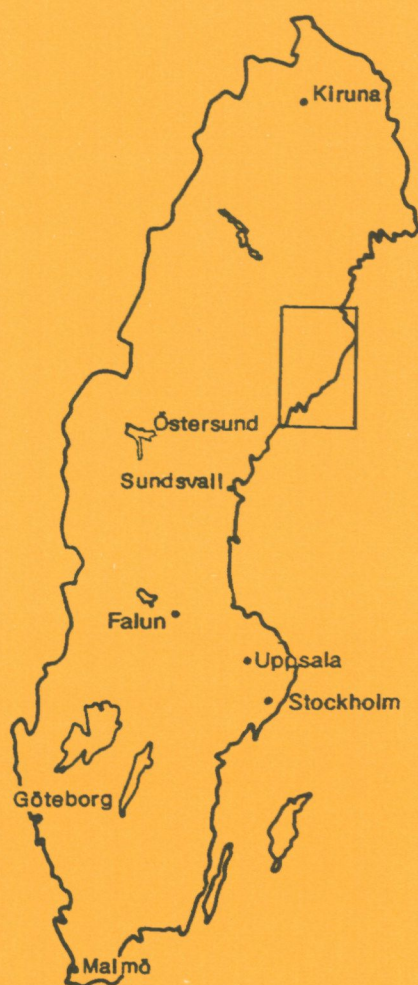


Markgeokemiska kartan



Markgeokemisk karta
i skala 1:1 miljon
över området 20–22, J–L

Aluminium	Al ₂ O ₃	Natrium	Na ₂ O
Arsenik	As	Nickel	Ni
Barium	BaO	Niob	Nb
Beryllium	Be	Strontium	Sr
Bly	Pb	Svavel	S
Fosfor	P ₂ O ₅	Titan	TiO ₂
Guld	Au	Uran	U
Järn	Fe ₂ O ₃	Vanadin	V
Kalcium	CaO	Volfram	W
Kalium	K ₂ O	Zink	Zn
Kobolt	Co	Zirkonium	Zr
Koppar	Cu		
Krom	Cr	pH, lakbarhet samt	
Litium	Li	prognoskarta för	
Magnesium	MgO	baskatjonbildning	
Mangan	MnO		

Madelen Andersson och Kaj Lax

SGU
Sveriges Geologiska Undersökning

Uppsala 1996

Rapporter och meddelanden nr 85

Markgeokemiska kartan

Madelen Andersson och Kaj Lax

SGU
Sveriges Geologiska Undersökning

Uppsala 1996

ISBN 91-7158-560-5
ISSN 0349-2176

© Sveriges Geologiska Undersökning

Tryck: TK i Uppsala AB, 1996

Innehållsförteckning

Geokemisk undersökning/kartering vid SGU	4
Användning av de markgeokemiska kartorna	4
Provtypen morän	4
Metodik	5
Provtagning	5
Provberedning	5
Analysering	5
Kartor	6
Lakbarhet och associationer avslöjar mineralinnehållet	8
Exempel på cirkelkarta	9
Färgkartor	10
Berggrund och kvartär utveckling	28
Elementassociationer	29
Referenser	33
Summary	34

Föreliggande rapport utgör sjätte delen i en presentation av markens naturliga innehåll av grundämnen i Sverige, samt surhetsgraden mätt som pH. 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 kartor och/eller data tillhandahålls efter begäran från Kundtjänst vid SGU.

GEOKEMISK UNDERSÖKNING/KARTERING VID SGU

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. 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, kallad biogeokemisk kartering, täcker i nuläget Götaland, stora delar av Svealand och delar av inre Norrland. Kartering med den oorganiska provtypen, även kallad markgeokemisk kartering, täcker stora delar av Götaland och Norrland, se karta på sidan 10.

ANVÄNDNING AV DE MARKGEOKEMISKA KARTORNA

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

Kartor 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 vittringsbekänta 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 i stället att en brist-situation på det nyttiga ämnet kan uppstå eller redan finns.

PROVTYPEN MORÄN

Moränen som jordart innehåller bergartsfragment med varierande kemisk sammansättning. Innehållet av huvudämnen och spårämnen beror således på vilka bergarter som ingår i moränens grundmassa. Om stor mängd sura, kiselsyrorika graniter och porfyrier ingår, blir halterna låga av nyttiga huvudkomponenter och av flertalet spårämnen. Inslag av basiska bergarter, t.ex. grönstenar, ger däremot högre innehåll av såväl nyttiga ämnen som spårämnen. Finns skifferinslag blir ofta metallhalterna mycket höga för en del spårämnen.

Jordarten morän, som täcker berggrunden över så gott som hela Sverige, har avsatts av inlandsisen för 14 000 till 8 500 år sedan. Isen var den hyvel som skrapade loss material från berggrunden och transporterade iväg det nybrutna materialet, ibland tillsammans med gamla jordarter. Moränen i ett område har därför ofta en något annorlunda sammansättning än den underliggande berggrunden. Tydligast syns detta där ett surt berggrundsområde har en ovanlig-

gande morän med inslag av gynnsamma bergarter. Kartbilden får då mindre områden med högre halter av t.ex. magnesium i en annars magnesiumlåg region.

Även i markens olika skikt varierar innehållet av grundämnen. I det översta, bleka mineraljordsskiktet har kemiska och biologiska markprocesser lakat ut huvudämnen och metaller. Många av dessa har längre ner lagts fast i ett mörkare, ofta rostfärgat markskikt. Halterna av ämnen i dessa båda markskikt orsakas till en viss del av förekomst av naturliga, geologiskt betingade markmineral, eller mineral och föreningar som bildats genom naturlig vittring. En stor del av elementen i rostkiktet orsakas dock av de ämnen som frigjorts i de organiskt uppbyggda förna- och humuslager som täcker mineraljorden. Delvis kan även ämnen som tillförts antropogent med luft och nederbörd inverka. Denna faktor tilltar i betydelse i befolkningstäta eller industriintensiva områden.

Ännu längre ner i marken, i C-horisonten, har dock markprocesserna stabiliserats, marken befinner sig i jämvikt och grundämnena finns så gott som uteslutande i primära bergartsmineral. I detta markskikt samlas proverna in som används för den markgeokemiska karteringen. Analyserna från dessa prover utgör därför en homogen och jämförbar statistisk population, där förutsättningarna för grundämnenas haltvariation bygger på olikheter i ursprunglig kemisk sammansättning.

METODIK

Provtagning

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

Topografiska kartor i skala 1: 50 000 och 1: 100 000 används för att lägga ut ett provtagningsnät med tämligen jämn fördelning av proverna och med täckning mot de isrörelseriktningar som finns. Avstånd mellan proverna är ca 2.5 km, vilket innebär att det insamlas ca 15 prov per kvadratmil. Alla prover grävs för hand med spade och spett. Provtagningsdjupet varierar något beroende på lokala förhållanden men normalt tas provet ca en meter under markytan.

Provberedning

Proverna torkas 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 avsevärt ökar haltvariationen vid upprepade provtagning och analys. Det är därmed betydligt svårare att ta representativa prover och att få reproducerbarhet i analyserna. Finfraktionen avspeglar också den lokala berggrunden till viss del, eftersom lösta ämnen från denna vandrat uppåt och lagts fast, företrädesvis i de finaste partiklarna. Fraktionen behöver inte heller malas före analys, vilket kan ge oönskad kontaminering av proven. I samband med siktningen testas samtliga prover med salt-syra avseende eventuellt kalkinnehåll.

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). Med denna analysmetod erhålls också ett trettiotal 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 uppslmmas i avjoniserat vatten och pH-bestäms. Med ytterligare en pH-mätning efter tillsats av vätejoner i form av utspädd svavelsyra (0.005 M) beräknas provets förmåga att motstå surt markvatten, dvs. dess buffertkapacitet eller försurningsresistens.

Tabell 1. En del av de analyserade elementen samt detektionsgränser

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

Kartor

I föreliggande rapport redovisas en del av analysparametrarna i form av ett trettiotal singel-elementkartor i färg. Sålunda visas totalhalter av 24 huvud- och spårämnen, kungsvattenlösta halter av 2 spårämnen, guldhalter, samt surhetsgrad och försurningsresistens. Kartskalan är 1:1 miljon. För metallerna arsenik, guld, koppar, bly, zink, kobolt, nickel, krom och vanadin, framställs dessutom svart-vita cirkelkartor i skala 1:250 000 (förminskat exempel på sidan 9).

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 vid 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. Kartorna över pH och buffertkapacitet framställs i form av cirkelkartor, där varje indelad klass tilldelas en fylld cirkel med ökande diameter.

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 det aktuella kartområdet respektive rikets percentilindelning.

Kartområdet för samtliga kartor kallas 20–22, J-L efter majoriteten av de topografiska kartblad som ingår. Totalt täcker det karterade området ca 10 000 km². I kartområdet ingår alltså 19 J Husum NO, 20 J Vännäs NO–SO, 21 J Vindeln NO–SO, 22 J Kalvträsk NO–SO, 20 K Umeå, 21 K Robertsfors, 22 K Skellefteå, 20 L Holmön, 21 L Ånäset samt 22 L Rönnskär. Provtagningen ägde rum under två etapper. De första proven insamlades 1984 från bladen 19–21. Resterande områden, dvs. bladen 22, provtogs 1992.

Tabell 2: Percentiler i %, ppm eller ppb, för elementen inom karteringsområdet (ca 1300 prov) och för hela den fram t.o.m. 1992 karterade arealen i riket (ca 12 600 prov, *kursiv stil*). Rikets percentiler för pH baseras på 1848 prov.

Element sort	Område	10:e perc.	30	50	60	70	80	90	95	99	max
Al ₂ O ₃	20-23 JL	12,0	12.9	13.5	13.7	14.1	14.5	15.1	15.6	16.8	19.8
%	Riket	11.9	13.0	13.8	14.2	14.6	15.2	15.9	16.5	17.8	23.4
As		5	8	11	12	14	16	19	23	34	48
ppm		<5	5	7	9	10	12	15	19	29	175
Au		<1	<1	1	1	2	2	3	4	12	100
ppb		<1	<1	<1	1	1	1	2	4	10	485
BaO		0.047	0.052	0.054	0.056	0.058	0.059	0.062	0.066	0.072	0.088
%		0.043	0.050	0.055	0.058	0.062	0.068	0.075	0.080	0.092	0.216
Be		<0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0	2.3
ppm		0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	1.0	1.5	3.9
CaO		1.93	2.12	2.27	2.34	2.42	2.51	2.65	2.73	2.89	3.10
%		1.25	1.78	2.05	2.16	2.26	2.39	2.58	2.73	3.20	34.85
Co		14	16	18	18	19	21	23	26	31	52
ppm		13	16	18	20	22	24	27	30	35	93
Cr		50	58	66	69	73	78	86	94	114	199
ppm		25	41	52	57	63	71	83	96	130	389
Cu		11	15	19	21	23	26	31	38	50	112
ppm		7	11	15	17	20	23	29	35	53	193
Fe ₂ O ₃		2.5	2.9	3.3	3.5	3.7	4.0	4.5	4.9	6.0	13.6
%		2.4	3.1	3.6	3.9	4.3	4.7	5.3	5.8	7.1	15.4
K ₂ O		2.3	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.4	4.4
%		2.4	2.7	2.9	3.0	3.2	3.3	3.6	3.8	4.2	5.6
Li		6	8	10	11	12	14	17	20	25	42
ppm		<5	9	13	15	17	20	25	30	43	98
MgO		1.0	1.2	1.4	1.5	1.6	1.7	1.9	2.0	2.4	3.2
%		0.7	1.1	1.3	1.4	1.5	1.7	2.0	2.2	2.9	7.9
MnO		0.039	0.043	0.047	0.049	0.051	0.054	0.059	0.066	0.077	0.141
%		0.038	0.046	0.053	0.057	0.062	0.070	0.083	0.099	0.160	1.124
Na ₂ O		2.5	2.8	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.7	3.9
%		1.8	2.2	2.5	2.6	2.7	2.9	3.2	3.5	3.7	4.3
Ni		13	15	18	19	21	23	26	29	38	48
ppm		8	13	17	20	22	26	32	38	53	204
Pb		18	20	22	22	23	24	26	28	35	60
ppm		18	21	24	25	27	29	32	37	57	357
P ₂ O ₅		0.16	0.19	0.21	0.22	0.24	0.25	0.27	0.29	0.34	0.50
%		0.15	0.20	0.23	0.24	0.26	0.28	0.31	0.35	0.48	1.97
S		98	132	181	216	259	348	587	951	2185	29494
ppm		99	124	157	184	225	286	408	558	1138	29494
Sr		167	178	186	189	194	200	208	217	236	281
ppm		106	133	161	175	187	204	242	278	342	644
TiO ₂		0.57	0.63	0.68	0.71	0.74	0.77	0.83	0.89	0.96	1.14
%		0.55	0.55	0.75	0.79	0.84	0.89	0.97	1.04	1.18	2.60
V		42	49	54	57	62	66	74	81	99	258
ppm		37	48	56	61	66	74	85	97	127	467
Zn		38	46	51	55	60	65	74	85	107	168
ppm		30	42	51	56	61	68	80	91	129	2165
Zr		365	408	435	450	466	486	521	551	629	956
ppm		321	385	440	472	512	569	662	744	928	1623
pH		4.8	5.1	5.3	5.4	5.5	5.6	5.8	5.9	6.2	6.5
		4.7	5.0	5.2	5.4	5.5	5.6	5.8	6.1	7.9	8.4

LAKBARHET OCH ASSOCIATIONER AVSLÖJAR MINERALINNEHÅLLET

Ett mått på elementens mobilitet 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 kan ange elementets tillgänglighet för växterna och för markens neutralisationsförmåga. En låg lakbarhet anger däremot att elementet är hårt bundet i markmineralen och svåråtkomligt. I tabell 3 anges lakbarheten inom kartområdet för några element.

Tabell 3. Lakbarhet (median) för ett urval av analyserade element

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

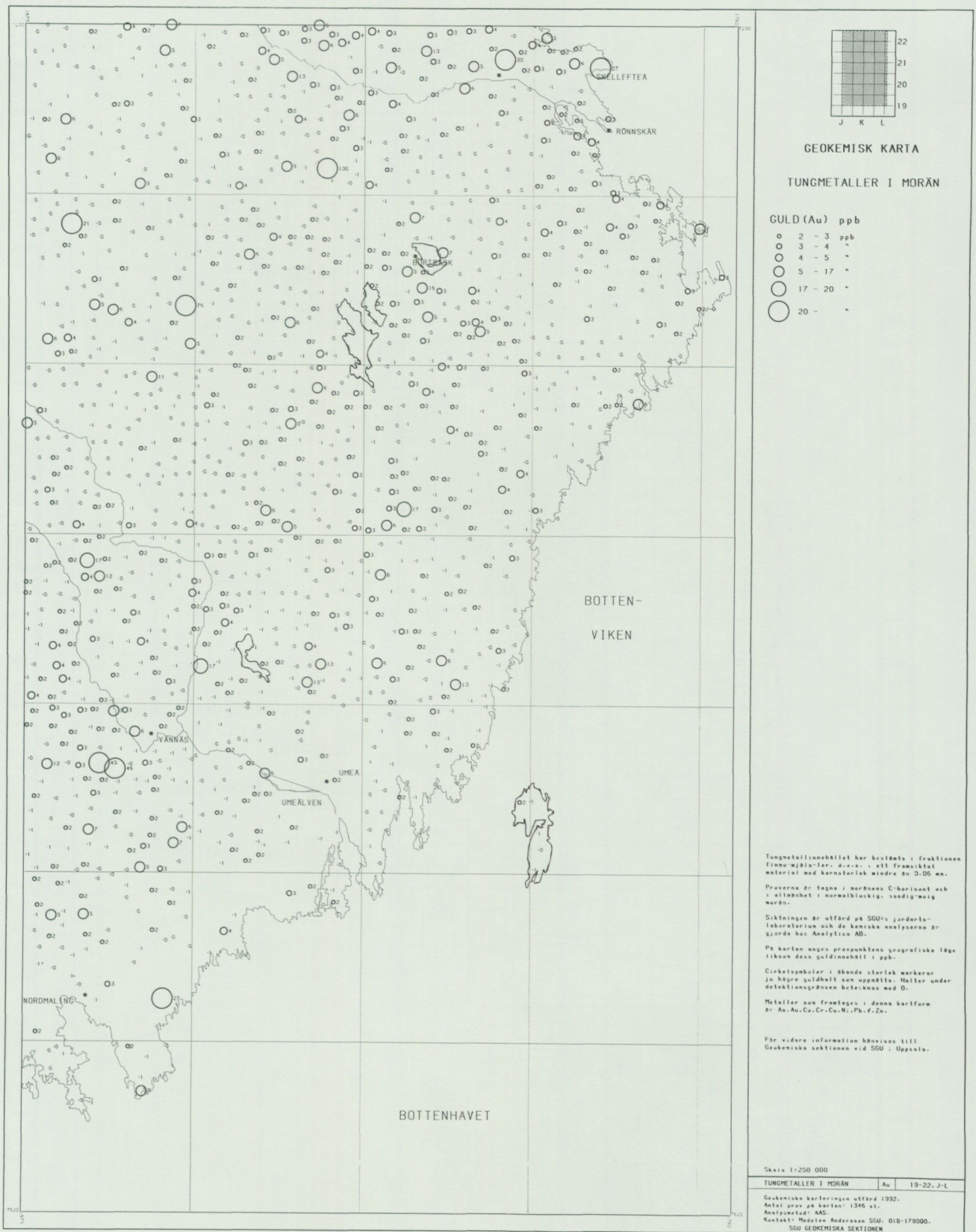
Olika markmineral har olika benägenhet att vittra sönder, och det är genom vittring som elementen frigörs. Markmineralen kan därför grupperas efter sin vittringsbenägenhet i stigande grad från de nästan helt vittringsresistenta mineralen kvarts, rutil, titanit och zirkon < kalifältspat, muskovit, natriumrika 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.

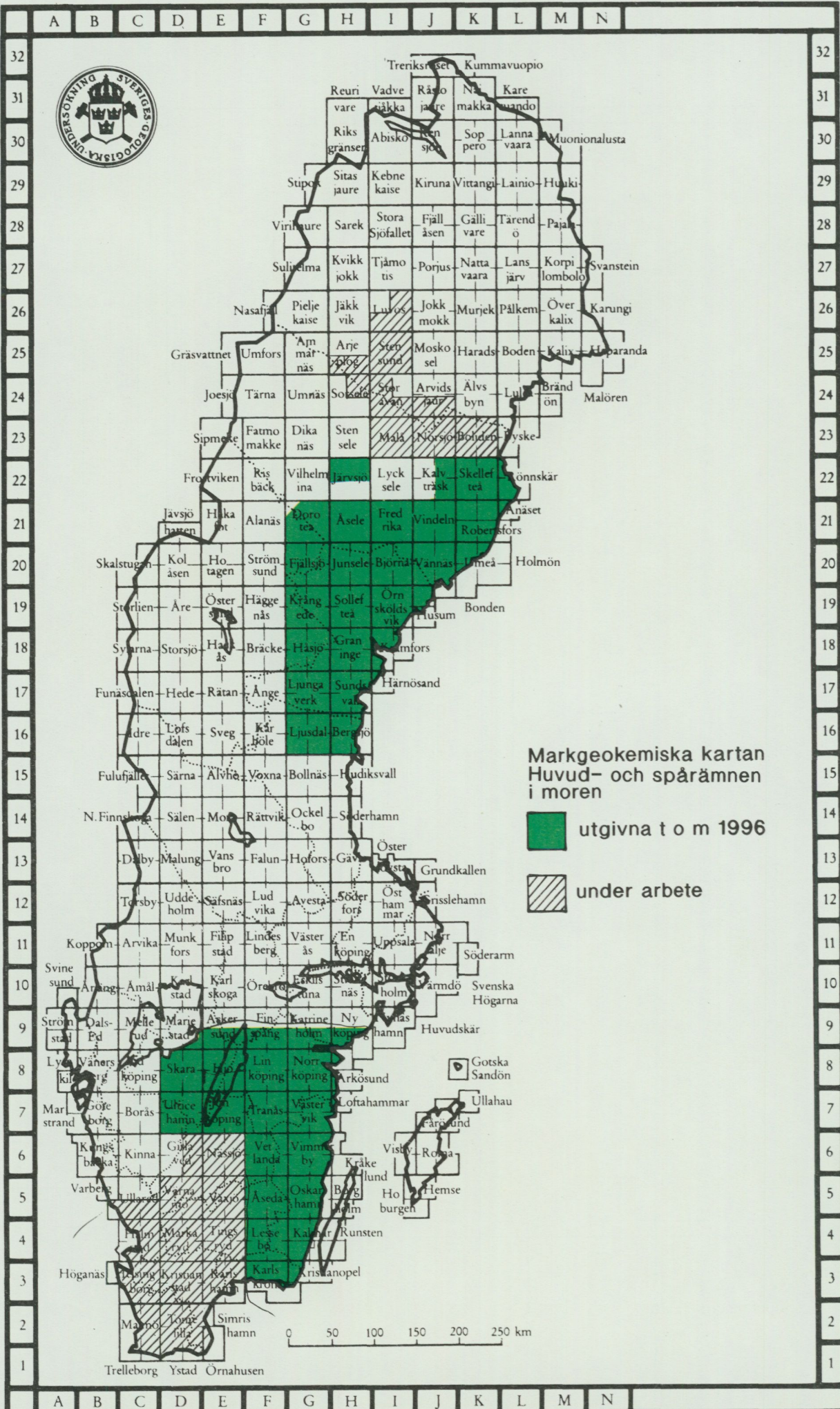
Tillgången av elementen beror alltså på mineralinnehållet i moränen och på hur mineralen vittrar, och genom att kombinera information om ett elements totala spridning i moränen med dess lakbarhet, får man en indikation om en regions geokemiska status.

