	-.1	-.1	-.1	.0	-.1	.0	.0	-.1	<b>.8</b>	<b>.8</b>	-.1		
CEC	-.1	-.1	-.2	.0	-.1	.1	.1	<b>.3</b>	<b>.95</b>	<b>.9</b>	<b>.3</b>	<b>.7</b>	
BM	-.1	.0	-.1	-.1	-.1	.0	.0	-.2	<b>.7</b>	<b>.7</b>	-.2	<b>.7</b>	<b>.6</b>

### Katjonbyteskapacitet

Katjonbyteskapaciteten (CEC) visar markens förmåga att binda positiva joner. CEC utgör ett mått på mängden utbytbara vätejoner och metallkatjoner, d.v.s. joner som har förträngts från partikelytor, och som inte är hårt bundna i svårlösliga föreningar. Till en del beror CEC på markpartiklarnas sammanlagda yta, som ju ökar desto mer finkornig marken är. CEC i grus är mycket låg, medan ler har en hög CEC. Andelen joner beror också på effekten av vittringsprocesser i marken, och om det sker ett tillskott av joner transporterade med markvätskan, antingen från deposition ovanpå markytan eller från ytligare marklager.

CEC är mycket låg i kartområde norr, medianvärdet är lägst av de tre områdena norr, väst och mitt, mer än hälften så lågt som i mittområdet, och något lägre än i väst. Samtliga metalljoner, samt vätejonerna uppvisar också mycket låga värden i området, flödet av joner är därmed mycket lågt, jonbytesförmågan är svag.

I mitt och väst dominerar baskatjonerna CEC och det finns en korrelation med BM som saknas i norr. Utbytbar aluminium har i norra området en lika stor, t.o.m. något större inverkan på CEC.

Mättnadsgraden för de joner som ingår i CEC visar att vätejonandelen i stort sett är lika i de tre områdena. Kalciummättnaden är högst i norr och aluminiummättnaden är högst i väst.

Korrelationer mellan CEC och de mineralogiska faktorerna är uppenbar i mittområdet. CEC är här korrelerat bland annat med BAS och lakbarheterna för kalcium och natrium. Detta orsakas av att vittringsbenägna mineral frigör tillräckligt med joner som sitter på partikelytor. Korrelation finns också med lakbarheterna för kalium och aluminium, och i något mindre grad för magnesium. Tillförsel av joner genom vittring är därmed tillfredsställande.

### Basmättnadsgrad

Basmättnadsgraden (BM) utgör baskatjonernas andel av CEC. Basmättnadsgraden är ett mått på markens syra/bas-tillstånd, och är upp till 100% i kalkrik mark, medan normala värden i urbergsområden ligger betydligt lägre. Medianvärdet för BM i norr är 32%, i mitt 28%, medan det i det västra försurningsdrabbade området ligger på låga 18%. När marken försuras minskar BM eftersom andelen sura katjoner (Al och H) ökar i förhållande till baskatjonerna Ca, K, Mg, Na. Denna försurningseffekt syns tydligt i basmättnadsgraden för det västra området (d.v.s. södra Halland, västra Småland, nordligaste Skåne), medan område norr och mitt däremot har tillfredsställande värden på BM.

Vanligen är BM korrelerad med pH i en marklösning. Så är fallet i mittområdet, men ej i det norra området eller det västra. I mitt och väst dominerar utbytbar kalcium basmättnadsgraden, men i norr är BM korrelerat med samtliga ingående utbytbara metallkatjoner.

I mittområdet är BM även korrelerad med försurningsresistensen (FR). Korrelationen är negativ, alltså där nivån på basmättnadsgraden är hög, har försurningsresistensen låga värden.

Korrelation med mineralogiska faktorer finns i mittområdet med lakbarheten för kalcium, med BAS och något svagare bland annat med lakbarheterna för natrium och kalium.

### Kvoten mellan baskatjoner och aluminiumjoner

Relationen mellan näringsämnen Ca+K+Mg och Al (BC/Alu) används ofta som ett mått dels på markförsurning, dels för att belysa biogeokemisk obalans mellan näringsämnen och skadligt aluminium. Upptaget av näringsämnen i växtrötter hämmas nämligen vid höga aluminiumhalter och samtidigt låga halter baskatjoner. Även här är mediankvotvärdet BC/Alu högst i norr, lägre i mitt och mer än hälften så lågt i väst.

Kvoten är i mittområdet bland annat korrelerad med lakbarheten för kalcium, med BAS, BAS/Al och med pH, men dessa korrelationer saknas i norr och i väst.

I det mittersta området är kartbildens kvotmönster väl sammanfallande med kalkstenområdena i Kristianstadtrakten, Billingen och Kinnekulle samt med diabasstråken öster om Mariestad och Protoginzonens hyperitdiabaser.

## pH

pH, mätt på markprovet uppslammat i avjoniserat vatten (pHH) eller KCl (pHK), är ytterligare ett mått på markens syra/bas-tillstånd. När man mäter pH i finfraktionen, får man ett värde som ligger ungefär 0.5 pH-enhet lägre än i fraktionen < 2 mm. (Vid högre värden kan skillnaden bli något högre). Detta kan bero på att den sammanlagda partikelytan i finfraktionen är betydligt större än i motsvarande grövre fraktion. En större mängd vätejoner kan alltså finnas adsorberade på partikelytorna, vilket leder till lägre pH. Eftersom pH-skalan är negativt logaritmisk, betyder ett lågt pH en stor andel vätejoner. I tidigare undersökningar har båda fraktionerna pH-mätts, och man har funnit att korrelationen mellan pH mätt i finfraktion och pH mätt i fraktionen < 2 mm är hög, vilket gör det möjligt att räkna om pH från finfraktion till mer välbekanta värden i den grövre fraktionen. I denna redovisning har värdena dock ej räknats om.

Vid extraktion med KCl byts huvuddelen av de vätejoner som sitter adsorberade på markpartiklar, ut mot kaliumjoner. Denna pH-mätning kan därför sägas svara mot den under naturliga förhållanden optimala mängd vätejoner som finns i marken. pH-mätning med vattenlösning anses svara mot markvätskans surhet, alltså mot den mängd vätejoner som är direkt tillgängliga, och ligger normalt 0.5-1.0 pH-enheter högre.

Medianvärdet för pHH är i norr 5.3, i mitt 5.1 och i väst 4.8. pH mätt i kaliumkloridlösning (pHK) visar inte samma skillnad; här är medianvärdena 4.8 i norr och 4.7 i mitt och i väst.

Korrelation för pHH med andra variabler i norr, är med mineralkvoten BAS/Ali, och med lakbarheten för kalcium, samt med totalhalterna för natrium och kalium. Korrelation i mittområdet finns bland annat med BM, TEB, BC/Alu samt med lakbarheten för kalcium, BAS och med BAS/Ali.

I det västra området saknas korrelationer med såväl markkemiska som mineralogiska variabler. Möjligen finns ett svagt samband med BAS/Ali och med kalciums lakbarhet.

Mönsterlikheten i kartbilden är påfallande mellan pHH och BM, störst i mittområdet men finns där även i väst och norr.

## BAS

Oxidsumman kungsvattenlöst kalcium, kalium och magnesium ligger till grund för förkortningen BAS. I den markgeokemiska karteringen används elementgrupperingen för att prognostisera baskatjonbildning i marken. Det är framför allt närvaron av elementen i lättlösliga mineral, som påvisas. Baskatjonbildning har stor betydelse för grundvattnet och för våra sjöars vattenkvalitet, eftersom nedträngande markvatten påverkas av mineralogin i marken. Moränens förråd av BAS avspeglas därför i sjöarnas innehåll av Ca- och Mg-joner. I försurade sjöar har dock en stor del av de lösta jonerna förbrukats vid neutralisation av direkt surt nedfall.

Korrelationer med markkemiska variabler finns framför allt i mittområdet och då bland annat med pHH, TEB, BC/Alu, BM och CEC.

### Försurningsresistens och BAS/Ali

Kvoten BAS/Ali är den geologiska/mineralogiska variabel som i alla tre områdena korrelerar med det pH-värde (pHS) man erhåller efter en syraattack. Korrelationen är negativ i områdena norr och väst, d.v.s. ett högt pHS har en låg BAS/Ali-kvot. Detta innebär att den neutralisation som snabbast bromsar upp en provocerad pH-sänkning är där andelen aluminiumrika mineral dominerar över mineral rika på kalcium, kalium och magnesium. Om däremot karbonatbuffring råder, som i mittområdet, blir korrelationen positiv.

Försurningsresistensen (FR) är korrelerad med mineralkvoten BAS/Ali (negativt) och med lakbarheten för aluminium i alla tre områdena. Låga nivåer på FR råder således i en region där mineralkvoten är hög och aluminium inte så lätt frigörs från markpartiklarna.

FR är i mittområdet också korrelerad med basmättnadsgraden (negativt) och med Alu/BC.

### Djupa markprofiler

I delområde väst har ett antal (10 st totalt) djupa markprofiler tagits upp i morän, och analyser finns från blekjord, rostjord och C-horisont ner till varierande djup, en del ner till 6 m. Några av profilerna redovisas här på variablerna pH och kvoten BC/Alu, främst för att belysa skillnader i försurningspåverkan.

Profil P6 ligger ca 5 mil öster om Halmstad, profil P1 ca 1 mil söder om P6. Profil P9 ligger ca 15 km sydost om Halmstad och någon mil från kusten. P8 ligger ca 2 mil sydost om P9 och lika långt från kusten.

Samtliga profiler ligger i gnejsområdet. P1 och P6 återfinns i områden där förutsättningarna för baskatjonbildning (BAS) är medelgod. P9 ligger på gränsen till, och P8 helt i område där förutsättningarna är betydligt sämre.

På djupet 1.5 m under markytan, är pH i profil 1: 4.9, i profil 6: 5.0, i profil 8 och profil 9 är 4.8 pH-enheter uppmätta. Profilerna i inlandet har således ett något högre pH-värde.

Uppmätta värden på pH och kvoten BC/Alu (liksom BM) ökar generellt successivt, ju djupare man mäter i marken, men på en visst djup sker oftast en radikal förändring av värdena. Det är speciellt kvoten BC/Alu som är intressant, eftersom en kvot  $> 1$  innebär att andelen utbytbara ekvivalenter kalcium, kalium och magnesium överstiger andelen aluminium i marken. I en försurad markprofil är BC till stor del förbrukade och kvoten  $< 1$ . Det djup i profilerna där detta sker visar att försurningen trängt djupare i de västliga profilerna P8 och P9. Denna kvotförändring, eller "försurningsfront" ligger här någonstans mellan 4 och 5 meter. I profilerna P1 och P6 sker förändringen på ca 3 m djup.

I Västerbotten, där liknande profiler (3 st) grävts på kartbladet 23I, återfinns denna kvotförändring drygt 1 meter under markytan.

Någon motsvarande förändring på djupet för de markgeokemiska variablerna, har ej kunnat påvisas. (Sammanställning av samtliga variabler och profiler är dock ej slutförd).