En elementassociation som ger möjlighet att prognostisera baskatjonbildning i marken, är kungsvattenlösligt kalcium, kalium och magnesium (se karta sid. 24). Summan av dessa element har vid markgeokemiska undersökningar i mellersta Götaland visat sig vara starkt korrelerade med utbytbara, dvs. mycket lösliga baskatjoner, speciellt kalcium. Prognoskartan kan därför användas vid bedömning av recipientskydd, eftersom baskatjoner i marken är gynnsamma vid de markprocesser som träder i kraft för att neutralisera surt markvatten.



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 stelrande magman. I senare skeden bildas plagioklaser, och förhållandet mellan elementen ändras så att andelen kalcium minskar medan strontium ökar. Genom att studera mönstret för kvoten mellan dessa element, kan man därför också få en indikation på det mineralogiska innehållet (se karta sid. 27).



Exempel på cirkelkarta.

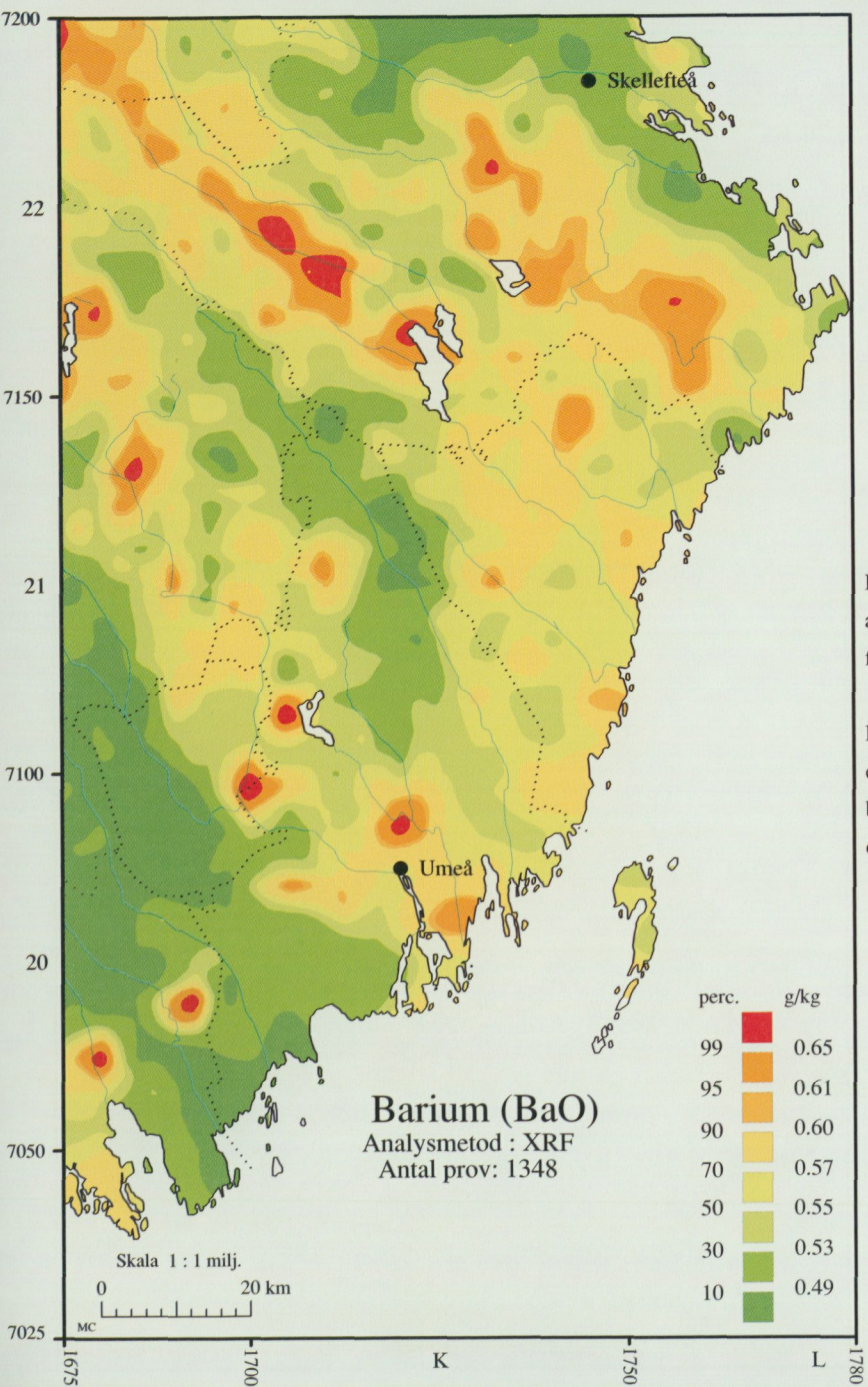


Markgeokemiska kartan
Huvud- och spårämnen
i moren

-  utgivna t o m 1996
-  under arbete

0 50 100 150 200 250 km

Markgeokemisk karta

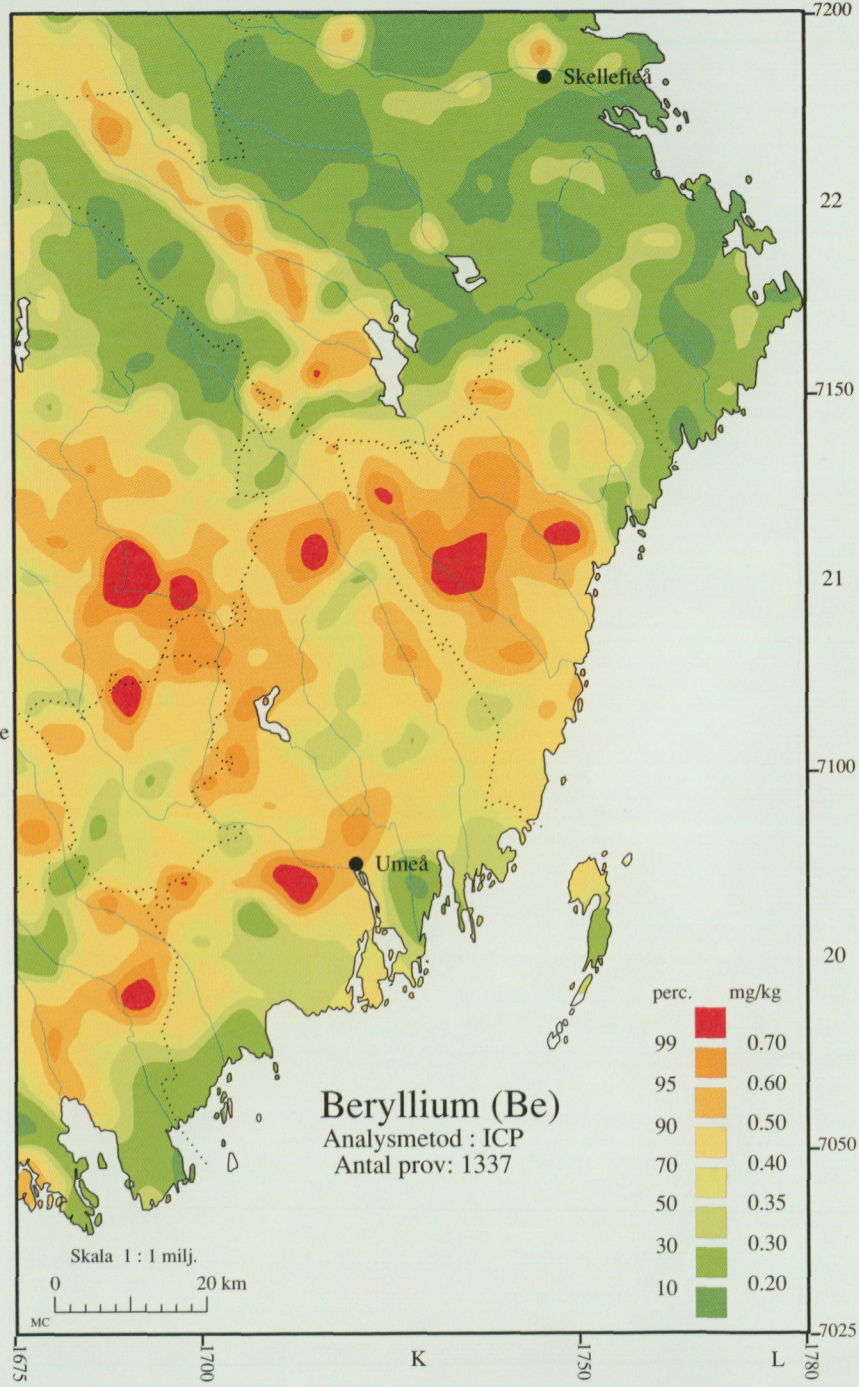


Morän < 0.06 mm.

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

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

SGU, Geokemiska enheten 1996



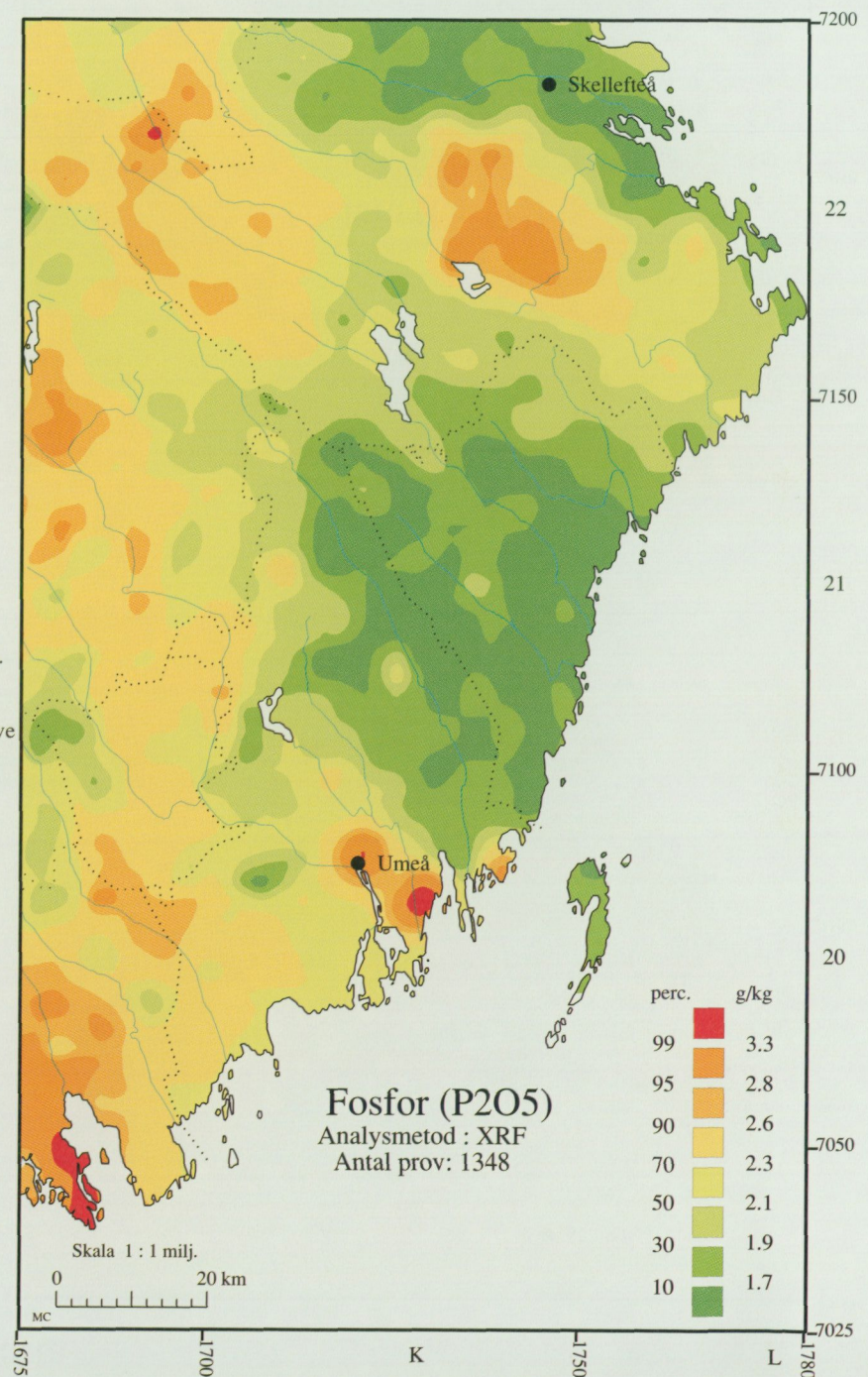
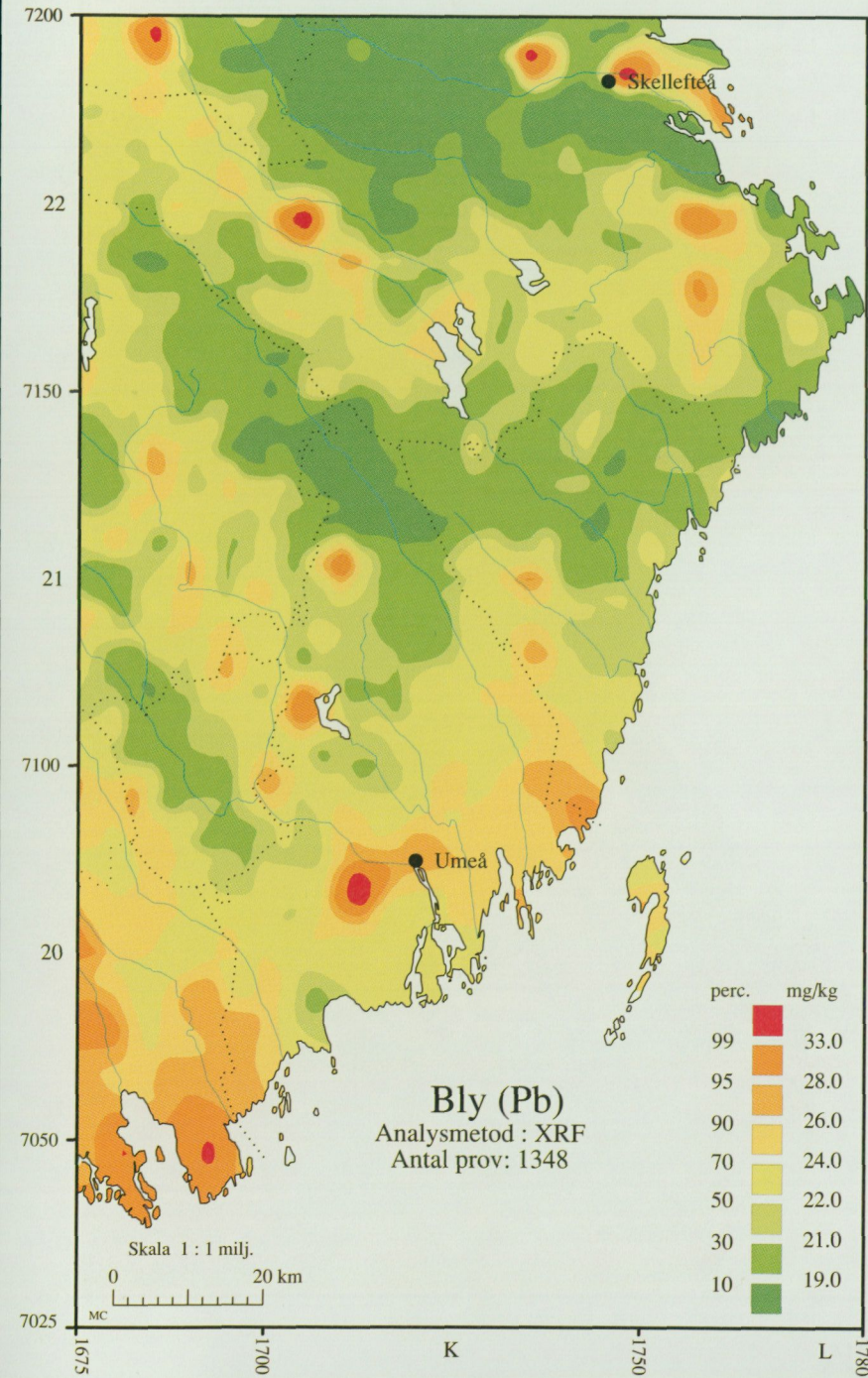
Markgeokemisk karta

Morän < 0.06 mm.

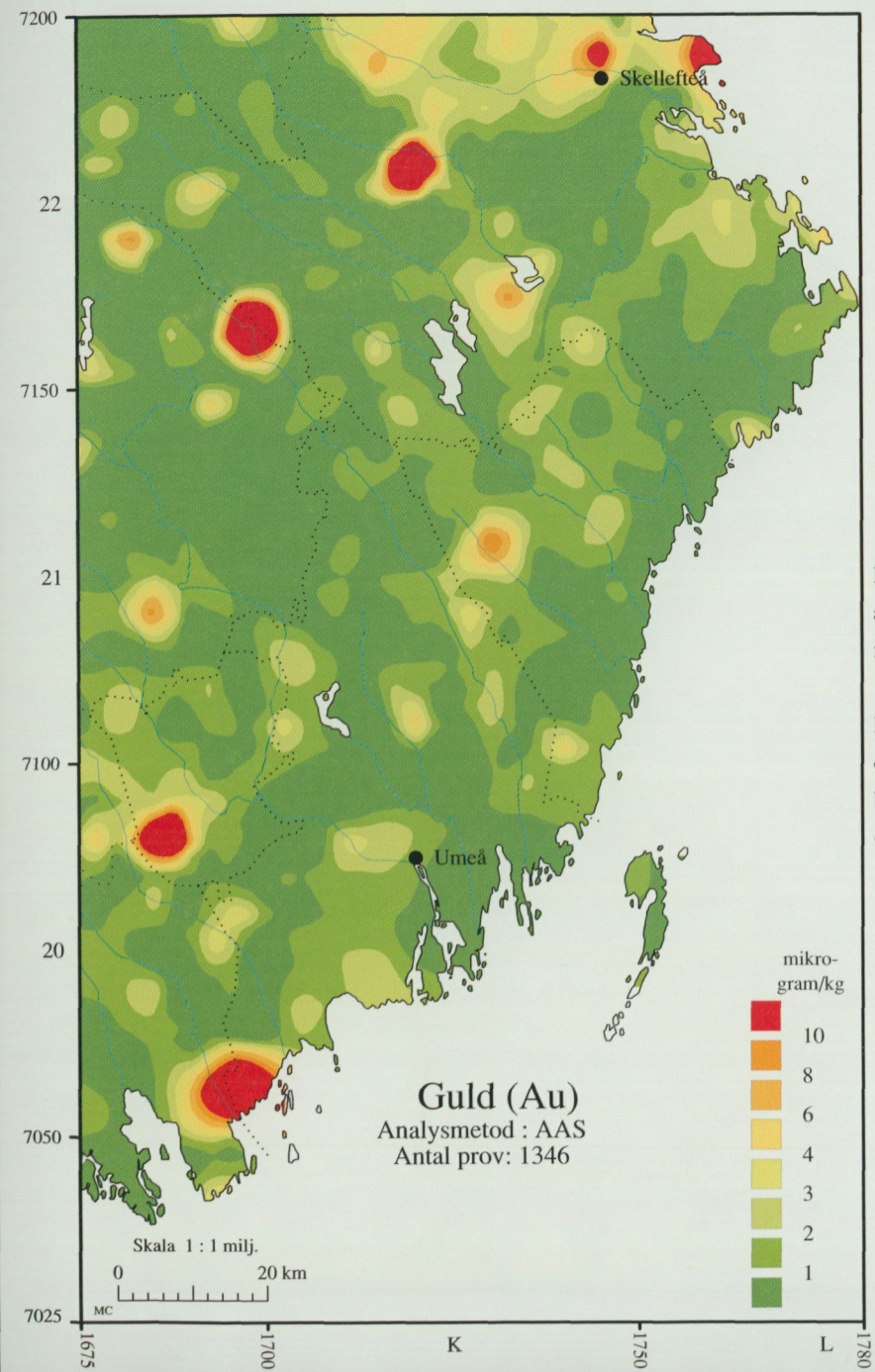
Kartan visar totalinnehållet av elementet i moräns finmo-, mjåla- och lerfraktion.