### Sammanfattande om de markkemiska variablerna och geokemiska faktorer

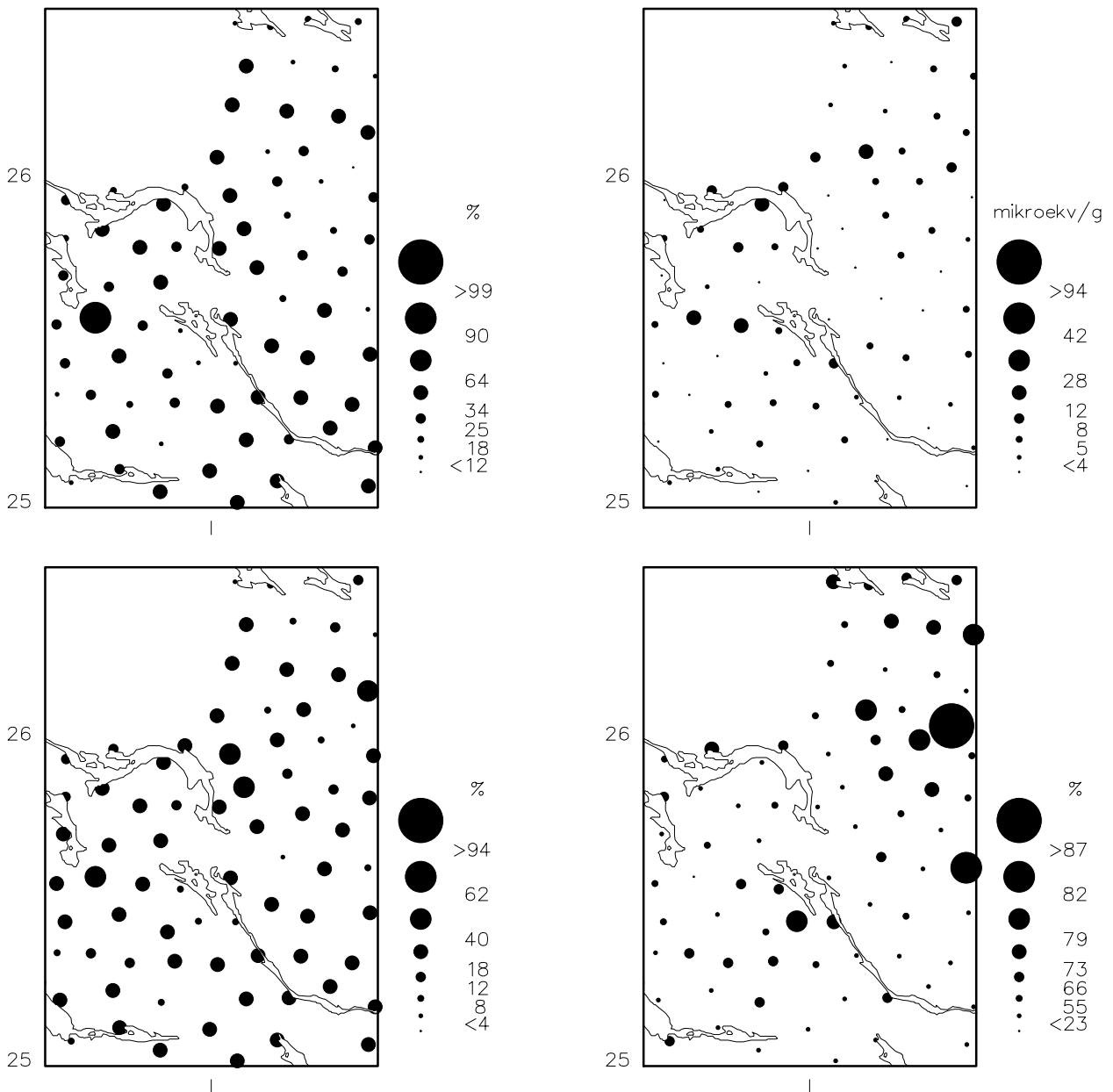
Områdenas temperatursummer, som ger en möjlighet att uppskatta exponeringsgraden hos moränerna, avslöjar att delområdena mitt och väst har varit utsatta för markprocesser upp till 4 gånger så lång tid som det norra området. Detta ger en relevant bakgrundsinformation som måste beaktas vid tolkningar av markkemin, och av de geologiska (mineralogiska och markgeokemiska) förutsättningarna.

Det norra området har höga och tillfredsställande nivåer vad gäller pH, basmättnadsgrad och molkvot BC/Alu. Låga värden på CEC visar dock att markerna här är svaga. Den relativt sett kortare vittringsaktiva tiden kan ha betydelse för både de högre nivåer på pH, BM och BC/Alu som råder, men också på jonbytesförmågan. Naturliga markprocesser är i sig surgörande och dessa har varit aktiva under betydligt kortare tid i norr. Den låga depositionen av surt nedfall kan vara en annan orsak. För nivåerna på pH i norra området finns koppling till totalhalter av kalium och natrium, men ej till elementens lakbarheter. Detta torde betyda att fältspatvittring är den dominerande faktorn för att upprätthålla pH.

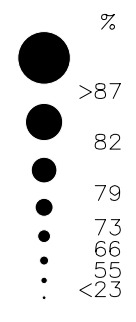
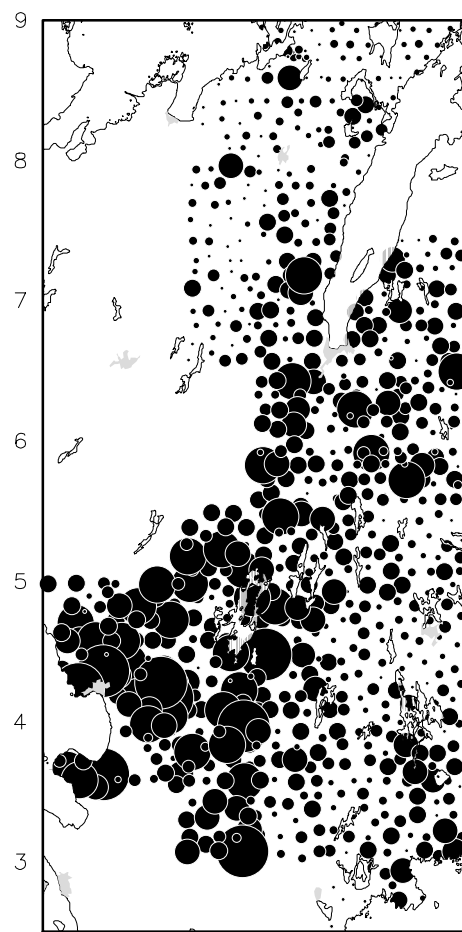
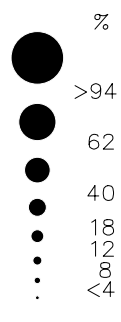
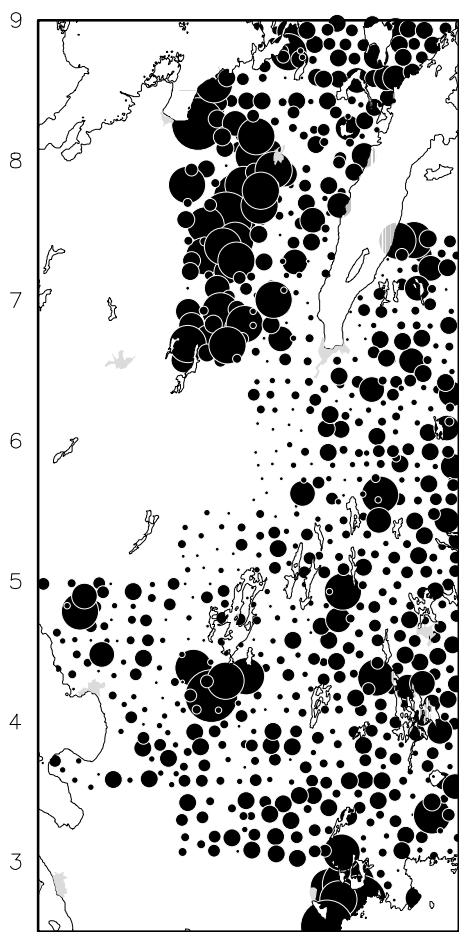
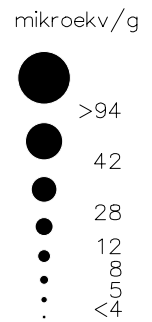
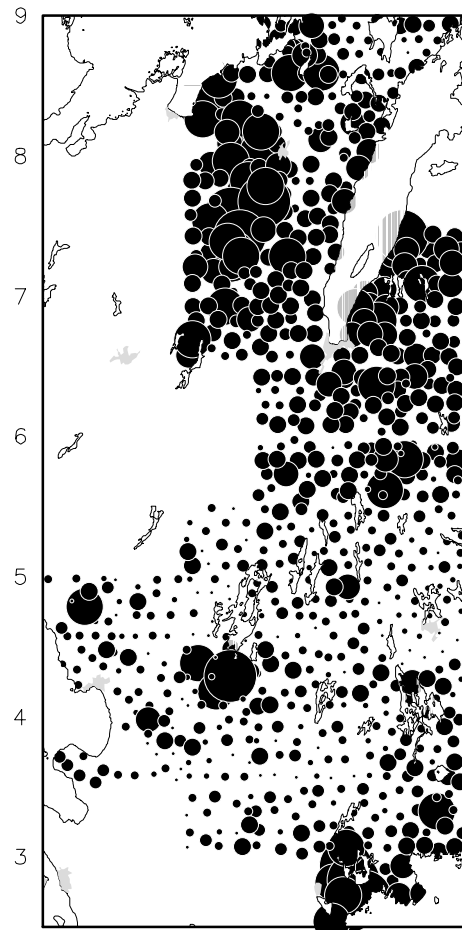
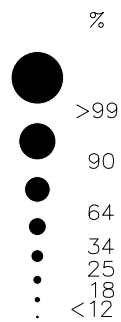
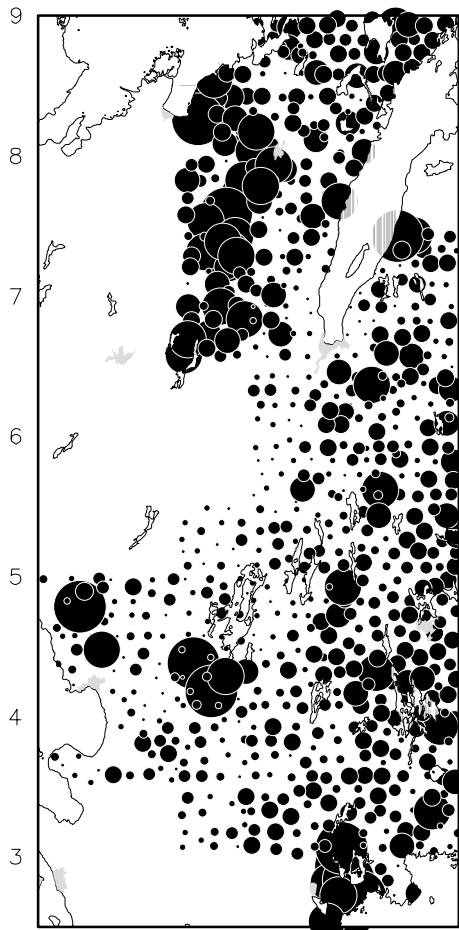
Område väst, som också har låg CEC, har tillfredsställande innehåll av vittringsbenägna mineral enligt prognoskartan för baskatjonbildning, men aluminiummättnaden är hög i CEC. Låga nivåer på pH, BM och BC/Alu, visar att vittring uppenbarligen inte hinner frigöra joner i den takt de förbrukas. Det nederbördsrika läget och den kraftiga depositionen av surgörande ämnen torde vara orsaken till dessa jonsvaga områden.

pH i marken är beroende av geokemiska faktorer, där särskilt lakbarheten för kalcium och den mineralogiska kvoten BAS/Al<sub>i</sub> påverkar pH-bilden vid normala förhållanden. I det västra, mest försurade området saknas dessa korrelationer, möjligen finns en svag koppling med lakbarheten för kalcium. Detta tyder också på att vittringen är för långsam för att påverka pH. Markprofilerna visar också att försurningsfronten trängt djupt ner.