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

SGU, Geokemiska enheten 1996



Markgeokemisk karta

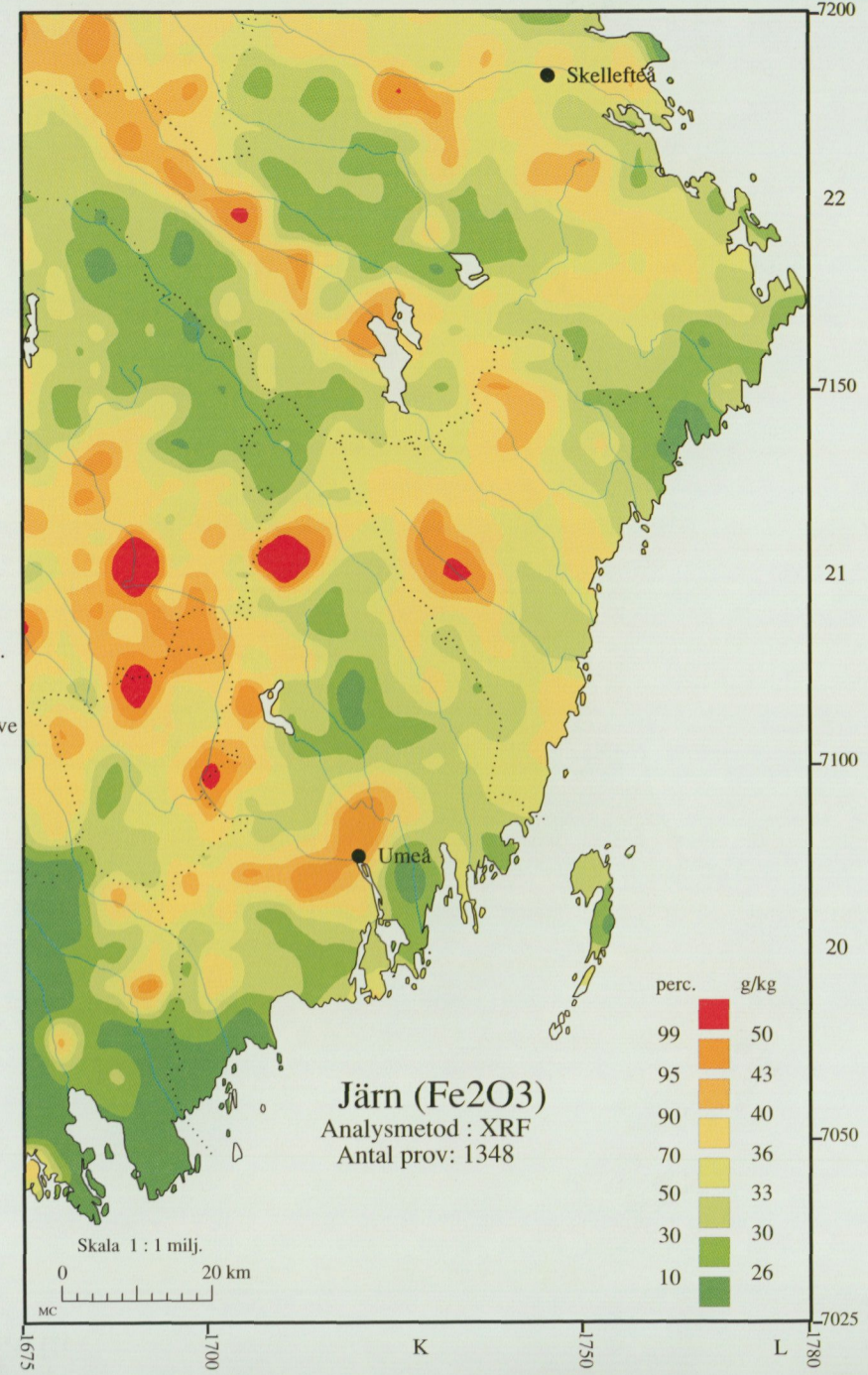


Morän < 0.06 mm.

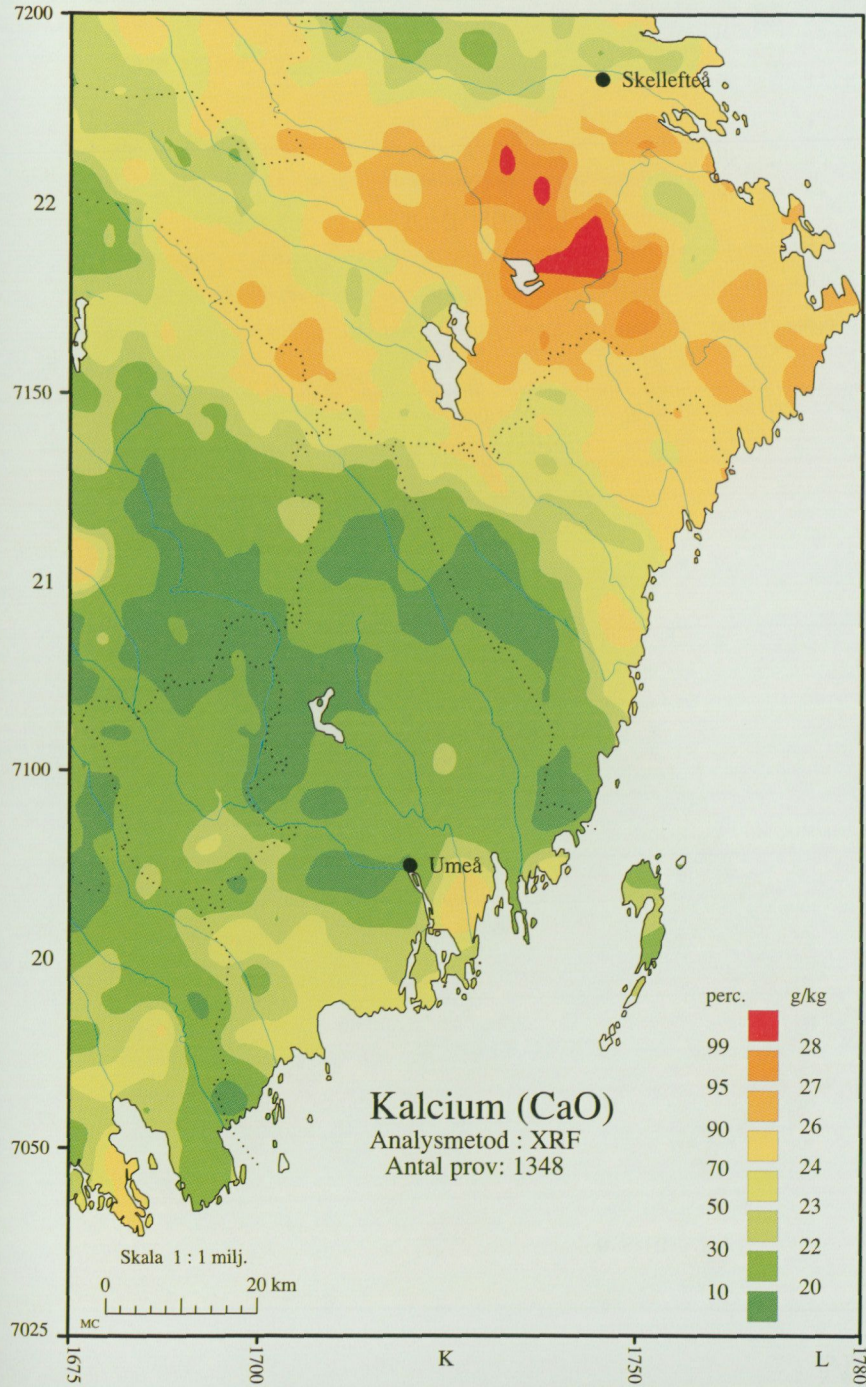
Kartan visar totalinnehållet av elementet i moränens finmo-, mjåla- och lerfraktion.

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

SGU, Geokemiska enheten 1996



Markgeokemisk karta

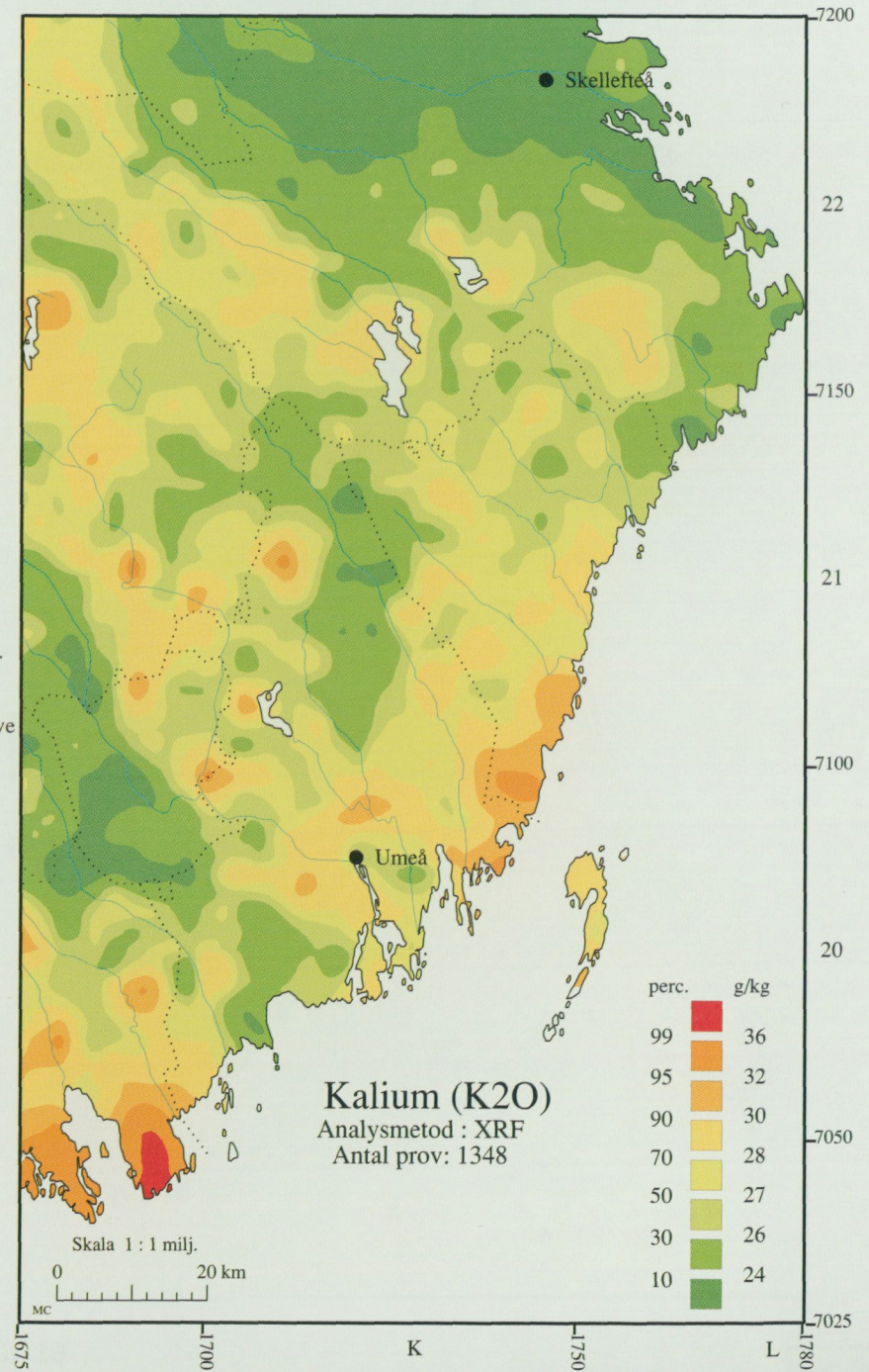


Morän < 0.06 mm.

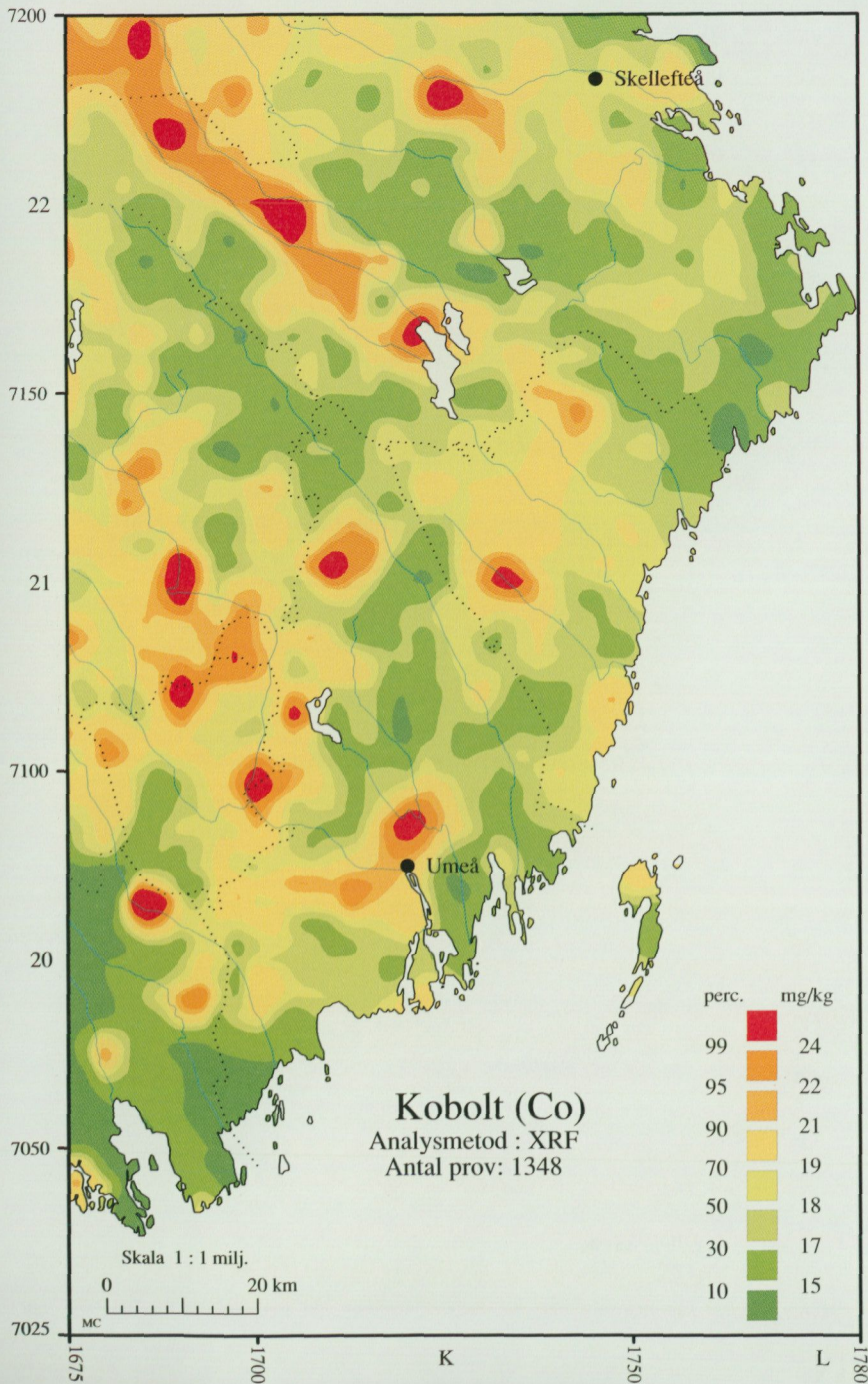
Kartan visar totalinnehållet av elementet i moränens finmo-, mjåla- och lerfraktion.

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

SGU, Geokemiska enheten 1996



Markgeokemisk karta

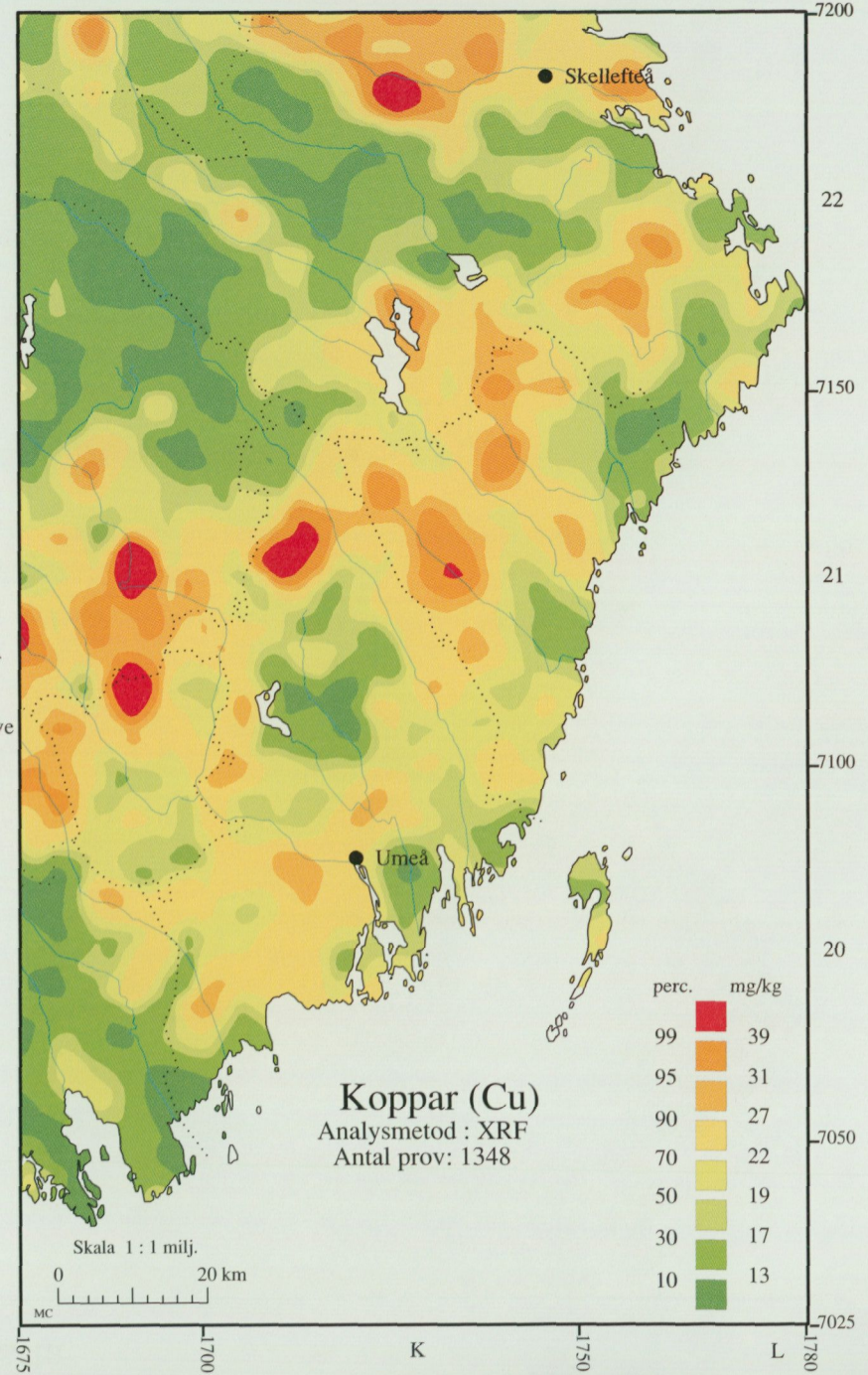


Morän < 0.06 mm.