Mittområdet har högst nivåer på CEC och kalciummättnad dominerar jonbalansen. Basätt-nad och pH ligger på höga nivåer i moränområden med kalksten, d.v.s. Billingen och i Kristianstadtrakten. Även hyperitdiabaser och grönstenar i moränen ger god effekt på såväl surhetsgrad som jonbytesförmåga. Det är framför allt i dessa gynnsamma områden det geologiska underlaget har tydligast influens på markkemin vad avser de utbytbara katjonerna.



Karta i skala 1:1 miljon. Basätt-nadsgrad överst till vänster, katjonbyteskapacitet överst till höger. Mätt-nadsgrad för kalcium nere till vänster och för aluminium nere till höger.



Kartor i skala 1:2,7 milj. Basmättnadsgrad överst till vänster, katjonbyteskapacitet överst till höger. Mättnadsgrad för kalcium nere till vänster och för aluminium nere till höger.

## REFERENSER

- Andersson, G., (in prep) Deglaciation patterns and dynamics in the Bolmen area, SW Sweden. GFF.
- Andersson, M., Nilsson, C., 1995. Markgeokemiska kartan. Sveriges Geologiska Undersökning, Rapporter och meddelanden nr 81.
- Andersson, M., Lax, K., 1996. Markgeokemiska kartan, Sveriges Geologiska Undersökning, Rapporter och meddelanden nr 85.
- Berggrundskartan, Sveriges Geologiska Undersökning, ser. Ba 39, Ba 40, Ba 41 och Ba 44.
- Berndtsson, A., 1983. Beskrivning till berggrundskartorna 26 H Jäkkvik NO, 26 I Luvos NV/NO och 26 I Luvos SV/SO. Internrapport SGAB. PRAP 83059.
- Hålenius, U. och Smellie, J. A. T., 1983. Mineralisations of the Arjeplog-Arvidsjaur-Sorsele uranium province: Mineralogical studies of selected uranium occurrences. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Abhandlungen, VO: 147, s 229-252.
- Jordartskartan, Sveriges Geologiska Undersökning, ser. Ae 80, Ae 86, Ae 93, Ae 101, Ae 106, Ae 111, Ae 115, Ae 116, Ae 121 med beskrivningar.
- Kornfält, K. -A., 1983: Beskrivning till berggrundskartan Karlshamn NV. Sveriges Geologiska Undersökning, ser. Af 135.
- Lagerlund, E., 1983: The deglaciation pattern and dynamics in south Sweden. Lundqua report 24.
- Lindström, M., Lundquist, J. och Lundquist, Th., 1991. Sveriges geologi från urtid till nutid, Studentlitteratur, Lund.
- Möller (1987): Moraine morphology, till genesis and deglaciation pattern in the Åsnen area, south-central Småland, Sweden. Lundqua Thesis 20.
- Padget, P., 1966. The geology and mineralization of the Radnejaure area, Norrbotten county, Sweden. Sveriges Geologiska Undersökning, ser. C nr 609.
- SGU, 1981. Basprospektering inom Jokkmokks kommun, slutrapport, perioden 1979-06-05—1981-06-30. Internrapport Sveriges Geologiska Undersökning. BRAP 81054.
- Skogsmarkens ekologi, Del 1 och del 2, 1986. Skogsstyrelsens förlag

## SUMMARY

In 1983 a national geochemical mapping programme based on the silt plus clay fractions (<0.06 mm) of till was initiated by the Geological Survey of Sweden. So far, including the present study, 120 000 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 kilometre).

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

- (1) the 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 silty or sandy-silty till. Material extremely rich in gravel, sand or clay is avoided. The sampling net is preliminary plotted in advance on topographic maps. The sampling site is sometimes selected by use of available soil maps. The final location of the sample site is determined in the field. A pit is dug and the samples are collected from the C-horizon about one metre below the surface. Approximately 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 freeze-drying, the samples are sieved on 0.06 mm and analysed for major and trace elements by X-ray fluorescence. Partial leaching in Aqua Regia, analysed by ICP-AES and atomic absorption techniques (gold) are also used. The approximate contents calcium carbonate is determined by using hydrochloric acid. pH is determined in a suspended solution based on a two g sample in 10 ml distilled water.

The analytical results and sample coordinates are stored for fast retrieval. Mathematical and statistical treatment of the material, as well as black and white and colour map production, is completely computerised.

The survey area of the present investigation covers approximately 6,500 square kilometres in northern Sweden and approximately 20,000 square kilometres in the south of Sweden.

### The northern area

Most of the bedrock is of Precambrian age, dominated by various granitoids formed in connection to the Svecokarelian orogeny. Volcanic rocks of acid, intermediate and basic composition occur especially in the southern half of the area. In the north a region of metasedimentary bedrock is intruded by the oldest granitoids.

At present there is no mining activity in the area. The large *Laisvall* lead mine, however, is situated approximately 15 km north of the westernmost area investigated. The ore contains, besides lead, significant amounts of Ba and Zn. Several occurrences of this type of stratabound sulfide mineralisations occur in the Caledonian mountain range. Some of these mineralisations lie inside or very close to the area mapped and are reflected by elevated levels of Pb, Ba, and Zn in the till.