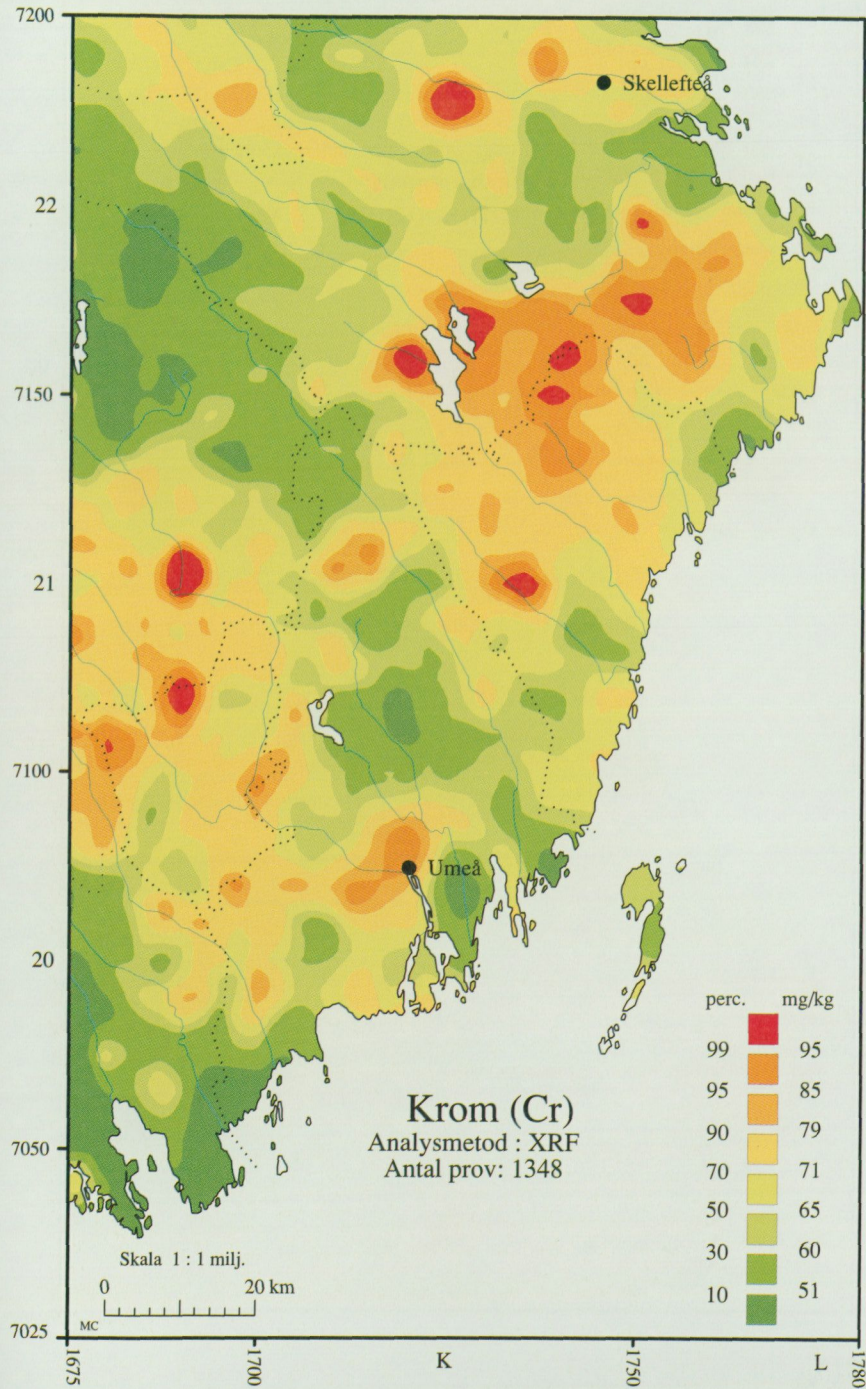
Kartan visar totalinnehållet av elementet i moräns finno-, mjåla- och lerfraktion.

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

SGU, Geokemiska enheten 1996



Markgeokemisk karta

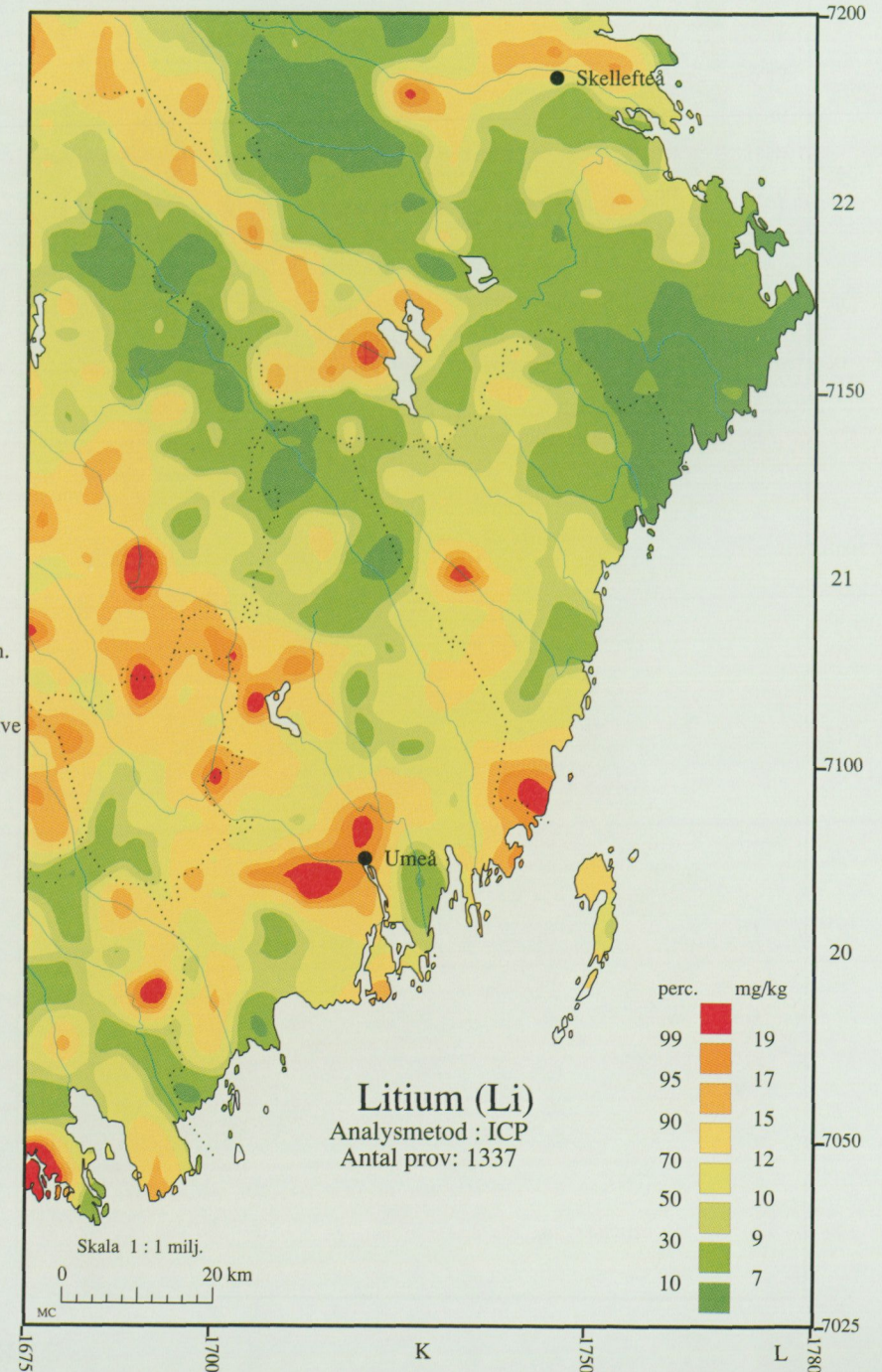


Morän < 0.06 mm.

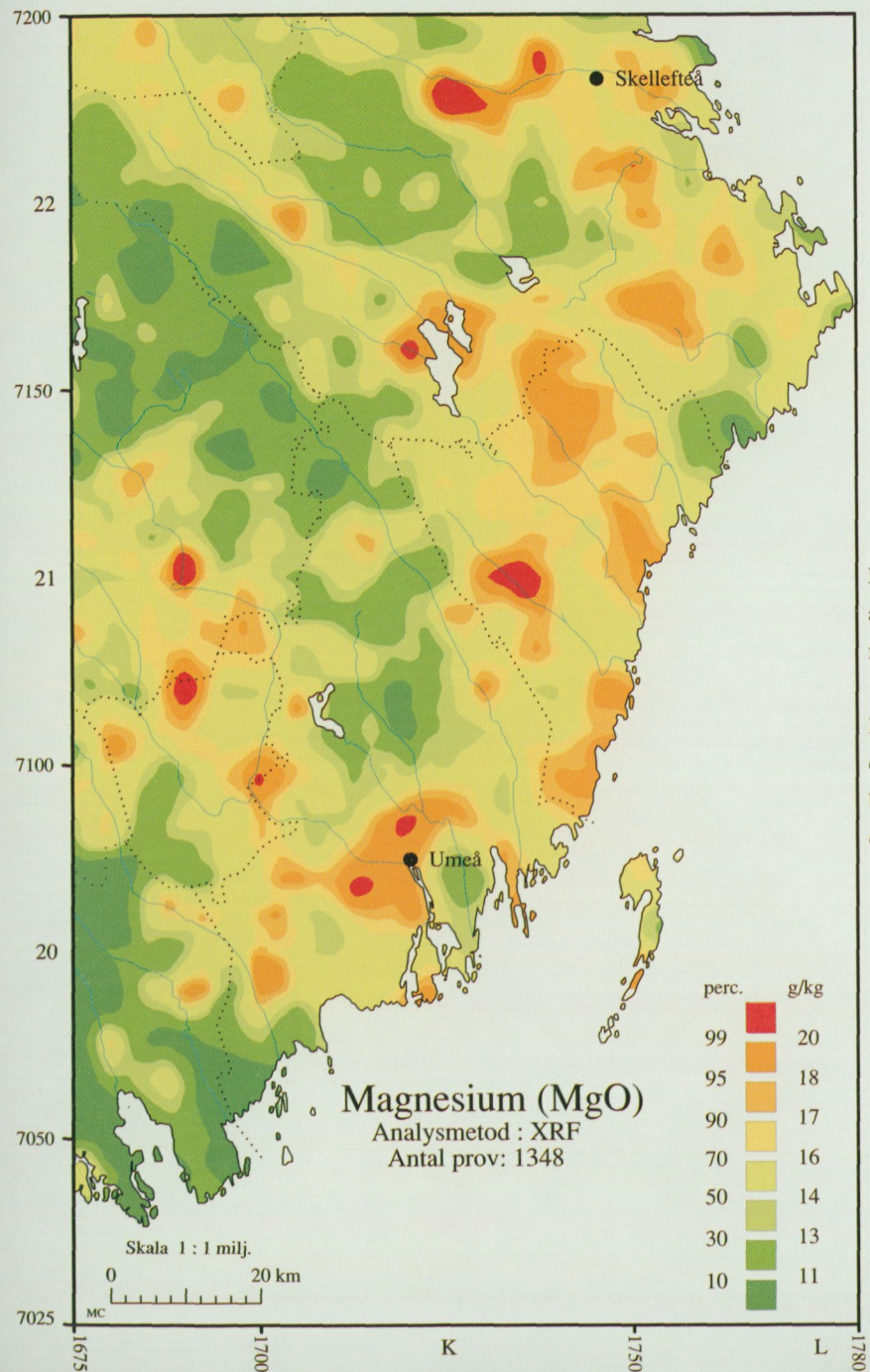
Kartan visar totalinnehållet av elementet i moränens finmo-, mjäla- och lerfraktion.

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

SGU, Geokemiska enheten 1996



Markgeokemisk karta

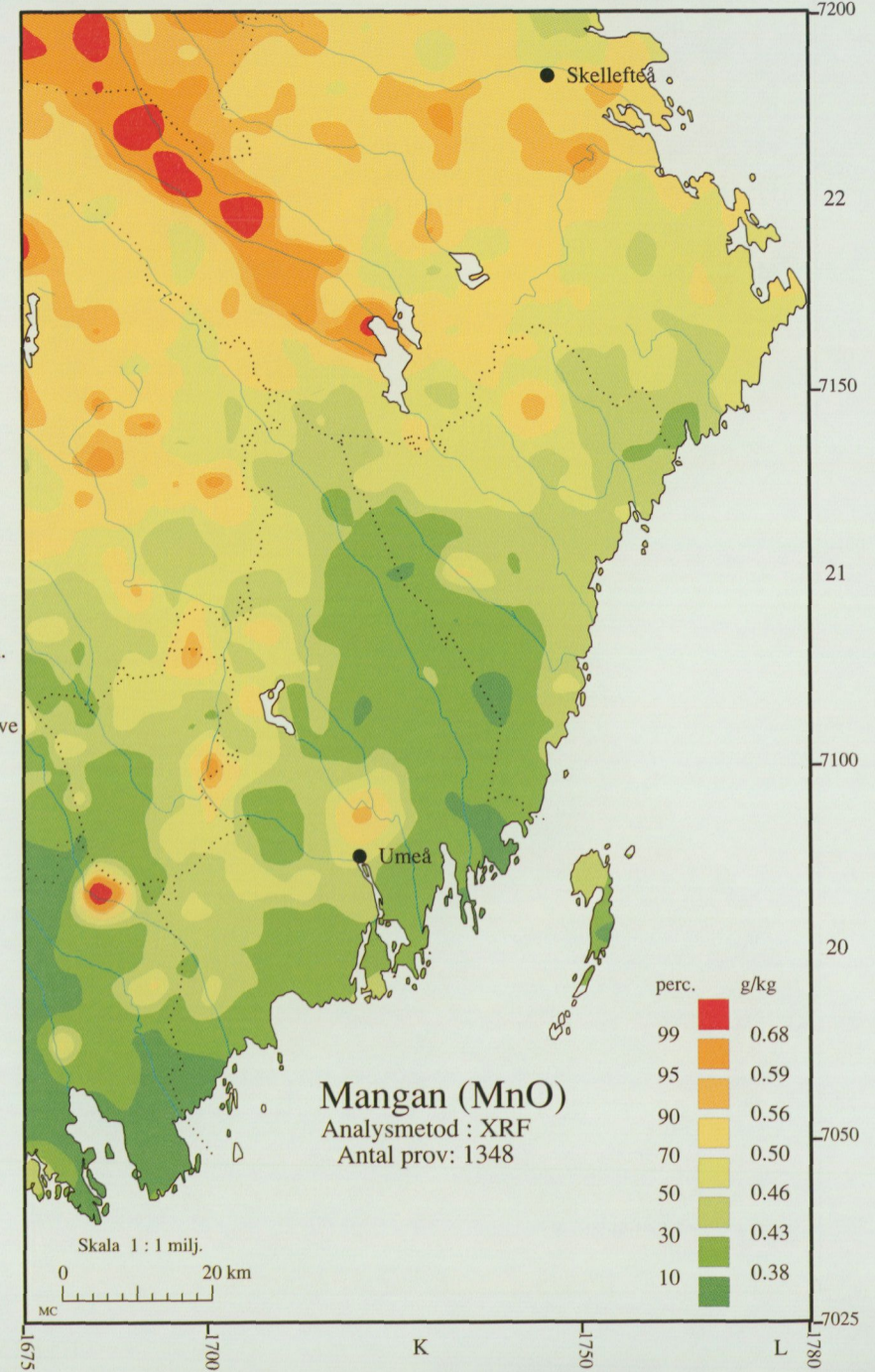


Morän < 0.06 mm.

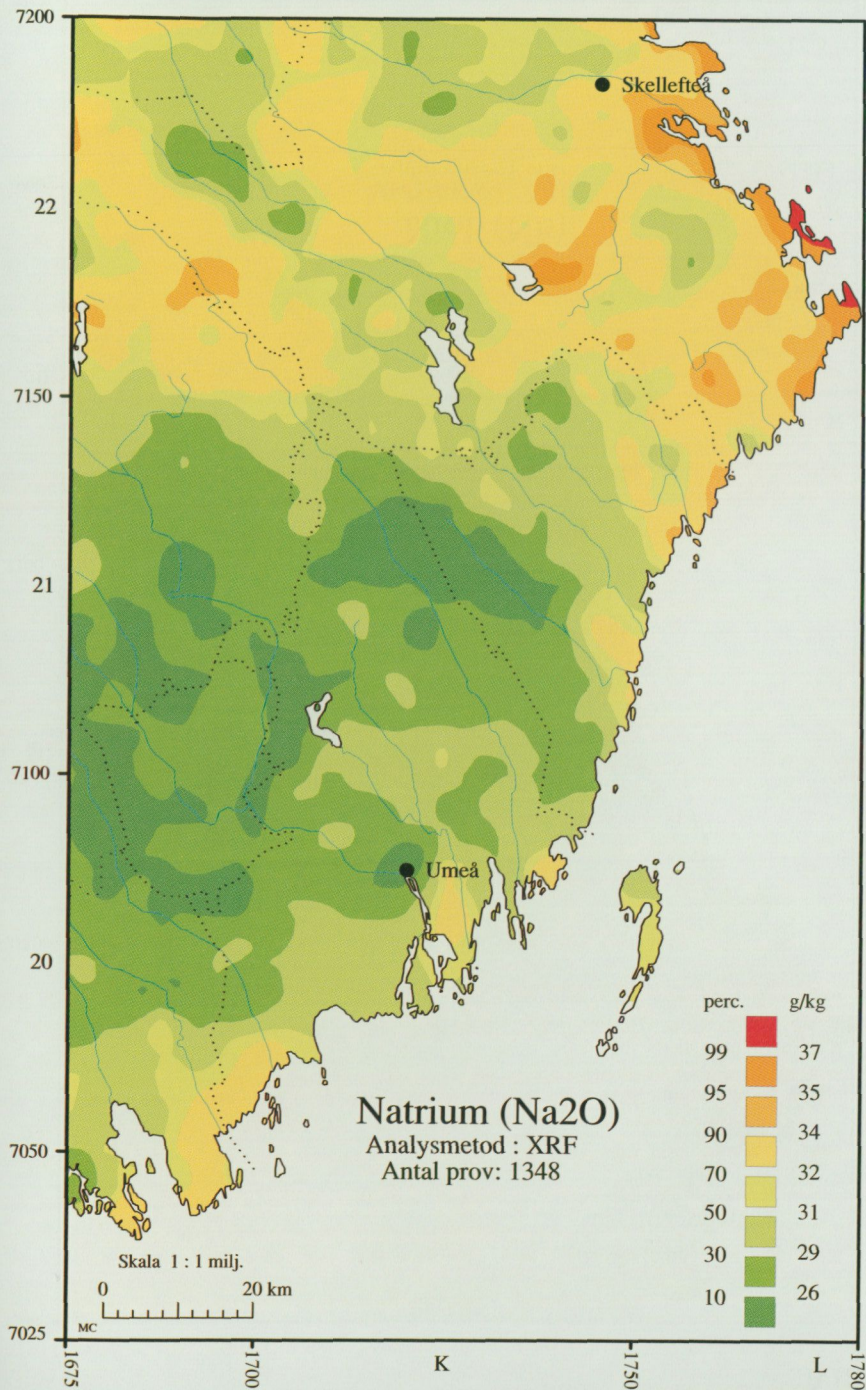
Kartan visar totalinnehållet av elementet i moränens finmo-, mjåla- och lerfraktion.