The different rocks of the Caledonian mountain range has a pronounced influence on the till geochemistry in the area. The levels of several elements like Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, Ni, V, S are clearly elevated in the region.

Several occurrences of Cu, and Ni-mineralisations are known in the Radnejaure area, which approximately covers 350 km<sup>2</sup> around the lake Gubblijaure, mapsheet Stensund 25 I. The largest of these is *Lulepotten*. The mineralisations in the Radnejaure district are connected to volcanic rocks of acid to intermediate composition, often intimately associated with granitic intrusions and fault zones.

Glacial drift covers most of the area investigated. The youngest direction of ice flow usually display a movement from N–NW. Several studies indicate, however, that older directions sometimes deviate from this. Some investigations of striae and fabric analysis have shown that the ice came from a SW direction. Ore exploration programmes have identified large variations in transport distances. Rock fragments have in some cases been identified up to 20 kilometres from the source rock. 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. The scale of the present investigation is, however such that the impact of bedrock on till geochemistry is clearly discernible.

### The southern area

The crystalline bedrock in the area can be divided in to two groups, the West Swedish gneiss region and the Småland Granite Region, divided by the Protogine zone. A third group, comprised of sedimentary rocks, are found in the most southern part of the area.

Glacial till covers most of the area. Direction of ice flow normally shows a movement from N–NE. Older directions which deviate from this, can also be found.

The distribution patterns of the elements in till are affected by dark fragments from mafic rocks. This is evident with elevated levels of for instance  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Ni}$ ,  $\text{Cr}$ ,  $\text{V}$ . Some early worked ore deposits are known in the area. The largest of these is *Klevabergen*, which was mined for manganese and titanium.

Creataceous limestones in the south are reflected by elevated contents of  $\text{CaO}$  and  $\text{Sr}$  in the till. The hyperites in the Protogine zone are also reflected by these elements. Some mineralisations associated with hyperites are noted in areas of till with elevated  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{TiO}_2$ , for example the *Boleken* mine.

Kaoline, a weathering product of feldspar-rich rocks, has been quarried in the south part of Sweden, for example at *Åsen* and *Ivön*. The mineral kaolinite is an aluminium hydrosilicate that emanated from mesozoic deep weathering of the exposed bedrock. Another aluminium mineral is kyanite, a silicate that occurs in mica rich quartzite east of lake *Ivösjön*. Kyanite has been quarried at *Bäen*, *Grönhult* and *Västanå*. The till in these areas also show markedly enhanced levels of aluminium.

The highest values of gold in till are found in the areas to the east of the Protogine zone. Some elevated contents of copper, barium or sulphur are noted in the same regions. Mining activities has taken place at *Senoragruvan*, *Rikagruvan* and *Kallsjö/Årset*, all of which are located in the eastern zone of the areas of enhanced levels of gold in the till.

### Exchangeable cations

Investigations of the bulk of exchangeable cations have been carried out in three areas; in the northern part of the country, in the central and in the western part. These areas show clear correlation between chemical parameters in soil according to geochemical parameters.

In the north there is a very low cation exchangeable capacity, but high levels of pH and base saturation. Correlations with total amounts of sodium and potassium indicate that weathering of feldspars is responsible for the pH-values.

In the west, CEC, pH and base saturation values are low, and there are no strong correlations with other chemical or mineralogical factors. A weak correlation can possibly be seen with the leachability of calcium. The area suffers from low capacity of exchangeable cations and the rate of weathering is too low to support the soil with base cations, the use of them are faster.

In the central area, where the influence is strong from limestones and hyperites, the CEC is rather high. Base saturation and pH-values are satisfying, and correlated with factors such as leachability of calcium, sodium and potassium. The area has a good supply of base cations.

## I SGUs serie Rapporten och meddelanden har hittills utgivits:

- \* 1. Utredning rörande det svenska jordbrukets kalkförsörjning 1–2. 1931.
- \* 2. **Sahlström, K.E.** Sveriges lodade sjöar. 1945.
- \* 3. **Ödman, O.H.** Rapport över manganmalmsletningen i Jokkmokks socken 1940–48.
4. **Stålhös, G.** Bidrag till kännedomen om den radioaktiva strålningens fördelning inom den svenska berggrunden. 1959.
5. **Johansson, H.G. och Ericsson, B.** Grusutredningen -74. Översiktlig inventering av sand- och grusförekomster – Försöksverksamhet. 1976.
- \* 6. **Knutsson, G., m.fl.** Grustillgångarna i Östersundsområdet. Del 1 inventering. 1976.
- \* 7. **Ericsson, B.** Svallgrustillgångar längs Kilsbergen, Örebro län. 1977.
8. **Gustafsson, O. och De Geer, J.** Skånes större grundvattentillgångar. 1977.
9. **Knutsson, G. och Fagerlind, T.** Grundvattentillgångar i Sverige. 1977.
10. **Modig, S., Knutsson, G., Nordberg, L. och Persson, G.** Särtryck ur Ymer 1978 – Bebyggelsen och vattnet. 1978.
11. **Guy-Ohlson, D.** Jurassic biostratigraphy of three borings in NW Scania. (A brief palynological report.) 1978.
12. **Gustafsson, O., Andersson, J.-E. och De Geer, J.** Sammanställning av hydrogeologiska data från Kristianstadsslätten. 1979.
13. **Hörnsten, Å.** Sand och övriga jordarter i Öresund. Maringeologiska kartor över Öresund. 1979.
- \* 14. Hydrogeologi vid SGU. Särutgåva av Vannet i Norden. 1979.
15. **Knutsson, G., Lindén, A. och Rudmark, L.** Grus- och moräntillgångar i Nybrogionen. 1979.
16. **Wilson, M.R. och Sundin, N.O.** Isotopic age determinations on rocks and minerals from Sweden. 1960-1978.
17. **Karlqvist, L. och Qvarfort, U.** Modell för simulering av utbytesförlopp i ett sand-bentonitskikt. 1980.
18. **Karlqvist, L. och Qvarfort, U.** Gruvhanteringens inverkan på Bersboområdet, Åtvidabergs kommun. 1980.
19. **Wilson, M.R. and Åkerblom, G.** Uranium enriched granites in Sweden. 1980.
- \* 20. **Cato, I och Engdahl, M.** Beskrivning till temakartor utvisande var särskild uppmärksamhet av stabilitetsförhållanden erfordras inom vissa bebyggda eller detaljplanerade områden med lerjord. 1982.
21. **Olsson, T.** Ground-water-level fluctuations as a measure of the effective porosity and ground-water recharge. 1980.
22. **Bergström, J. och Shaikh, N.A.** Malmer, industriella mineral och bergarter i Kristianstads län. Projekt i länsplanering 1980. 1980.
23. **Lilja, A.** Störning av berggrundens temperaturförhållanden vid hammarborring. 1981.
24. **Agrell, H.** Gotska Sandöns kvartärgeologi. (Summary: The Quaternary geology of the island of Gotska Sandön in the Baltic.) 1981.
25. **Laufeld, S. (Ed.).** Proceedings of Project Ecostratigraphy Plenary Meeting, Gotland, 1981. 1981.
26. **Fredén, C., m.fl.** Tuveskredet, 1977-11-30. Geologiska undersökningar. Särtryck av SGI Rapp. 11 B. 1981.
27. SWIM 81. Intruded and relict groundwater of marine origin. Proceedings of Seventh Salt Water Intrusion Meeting, Uppsala, Sweden, 14–17 September 1981. 1981.
28. **Aastrup, M., Aneblom, T., Henriksson, B. och Persson, G.** PMK-grundvatten. Lägesrapport mars 1982. 1982.
29. Energigeologi. Exempel på verksamhet inom energisektorn vid SGU. April 1982.
30. **Åkerblom, G. and Wilson, C.** Radon – geological aspects of an environmental problem. 1982.
31. **Bergström, J. och Shaikh, N.A.** Malmer, industriella mineral och bergarter i Malmöhus län. 1982.
32. **Ericsson, B. och Grånäs, K.** SGU:s grusdataarkiv. 1983.

33. **Sivhed, U.** Upper Cretaceous Ostracodes from the Malen Limestone quarry and the river Stensån, southern Sweden. 1983.
34. Berggrundsgeokemi som prospekteringsmetod i Sveriges urberg. Föredrag och inlägg från ett symposium i Uppsala den 17–18 mars 1983 anordnat av Sveriges geologiska undersökning och Svenska Gruvföreningen. O. Selinus (Red.). 1983.
35. Vanadin. 1984.
37. **Andersson, M. och Ohlsson, S.-Å.** Geokemisk kartering. 1984.
38. **Lundqvist, Th.** Färg- och teckenschema för SGU:s berggrundskartering. 1984.
39. **Lindewald, H.** Salt grundvatten i Sverige. 1985.
40. **Guy-Ohlson, D. and Malmquist, E.** Lower Jurassic biostratigraphy of the Opegård Bore No. 1, NW Scania, Sweden. 1985.
41. **Andersson, M.** Geokemisk kartering. Tungmineralanrikad morän. Kartbladen 15–16, C–D och 16–17, G. 1985.
42. **Ressar, H. och Ohlsson, S.-Å.** Geokemisk kartering. Bäcktorv. Bilaga: Beskrivning av de fjorton spårelementens exogena geokemiska kretslopp av John Ek. 1985.
43. Grundvattennätet. Svenskt vattenarkiv. 1985.
44. Grundvattenkvalitet. Svenskt vattenarkiv. 1985.
45. **Shaikh, N.A., Samuelsson, L., Sundberg, A. och Wik, N.-G.** Malmer, industriella mineral och bergarter i Älvsborgs län. 1986.
46. **Fredén, C.** Quaternary marine shell deposits in the region of Uddevalla and Lake Vänern. 1986.
47. **Ahlberg, O.** Den svenska kontinentalsockelns berggrund. 1986.
48. **Ressar, H., Ohlsson, S.-Å. och Ekelund, L.** Geokemiska kartan. Tungmetaller i Bäcktorv. Översiktskartbladen Kalmar, Oskarshamn, Sundsvall och Vilhelmina. 1986.
49. **Ressar, H., Ohlsson, S.-Å. och Ekelund, L.** Geokemiska kartan. Tungmetaller i Bäcktorv. Översiktskartbladen Malmö och Sundsvall. 1987.
50. **Shaikh, N.A., Persson, L., Sundberg, A. och Wik, N.-G.** Malmer, industriella mineral och bergarter i Jönköpings län. 1989.
51. **Ressar, H., Ekelund, L. och Ohlsson, S.-Å.** Biogeokemiska kartan. Tungmetaller i Bäckvattenväxter. Översiktsbladen Göteborg och Borås. 1988.
52. **Gustafsson, O., Jonasson, S.A. och Andersson, C.** Grundvattenundersökningar på Kristianstadsslätten 1976–1987. 1988.
53. **Andersson, M.** Markgeokemiska kartan 18–22, G–I. 1988.
54. **Shaikh, N.A., Karis, L., Kumpulainen, R., Sundberg, A. och Wik, N.-G.** Kalksten och dolomit i Sverige. Del 1. Norra Sverige. 1989.
55. **Shaikh, N.A., Karis, L., Snäll, S., Sundberg, A., och N.-G. Wik.** Kalksten och dolomit i Sverige. Del 2. Mellersta Sverige. 1989.
56. **Shaikh, N.A., Bruun, Å., Karis, L., Kjellström, G., Sivhed, U., Sundberg, A. och Wik, N.-G.** Kalksten och dolomit i Sverige. Del 3. Södra Sverige. 1990.
57. **Modig, H., Miller, U. och Robertsson, A.-M.** Karbonat i jord. Del 4. Försurning i äldre sedimentlagerföljder med anknytning till och i jämförelse med nutid. 1990.
59. **Andersson, M.** Markgeokemiska kartan 16–18., G–I. 1989.
60. **Ressar, H., Ekelund, L. och Ohlsson, S.-Å.** Biogeokemiska kartan 14–16, G–H. Tungmetaller i bäckvattenväxter. 1990.
61. **Kornfält, K.-A., Samuelsson, L., Sundberg, A., Wik, N.-G. och Wikman, H.** Malmer, industriella mineral och bergarter i Kronobergs län. 1990.
62. **Andersson, M.** Markgeokemiska kartan 18–21, H–J. 1990.
63. **Ressar, H., Ekelund, L. och Ohlsson, S.-Å.** Biogeokemiska kartan 8–10, A–D. Tungmetaller i bäckvattenväxter. 1990.
64. **Cato, I.** Sedimentundersökningar i Brofjorden särskilt Trommekilen 1989, samt förändringar efter 1972 och 1984. 1990.
65. **Bruun, Å., Kornfält, K.-A., Sundberg, A., Wik, N.-G., Wikman, H. och Wikström, A.** Malmer, industriella mineral och bergarter i Kalmar län. 1991.
66. **Frietsch, R., Sundberg, A. och Wik, N.-G.** Register över svenska fyndigheter av malm-mineral och industriella mineral och bergarter. 1991.
67. **Robertsson, A.-M.** Strandförskjutningar i Eskilstunatrakten för ca 9000 till 4000 år sedan. 1991.