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

SGU, Geokemiska enheten 1996



Markgeokemisk karta

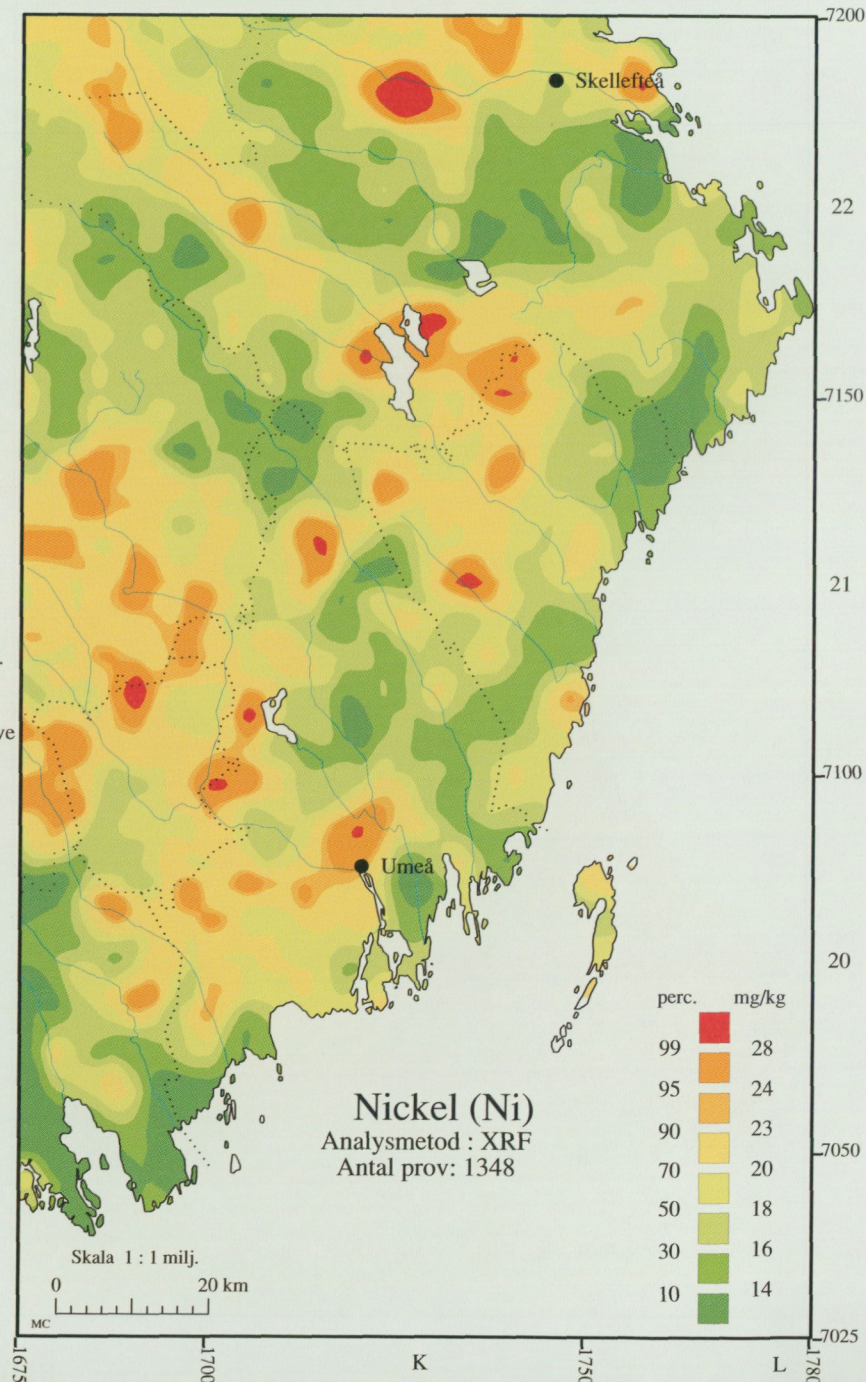


Morän < 0.06 mm.

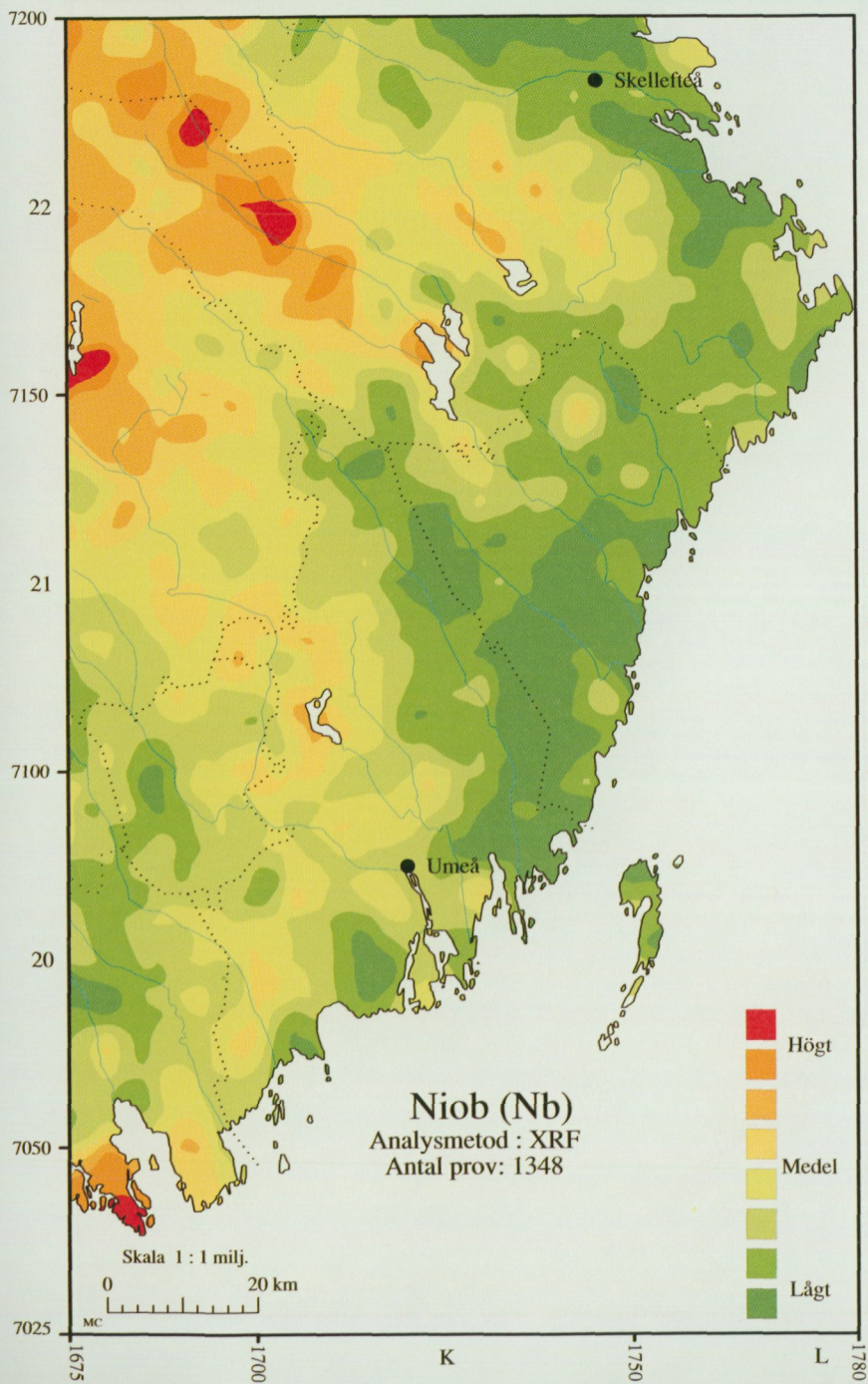
Kartan visar totalinnehållet av elementet i moränens finmo-, mjäla- och lerfraktion.

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

SGU, Geokemiska enheten 1996



Markgeokemisk karta

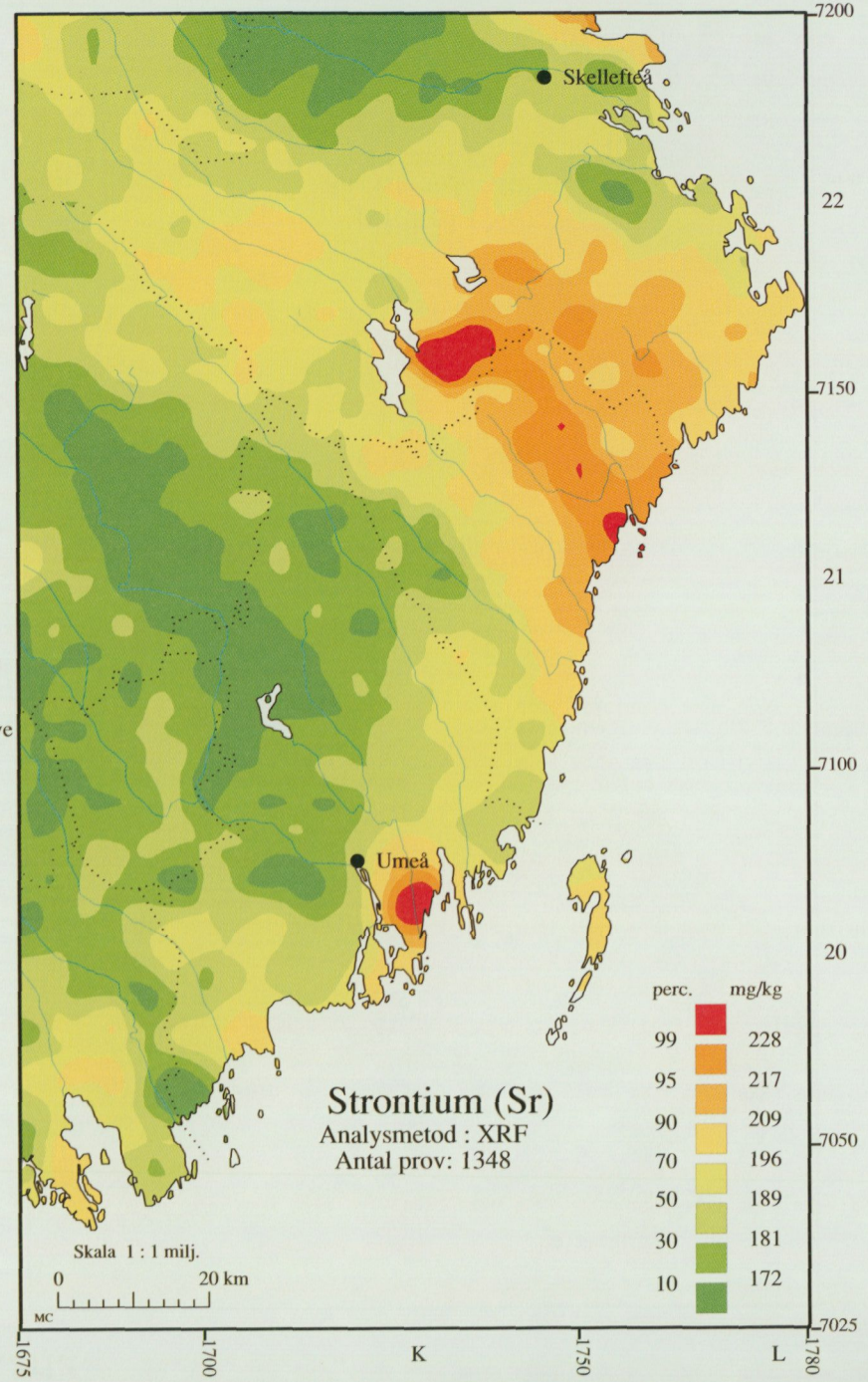


Morän < 0.06 mm.

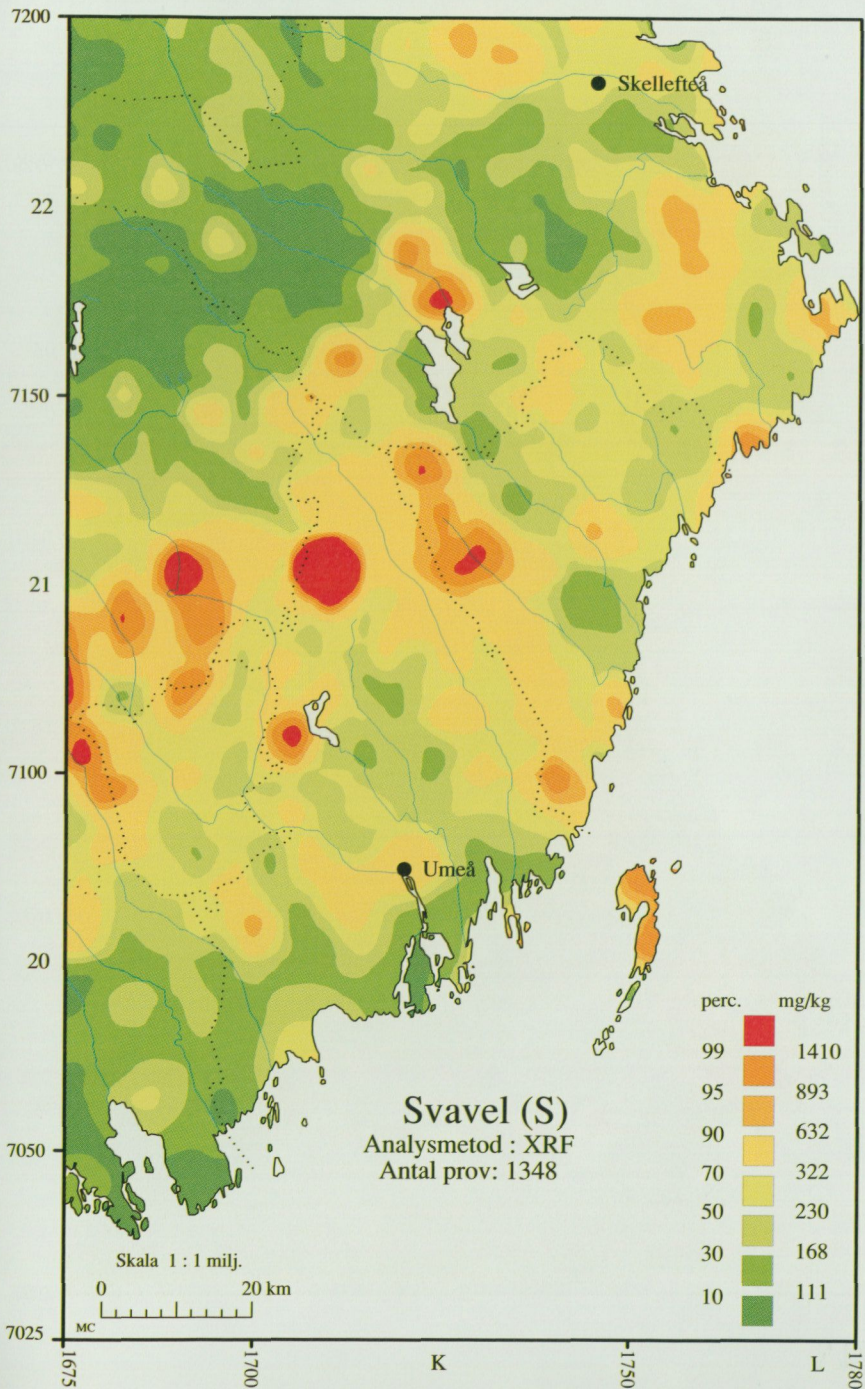
Kartan visar totalinnehållet av elementet i moränens finmo-, mjåla- och lerfraktion.

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

SGU, Geokemiska enheten 1996



Markgeokemisk karta

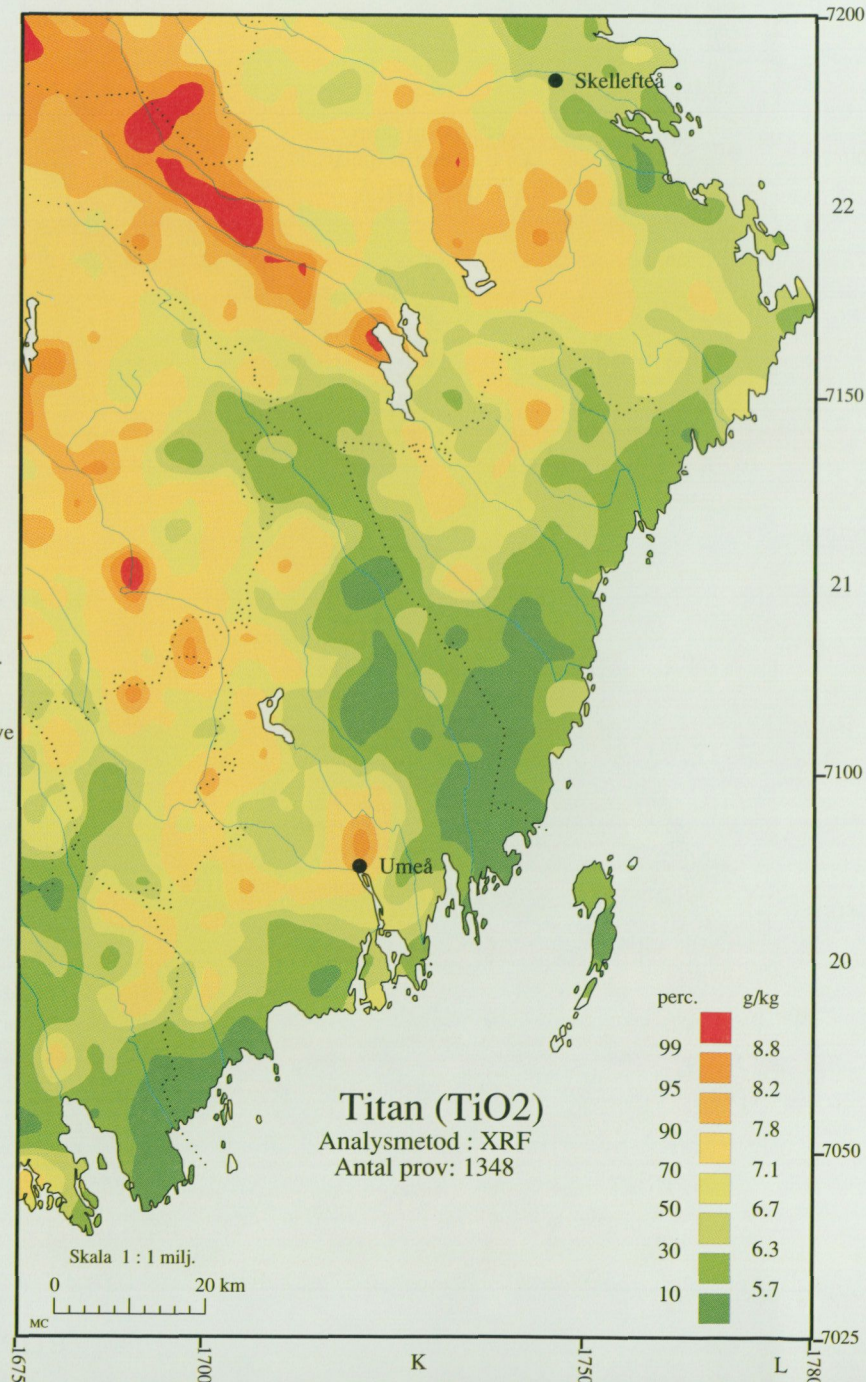


Morän < 0.06 mm.