68. **Ressar, H., Ekelund, L. och Ohlsson, S.-Å.** Biogeokemiska kartan 5–7, I–K och 8–10, E–G. Tungmetaller i bäckvattenväxter. 1991.
69. **Selinus, O.** (ed.). 2nd International Symposium on Environmental Chemistry. (Abstracts). 1991.
70. **Andersson, M.** Från Falkenberg till Blomstermåla; nuläge och framtida effekter av syrabelastning. 1992.
71. **Hopsu, V.** Norbergs gruvor på 1960-, 70- och 80-talen. 1992.
72. **Gustafsson, O.** Radonhalten i grundvatten från granitområden i Malmöhus län. 1992.
73. **Andersson, M. och Nilsson, C.A.** Markgeokemiska kartan 3–7, F–H. 1992.
74. **Cato, I.** Sedimentundersökningar längs Bohuskusten 1990 – Göteborgs och Bohus läns kustvattenkontroll. 1992.
75. **Ekelund, L., Nilsson, C.-A. och Ressar, H.** Biogeokemiska kartan 8–10, G–J och 11–12, H–J. Tungmetaller i bäckvattenväxter. 1993.
76. **Stephens, M.B. och Wahlgren, C.-H.** (Conveners). Workshop. Ductile shear zone in the Swedish segment of the Baltic Shield. Abstracts and excursion guide. Uppsala 1993.
77. **Sander, A.** Värderingsmodell för naturresurser. Tillämpning på ballastillgångar.
78. **Nilsson, C.-A. och Ressar, H.** Biogeokemiska kartan 11–12, E–H, 12–13, G–J. Tungmetaller i bäckvattenväxter. 1995.
79. **Wahlgren, C.-H. (red.).** Regional berggrundsgeologisk undersökning. Sammanfattning av pågående undersökningar 1994. 1995.
80. **Bruun, Å., Nilsson, C.-A., Sundberg, A., Wik, N.-G. och Wikström, A.** Malmer, industriella mineral och bergarter i Östergötlands län. 1995.
81. **Andersson, M. och Nilsson, C.-A.** Markgeokemiska kartan 7–9 D–E, 7–9 E–H. 1995.
82. **Kornfält, K.-A., Andersson, M., Daniel, E. och Persson, M.** Kadmium i marken i sydöstra Skåne. 1996.
83. **Robertsson, A.-M., Erlström, M., Damell, D., Qvarfort, U. och Fredriksson, D.** Bakgrundsdata för metaller – surhet och landskapsutveckling från sedimentundersökningar. Sammanställning av data från Örebro. 1996.
84. **Wahlgren, C.-H. (red.).** Regional berggrundsgeologisk undersökning. Sammanfattning av pågående undersökningar 1995. 1996.
85. **Andersson, M. och Lax, K.** Markgeokemiska kartan 20–22, I–L. 1996.
86. **Selinus, O. (red.).** Miljögeologi. Kartor för samhällsplanerare och miljövårdare. Exempel från Mittnordenområdet. 1996.
87. 14th Salt Water Intrusion Meeting. SWIM 96. 1996.
88. **Larsson, J.-O.** Diamanter – en blivande bristvara?. 1997.
89. **Wahlgren, C.-H. (red.).** Regional berggrundsgeologisk undersökning. Sammanställning av pågående undersökningar 1996. 1997.
90. **Holmberg, J. och Ressar, H.** Biogeokemiska kartan. Tungmetaller i bäckvattenväxter. Norra Värmland och Sydvästra Dalarna. 1997.
91. **Andersson, U.B.** Petrogenesis of some Proterozoic granitoid suites and associated basic rocks in Sweden (geochemistry and isotope geology). 1997.
92. **Frietsch, R.** The Iron Ore Inventory Programme 1963–1972 in Norrbotten County. 1997.

\* Utgången







*Distribution*

SGU  
Box670  
751 28 UPPSALA  
Tel 018-17 90 00  
Fax 018-17 93 70