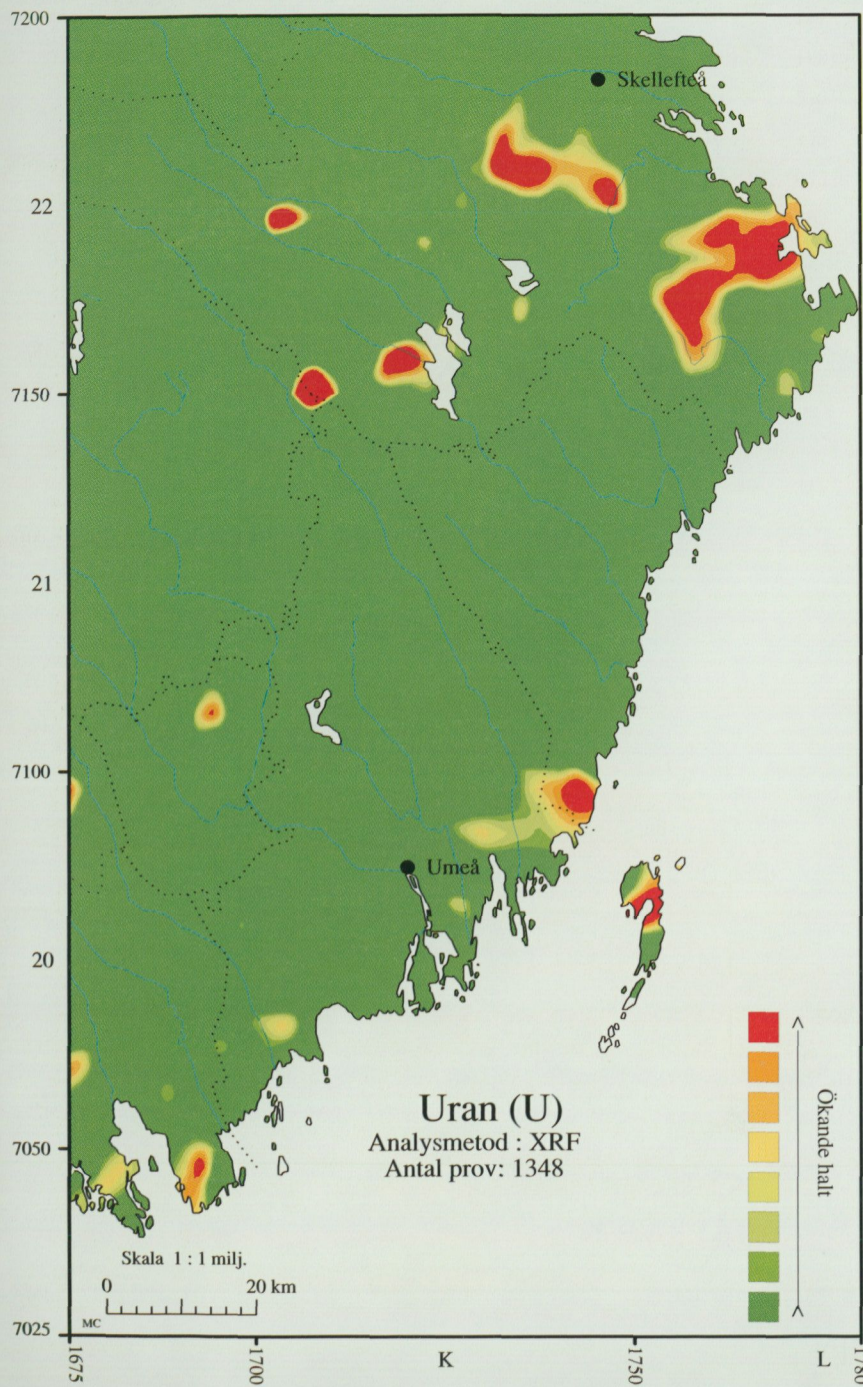
Kartan visar totalinnehållet av elementet i moränens finmo-, mjäla- och lerfraktion.

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

SGU, Geokemiska enheten 1996



Markgeokemisk karta

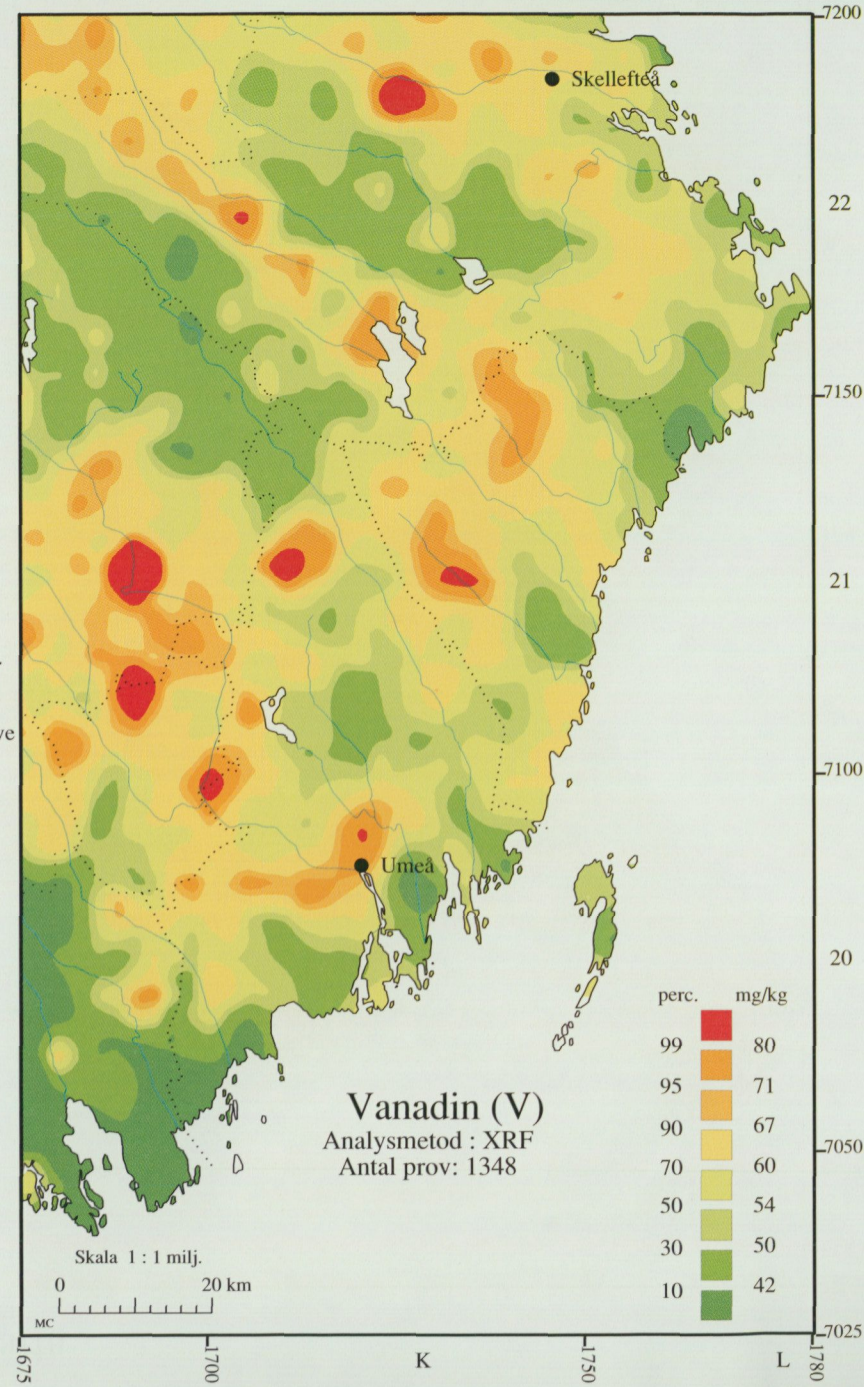


Morän < 0.06 mm.

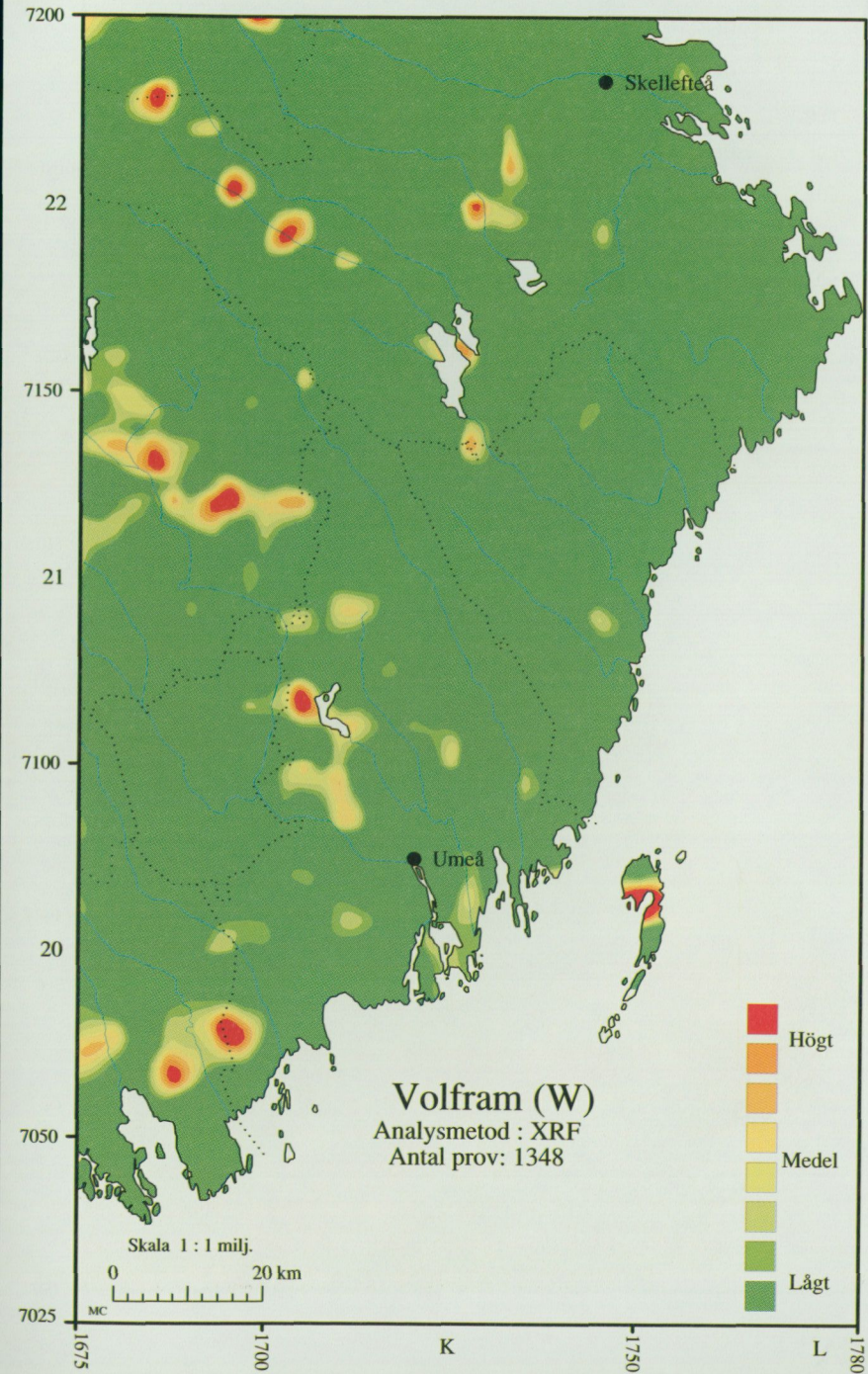
Kartan visar totalinnehållet av elementet i moränens finmo-, mjäla- och lerfraktion.

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

SGU, Geokemiska enheten 1996



Markgeokemisk karta

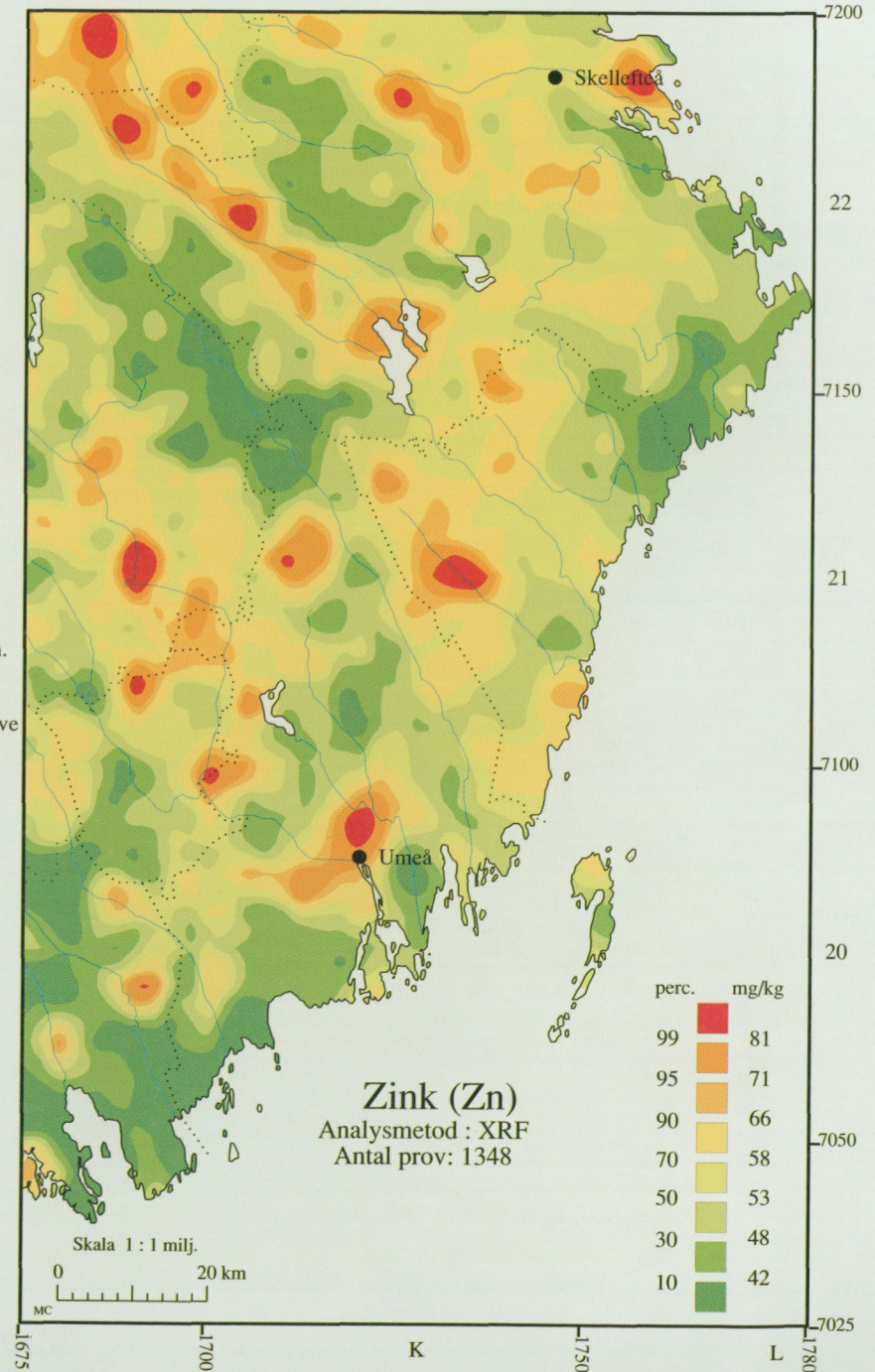


Morän < 0.06 mm.

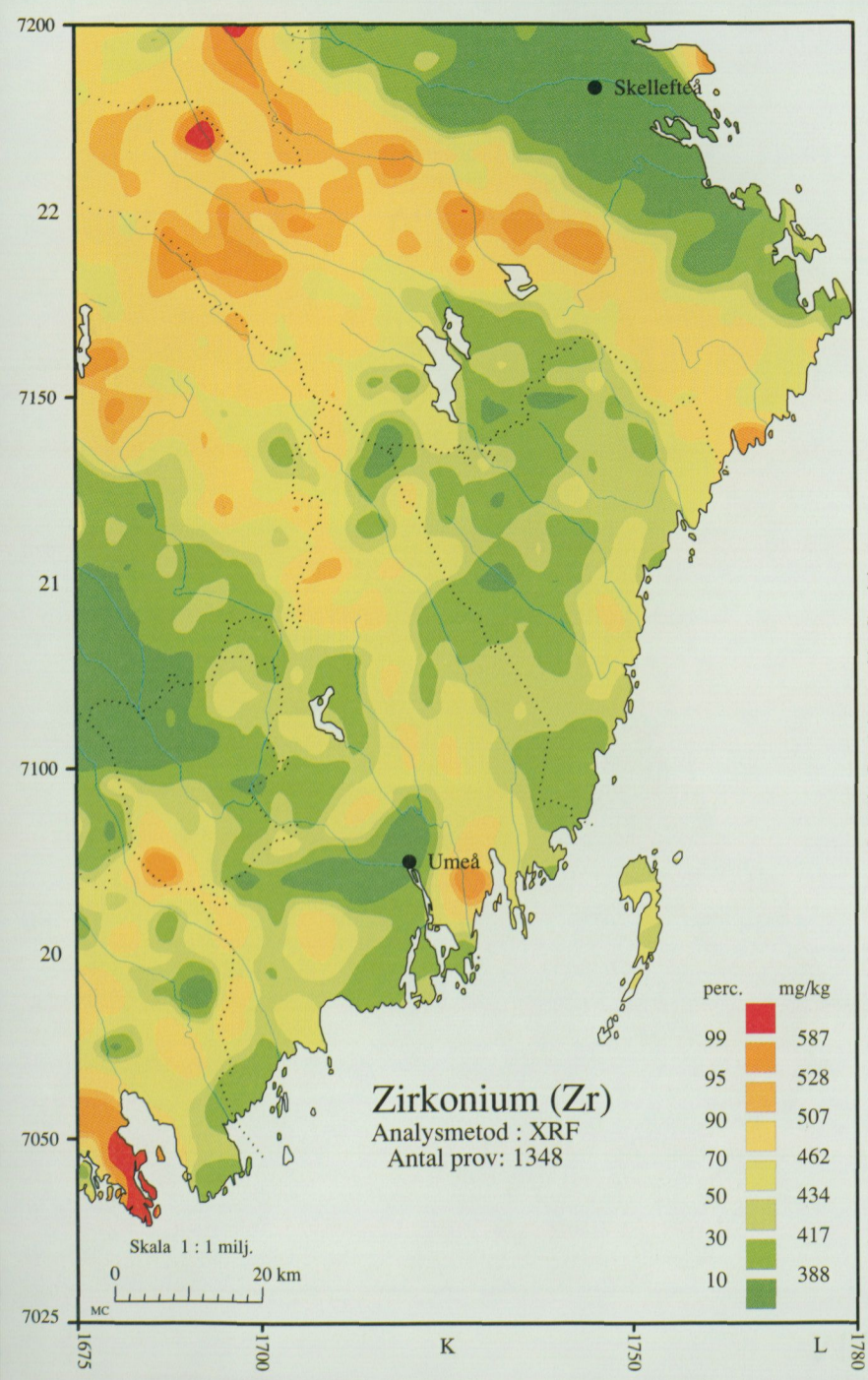
Kartan visar totalinnehållet av elementet i moränens finmo-, mjåla- och lerfraktion.

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

SGU, Geokemiska enheten 1996



Markgeokemisk karta

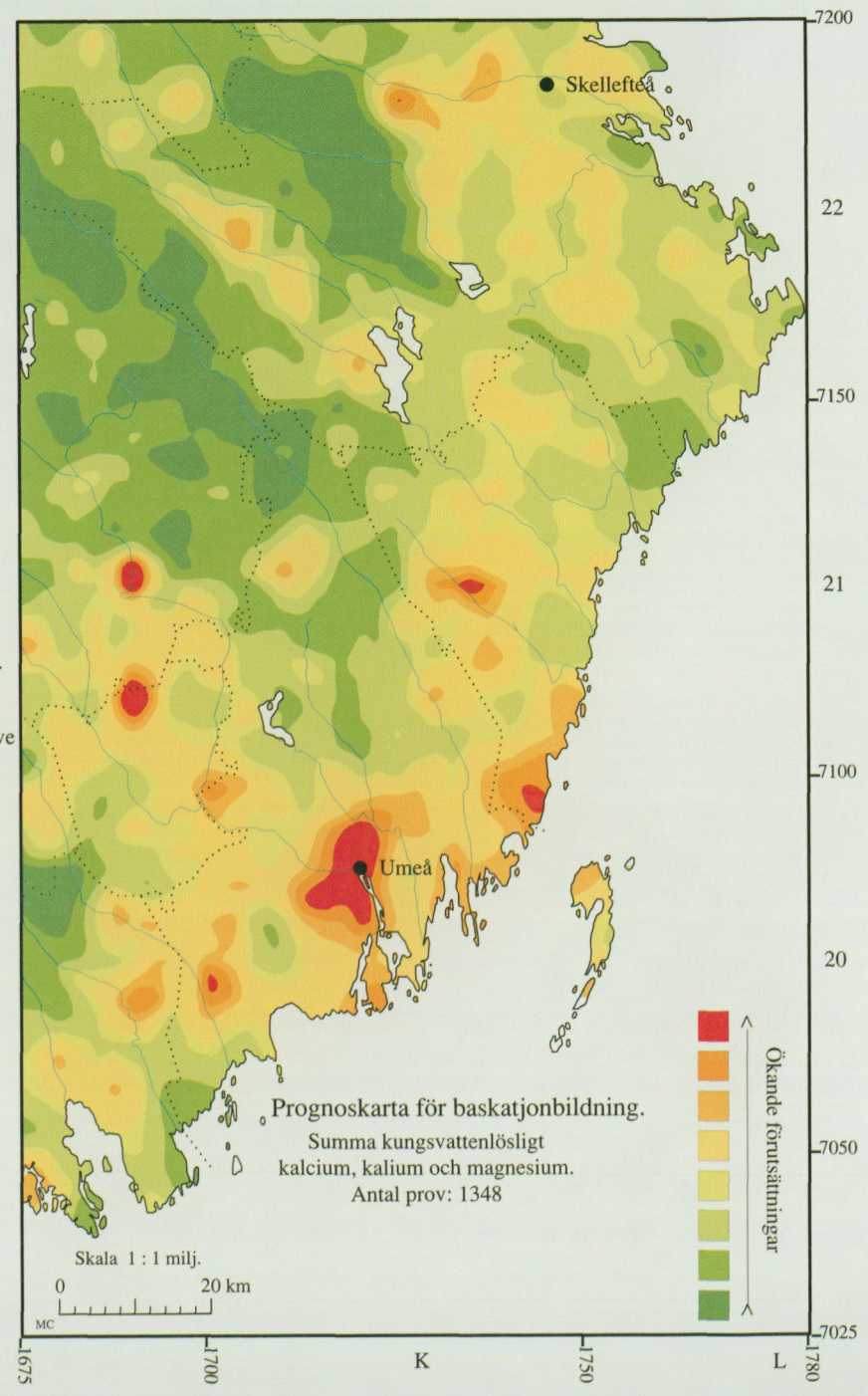


Morän < 0.06 mm.

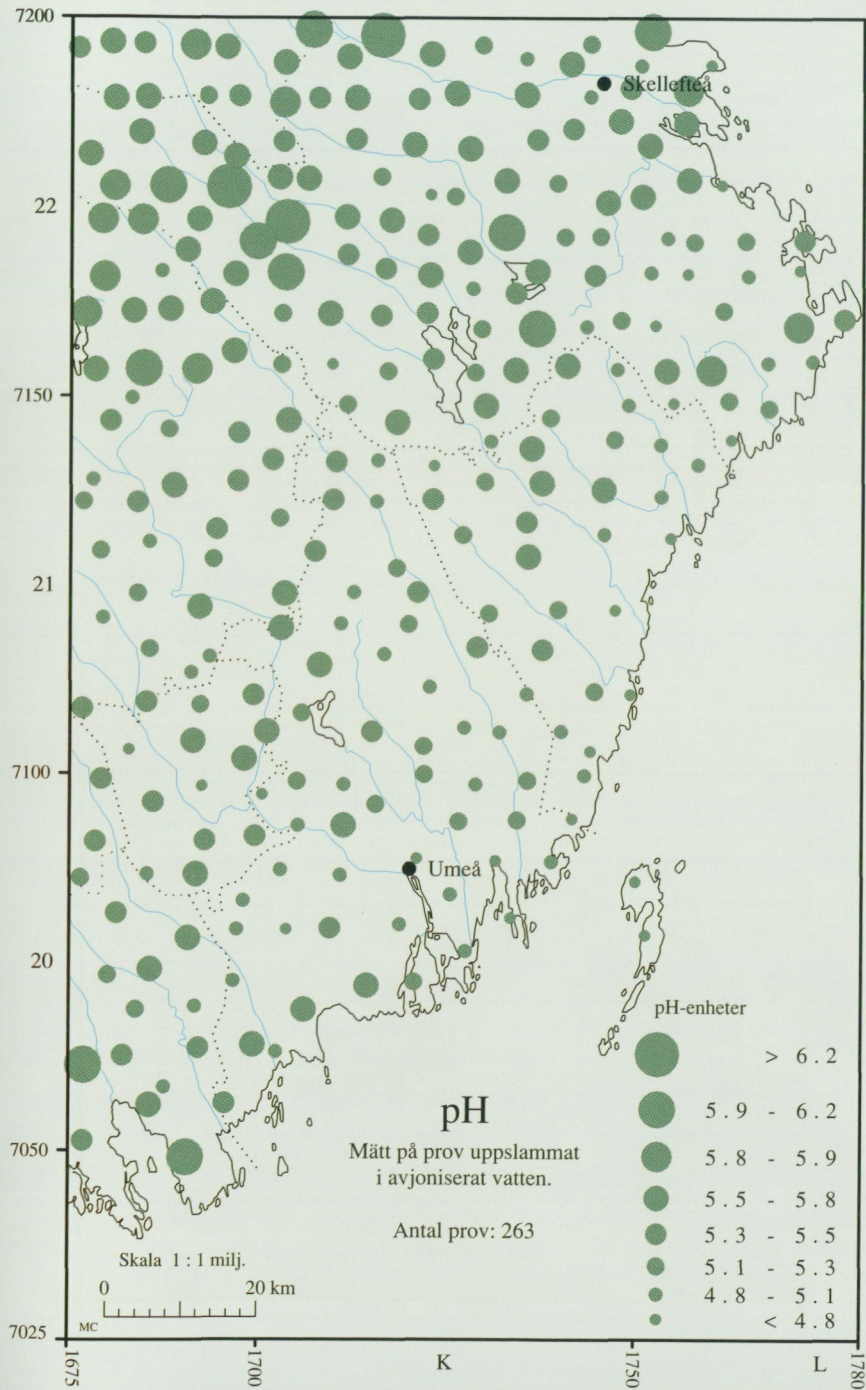
Kartan visar totalinnehållet av elementet i moränens finmo-, mjåla- och lerfraktion.

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

SGU, Geokemiska enheten 1996



Markgeokemisk karta

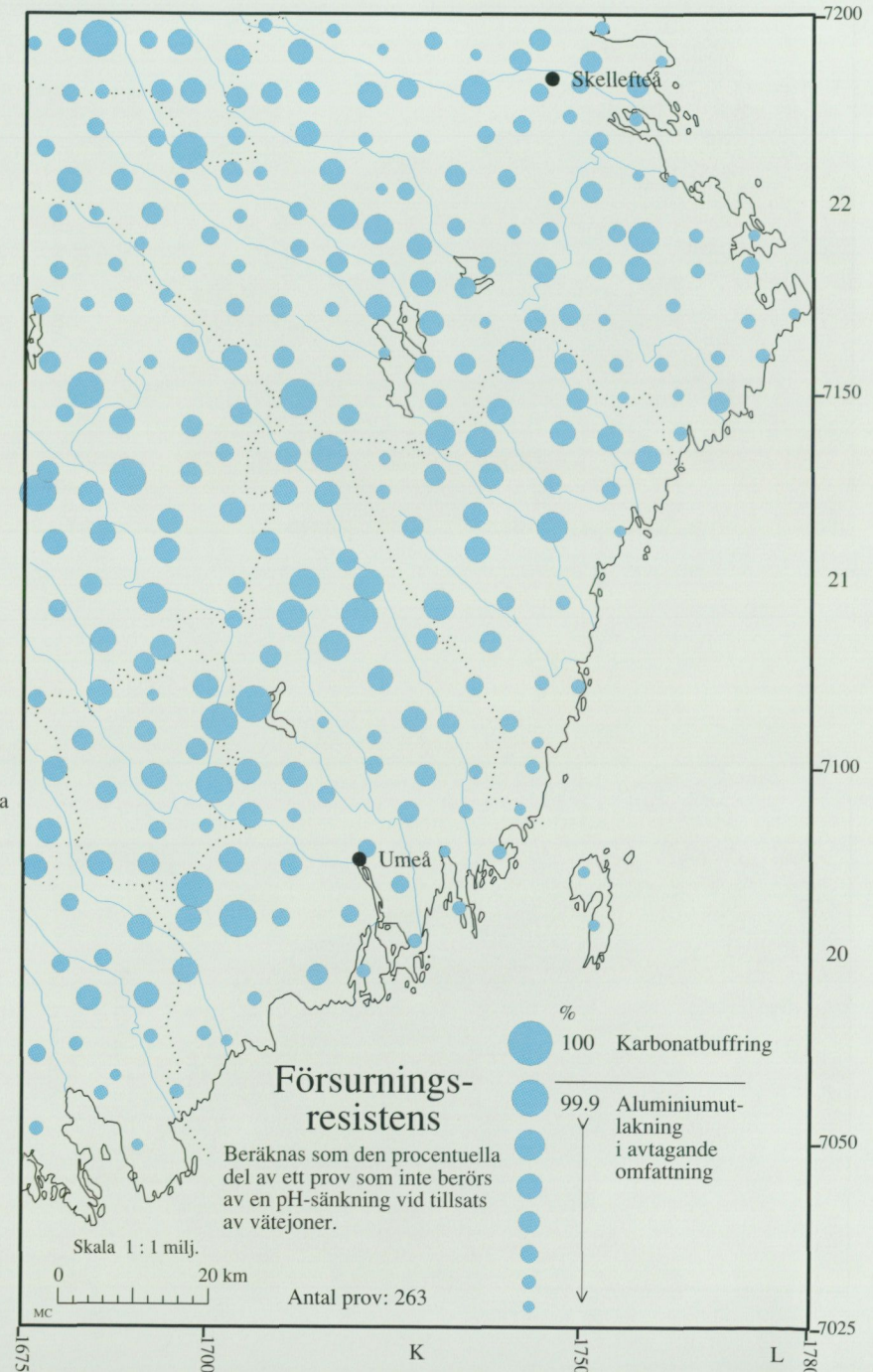


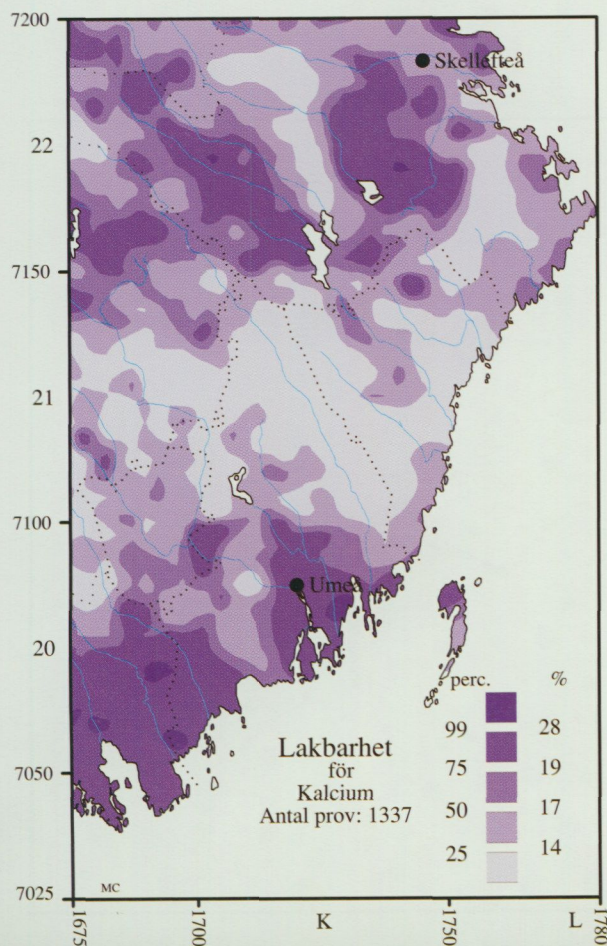
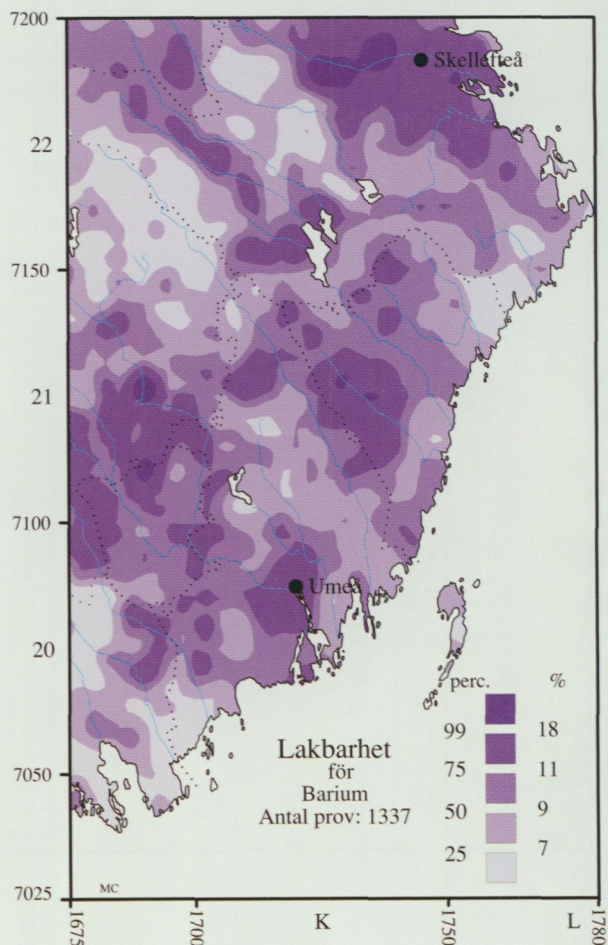
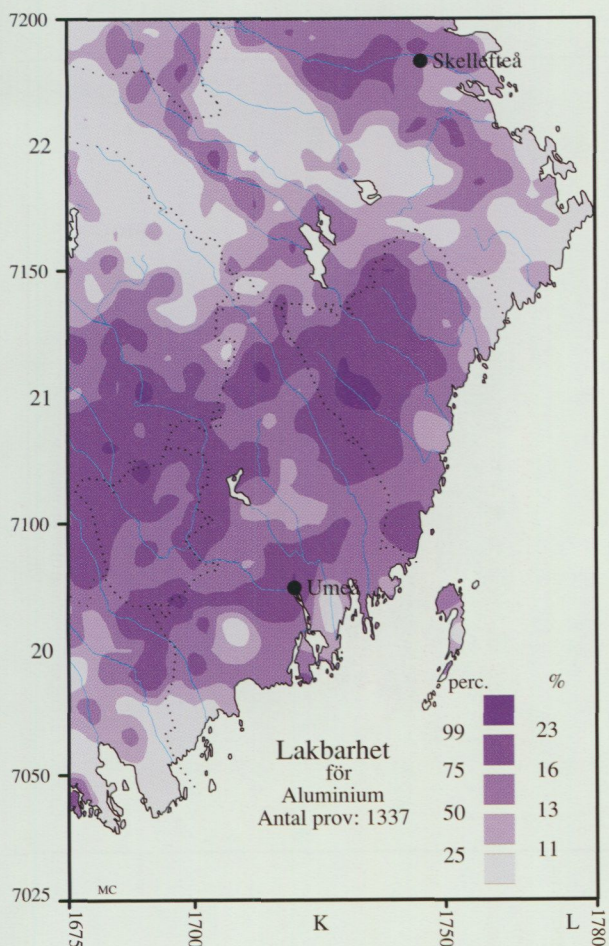
Morän < 0.06 mm.

Kartorna visar pH respektive försurningsresistens i morärens finmo-, mjåla- och lerfraktion.

Klassindelning för mätvärdena är anpassade till kartområdets provmängd.

SGU, Geokemiska enheten 1996

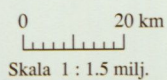


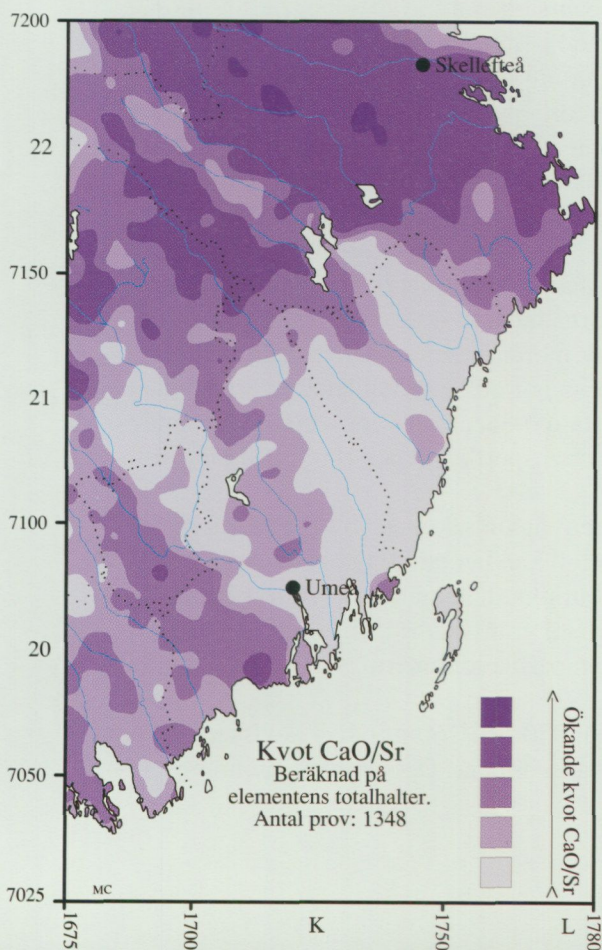
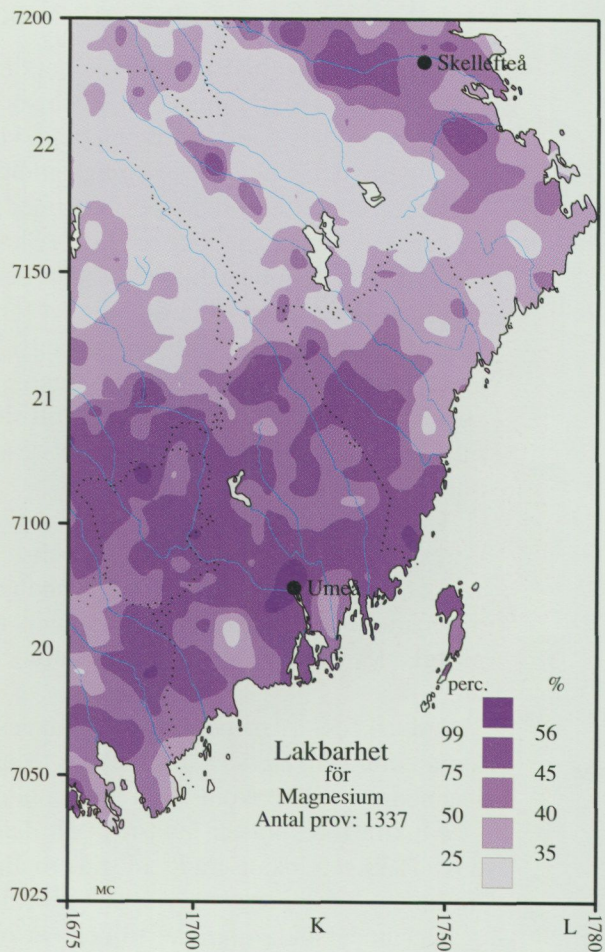
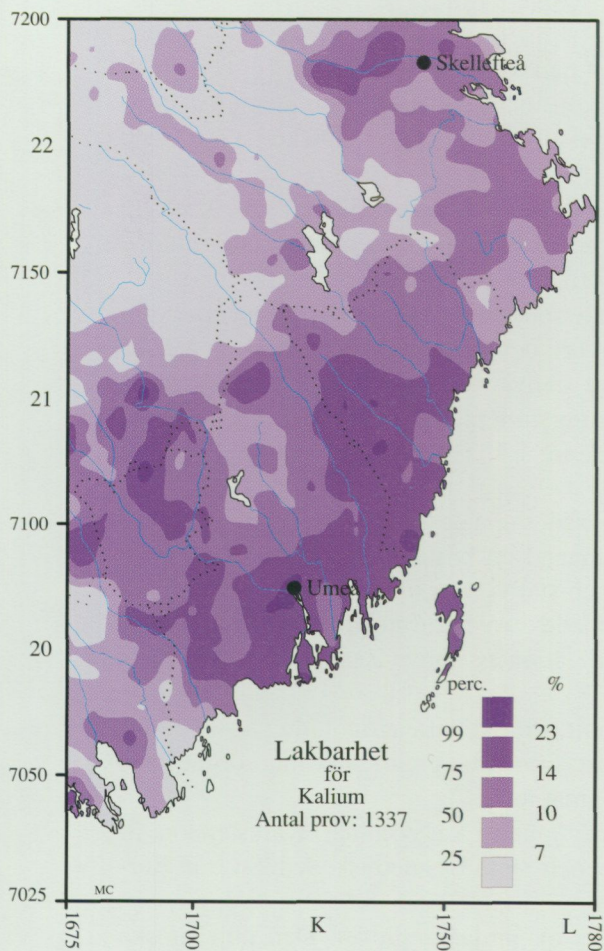


Lakbarhet

Kartorna visar elementens syralösliga del i förhållande till deras respektive totalhalter.

Gränsvärdena anges i procent och är beräknade på kartområdets provmängd.





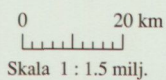
Lakbarhet

Kartorna visar elementens syralösliga del i förhållande till deras respektive totalhalter.

Gränsvärden anges i procent och är beräknade på kartområdets provmängd.

Kvotkarta

Kvoten för totalhalterna av kalcium och strontium.



BERGGRUND OCH KVARTÄR UTVECKLING

Berggrunden i det undersökta området tillhör den svekofenniska domänen. Gråvackor och argilliter dominerar starkt de centrala och södra delarna. I norr uppträder större områden med Jörngranit, Revsundsgranit, fyllit och olika vulkaniter. En del av Skelleftefältet sträcker sig in i den nordligaste delen av undersökningsområdet.

Berggrunden i området började bildas för ca 1 900 miljoner år sedan. En vulkanisk öbåge (resterna av denna kan idag ses bl.a. i Skelleftefältet) eroderades och sedimenten avsattes i havsmiljö. Dessa sediment bildade sedan den s.k. Härnöformationen bestående av gråvackor och argilliter. Eftersom vulkanisk aktivitet fortsatte även under bildandet av dessa sedimentära bergarter kan man påträffa lager av vulkaniska tuffer och lavar i och mellan gråvackorna och argilliterna. Horisonter med svarta, kisförande grafitiskiffrar är ställvis vanliga. Ytbergarterna intruderades av magmatiska bergarter som till sin sammansättning varierade från ultramafit och gabbro till tonalit, granodiorit och granit. Av dessa dominerar de tre sistnämnda, som även kallas urgraniter eller gnejsgraniter.

Under den svekofenniska bergskedjeveckningen pressades alla dessa bergarter samman. Detta resulterade p.g.a. starka tryck- och temperaturhöjningar i en omfattande metamorfos. Gråvackorna och argilliterna gnejsomvandlades vanligen och ställvis var metamorfosen så stark att migmatit, en blandbergart mellan gnejs och granit, bildades. Även de magmatiska bergarterna påverkades. Under metamorfosen intruderade en ny generation av i huvudsak granitoida bergarter.

I slutskedet av metamorfosen bildades Revsundsgranit och Skellefteågranit, de yngsta graniterna i området. Dessa kännetecknas av att de till skillnad från äldre granitoider inte förgnejsats. I samband med uppkomsten av dessa bildades även pegmatiter.

Mindre förekomster kalksten och diabas förekommer lokalt i kartområdet. Kalkstenarna är huvudsakligen lokaliserade till stråk mellan Lappvattnet och Stora Bygdeträsk, sydväst från Burträsk.

Det undersökta området tillhör två olika huvudtyper av jordartsregioner. Den norrländska kustzonen omfattar större delen och indelas i två tämligen olika underavdelningar. Närmast kusten och i söder dominerar ett bergområde bestående av 20% berg, 30% morän, 20% myr, 20% sand och 10% lera. Väster om denna följer ett morän och sandområde 25% berg, 25% morän, 30% myr och 10% lera. Inlandets morän- och myrområde består av 45% morän, 35% myr och 10% kalt berg. Den dominerande jordarten i kartområdet utgörs alltså av morän. Större arealer sediment (svall-, älv-, sjö- och havssediment) förekommer väsentligen i älvdalar och i anknytning till de isälvsediment som markerar äldre isälvsdalar. Talrika bergsblottningar förekommer i vissa regioner (t.ex. i området väst-sydväst om Umeå). Endast på ett fåtal ställen har tillgången på lämplig morän varit så dålig att provpunktsnätet blivit glest (t.ex. kusttrakterna sydväst om Umeå).

Moränen i området är en produkt av flera nedisningsfaser. Grävningar har påvisat flera olika horisonter (se t.ex. Eklund 1991). Det absoluta åldersförhållandet för dessa är osäkra, men pollenanalyser har vid några lokaler indikerat förekomst av morän avsatt under en äldre istid (den s.k. Saaleistiden). Vid tolkning av de geokemiska kartorna bör dessa förhållanden tas i beaktande. Detta gäller speciellt regioner där den översta, yngsta moränen kan vara tunn. Provtagningen kan i sådana fall ha skett i en något äldre morän vars transportlängd och rörelseriktning varit annorlunda.

Under den senaste nedisningen skedde transporten huvudsakligen från nord-nordväst. Undersökningar av transportlängder tyder på att i vissa fall kan bergartsfragment spåras upp till 20 km från källklyften. Det är dock oklart i vilken omfattning detta gäller för finfraktionen. Isräfflor reflekterar lokalt även andra riktningar och varierar från sydväst till nordost. Den sydvästliga rörelseriktningen har även dokumenterats genom partikelorienteringsanalys i ett mindre antal moränhorisonter.

Högsta kustlinjen (HK) når i området upp till mellan 250 och 260 m ö.h. I landskapet syns havets påverkan tydligt i form av svallad morän och svallsediment. Dessutom är blottningsgra-

den generellt sett högre i svallade områden. HK uppträder normalt 3–4 mil från kusten, ännu längre mot inlandet längs älvdalarna. Svallad morän ingår inte i det geokemiska provtagningsprogrammet. Noteras bör dock att i vissa fall kan man gräva sig igenom den svallade moränen och provta det opåverkade materialet.

Moränen i området saknar ofta utpräglade ytformer eller följer bergytan. Regionalt förekommer dock större områden med moränbacklandskap, transversella ryggar samt drumliner.

ELEMENTASSOCIATIONER

JÄRN OCH MAGNESIUM med spårelementen NICKEL, KOBOLT, KROM, KOPPAR, VANADIN OCH ZINK

Av ovanstående element är Fe, Mg, Co, Cr, Cu, V och Ni ofta anrikade i mafiska och ultramafiska bergarter. Huvudelementen järn och magnesium bildar de ur vittringssynpunkt viktiga mineralgrupperna oliviner, amfiboler, pyroxener och mörka glimrar. Zink och vanadin anrikas i mafiska och argillitiska bergarter.

Spridningsmönstren avspeglar förhöjningar i tre stråk. Två av dessa löper i stort sett parallellt med varandra, från nordväst till sydost. Ett av dessa uppträder i kartområdets nordvästra hörn. Denna zon kan för några av elementen följas till kusten öster om Robertsfors. Tydligast är den dock fram till Stora Bygdeträsk och Göksjön. Det andra av de parallella stråken följer Vindelälven och Umeälven och fortsätter längs Umeälven in på följande kartblad i väst.

Det tredje stråket löper ungefär vinkelrätt mot de två andra och följer ungefär en linje mellan Bureå och Vännäs. Mineralisering av Ni, Cu, Co och Zn förekommer i anknytning till detta stråk framförallt i ett bälte som börjar söder om Bureå och löper i riktning västsydväst mot Vindeln. Direkta kopplingar mellan starka förhöjningar och kända mineraliseringar kan emellertid endast ställvis konstateras, däremot uppträder en mer allmän förhöjning i anknytning till det mineraliserade bältet. Speciellt tydligt framträder detta drag i kartorna över kungsvattenlösligt nickel och koppar.

I ovan nämnda stråk sammanfaller flera kraftiga förhöjningar av Co, Cr, Cu, Ni, V, Fe_2O_3 och Zn med förhöjda svavelhalter. Lakbarheten för Cu är mycket hög (tabell 3) vilket kan förklaras av att elementet i huvudsak förekommer som sulfidmineral. För de övriga elementen (Fe_2O_3 , MgO, Co, Ni och Zn) är lakbarheten lägre vilket innebär att elementen till stor del förekommer i mafiska mineral vilka inte löses lika lätt som sulfider.

Av gruppens element har de flesta nyttofunktioner i organismer. I alltför höga halter kan dock toxiska effekter uppträda. Detta gäller speciellt spårelementen.

ARSENIK

Arsenik uppträder ofta anrikat i leriga sedimentbergarter. Halterna i magmatiska bergarter är vanligen betydligt lägre. Inom kartområdet framgår detta av att de högsta halterna av As är lokaliserade till området norr om Skellefteälven. Huvudbergarten i detta område är fyllit, en lättvittrad lerig bergart som bildats genom sedimentation i marin miljö. I detta område är även flera förekomster av arsenikkis i kvartsgångar kända.

Den biologiska omsättningen kräver, såvitt man vet, inte arsenik. Arsenikföreningar kan vara toxiska i alltför höga halter. P.g.a. elementets lättmobiliserade natur kan därför höga halter arsenik i mark och berg vara en riskfaktor för människor och djur. Inom prospekteringen är arsenik däremot viktigt eftersom elementet kan indikera guldförekomster.

KALCIUM, STRONTIUM

Kalcium är ett huvudelement i jordskorpan. Elementet ingår i karbonater, fosfater och i många vanliga silikater såsom plagioklaser, pyroxener och amfiboler. Ofta ingår kalcium i de tidigast utfällda mineralen när en magma kristalliserar. Detta avspeglas bl.a. av en betydligt högre Ca-halt i gabbror än i graniter.

Spårelementet strontium har kemiska egenskaper som ligger mycket nära kalcium. Elementet kan bl.a. ersätta Ca i plagioklas och K i kalifältspat. När en magma svalnar dominerar kalcium över strontium. Senare kristallisationsprodukter uppvisar ökande strontiumhalter i förhållande till kalcium. Förhållandet mellan de två elementen kan därför användas för att undersöka magmatiska bergarters differentiation.

En jämförelse mellan kartbilderna uppvisar likartade mönster även om de kraftigaste förhöjningarna inte sammanfaller. Lakbarheten för de två elementen (tabell 3) visar att kalcium är något lösligare än strontium. Detta kan förklaras av att Sr i större utsträckning än Ca så gott som enbart uppträder i plagioklas. Kalcium kan däremot ingå i mer lösliga mineral såsom kalcit.

Ovanstående tolkningar stöds av en statistisk analys av de analysdata som ligger till grund för föreliggande rapport. Vid faktoranalys utkristalliserade sig en association bestående av CaO, Na₂O, SiO₂ och Sr, en grupp där de tre huvudelementen bildar plagioklasseriens mineral.

Kalcium är ett viktigt näringsämne. Inga toxiska effekter är kända. Strontium har inga kända nyttofunktioner. Med undantag för de konstgjorda radioaktiva isotoperna har heller inga skadliga egenskaper konstaterats.

FOSFOR

Fosfor ingår normalt i apatit, ett vanligt mineral i de flesta magmatiska bergarter. Inom det undersökta området kan de flesta förhöjda områdena knytas till olika granitoider. Sedimentära och metasedimentära bergarter ger i regel lägre fosforkoncentrationer.

Förhöjda halter av fosfor uppträder tillsammans med kalcium nordost om Lappvattnet och i ett mindre område sydost om Umeå. Preliminära analyser av kungsvattenlösligt kalcium tyder på ett starkt samband mellan lättlakat kalcium och höga fosforhalter. Detta stämmer väl överens med förekomst av det lättlakade mineralet apatit i vilket, förutom fosfor, kalcium är en huvudbeståndsdel.

Fosfor är ett essentiellt näringsämne med många funktioner i organismer. Brist på fosfor inverkar negativt på tillväxten hos växter och djur varför fosfater ofta ingår i konstgödsel.

ALUMINIUM, BARIUM och KALIUM med spårelementet BLY

Kalium och aluminium utgör huvudelement i jordskorpan och är speciellt anrikade i sura granitoider och argilliter. Elementen ingår i kalifältspater och glimrar. Bly och rubidium kan ersätta kalium i kalifältspater varför de tre elementen ofta är nära förknippade med varandra i graniter. Flera förhöjningar av kalium och bly i det undersökta området sammanfaller med unga graniter. Notera även de låga halterna i Skelleftefältets östra del. Preliminära analyser av rubidium ger liknande trender.

Även barium är nära besläktat med kalium. Detta ger sig ofta till känna som en anrikning av barium i tidigt bildade kalifältspater. En jämförelse mellan kartorna över de två elementen visar på generella likheter.

En jämförelse mellan aluminium och kalium visar ungefär samma lakbarhet vilket kan förklaras av förekomst av biotit. Denna tolkning stöds av att lakbarheten för kalium är störst i argillitdominerade områden.

Lakbarheten för kalium och bly visar att kalium inte är lika lättlakat som bly (tabell 3). Förklaringen till detta kan vara att bly även förekommer i form av sulfider vilka löses nästan helt i kungsvatten. I kartområdets centrala delar samt väster om Skellefteå sammanfaller flera kraftiga förhöjningar av bly med bl.a. zink, koppar och svavel. Detta kan bero på sulfidförekomst.

Av gruppens element är kalium nödvändigt för organismer. Aluminium och bly har inga kända nyttoegenskaper utan kan i alltför höga halter betraktas som toxiska.

NATRIUM

Alkalimetallen natrium utgör ett huvudelement i de flesta magmatiska bergarter och ingår i huvudsak i fältspater. Även amfiboler, pyroxener och glimrar kan innehålla natrium. I regel stiger

halterna under magmadifferentation eftersom plagioklasernas sammansättning blir natriumrikare.

Näringsämnet natrium som ingår i vittringsresistenta plagioklaser är svårslösligt vid syraangrepp. Av tabell 3 framgår att de flesta moränprov innehåller under en procent lakbart Na_2O vilket tyder på att plagioklaser är den dominerande källan till natriuminnehållet i morän.

Av kartbilden framgår att förhöjda halter sammanfaller med granitoider i områdets norra del, dvs. kartbladen Kalvträsk, Skellefteå och Rönnskär. Områden som domineras av argilliter karakteriseras däremot av låga halter. Notera även att förhöjda områden i stort sammanfaller med kalciumförhöjningar. Detta stöder ytterligare en koppling till plagioklasförekomst.

SVAVEL

I berggrunden förekommer svavel oftast i form av svavelkis och magnetkis. Elementet ingår mycket sällan i silikater. I regel kan de högsta halterna knytas till mafiska, ultramafiska och argillitiska bergarter medan graniter innehåller betydligt lägre halter. I kartområdet avspeglas detta av en allmän förhöjning i områden där argilliter med talrika grafithorisonter dominerar. Områden med större inslag av granitoider sammanfaller tämligen väl med låga svavelhalter.

Svavel är nödvändigt för organismer. Vissa svavelföreningar har starkt toxiska egenskaper.

MANGAN, TITAN, NIOB och ZIRKONIUM

Alla element i denna grupp uppvisar litofila drag, dvs. de har en stark affinitet för syre och ingår i silikatmineral. Grundämnet titan är ett huvudelement i jordskorpan medan mangan befinner sig i gränzonen mellan huvud- och spårelement. Båda anrikas i basiska och ultrabasiska bergarter medan graniter vanligtvis innehåller lägre koncentrationer. Spårelementet niob förekommer däremot oftast anrikat i graniter och argilliter.

I magmatiska bergarter ingår titan väsentligen i ilmenit, magnetit, rutil, titanit, amfiboler och biotit. Niob kan i flera av dessa ersätta titan. Vid jämförelse av mönstren för respektive element är likheterna slående. Det mest utmärkande draget är en kraftig förhöjning som sträcker sig från kartornas nordvästra hörn och når fram till Stora Bygdeträsk i sydväst. Höga totalhalter av TiO_2 och Nb har starkt liknande mönster. Detta, samt preliminära analyser av lakbarheten för titan tyder på att de förhöjda halterna förekommer i ett eller flera gemensamma, svårslösliga mineral, förslagsvis ilmenit, rutil eller titanit. Lättlösligt titan dominerar i områden med argillitisk bergartsdominans och kan där troligen knytas till mineralet biotit.

Mangan kan, liksom titan, ingå i de flesta mafiska mineral såsom amfibol och biotit. Lakbarheten för mangan i kartområdet avviker endast marginellt från titan (tabell 3). Till skillnad från titan sammanfaller däremot mönstret för lättlösligt mangan delvis med höga totalhalter för gruppens övriga element. Detta indikerar att en större del av Mn ingår i andra, mer lättlösliga mineral än de övriga elementen.

Zirkonium ingår ofta i zirkon, ett mycket vittringsresistent mineral som normalt är typiskt för graniter och andra sura bergarter. Förhöjda zirkoniumhalter i kartområdet sammanfaller väl med förekomst av granitiska bergarter, speciellt i den norra delen där ett samband mellan de yngsta graniterna och zirkonium framträder.

En statistisk analys av elementhalter resulterade i att en elementgrupp bestående dels av den redan beskrivna associationen bildade en faktor tillsammans med fosfor, yttrium och volfram.

Mangan är nödvändigt för organismer och kan lokalt uppträda i så låga halter att brist uppstår hos växter och djur. Några toxiska effekter är inte kända vare sig för mangan, titan eller zirkonium men de två sistnämnda misstänks vara carcinogena.

LITIUM och BERYLLIUM

Litium och beryllium är bägge litofila element. I bergartsbildande mineral förknippas elementen ofta med amfiboler, pyroxener och glimrar. Beryllium anrikas i sura, magmatiska bergarter och de högsta halterna återfinns normalt i graniter med två glimrar samt i vissa pegmatiter. Av de

magmatiska bergarterna innehåller graniterna de högsta litiumkoncentrationerna. Skifferar innehåller dock i genomsnitt dubbelt så mycket litium som graniterna.

Kartorna över de två elementen är i stort sett lika. Eftersom underlaget till kartorna består av analys av kungsvattenlösliga halter kan man inte förvänta sig att t.ex. beryll, ett i pegmatiter förekommande svårlösligt berylliummineral, kommer att inverka på mönsterbilden. Preliminära analyser av de lakbara halterna för aluminium, järn och magnesium visar på ett tydligt samband mellan hög löslighet för dessa huvudelement och förhöjda Be och Li-koncentrationer. Detta tyder på att elementen huvudsakligen ingår i biotit eller amfibol eftersom muskovit, ljust glimmer, har en begränsad löslighet i kungsvatten.

Beryllium inverkar negativt på vissa enzymer och kan i alltför höga halter vara giftigt. Litium har använts vid behandling av mano-depressiva sjukdomar och har där visat sig ge upphov till förgiftning vid överdosering.

URAN

Uran förknippas normalt med kiselsyrarika bergarter såsom granit och pegmatit. Även skifferar kan vara uranrika. Av de bergartsbildande mineralen återfinns de högsta halterna i biotit, muskovit och hornblände. Betydligt högre koncentrationer uppträder i accessoriska mineral såsom apatit, allanit, monazit, titanit, xenotim och zirkon. Rena uranmineral är ganska sällsynta.

Förhöjda halter i kartområdet kan så gott som undantagslöst relateras till graniter, pegmatiter eller andra sura granitoider. En statistisk analys visar att torium och molybden ingår i samma faktor som uran.

Uran är hälsovådligt p.g.a. elementets radioaktiva egenskaper.

VOLFRAM

Tungmetallen volfram är nära besläktad med molybden och förekommer därmed ofta tillsammans i mineraliseringar, ofta med mineral såsom kassiterit (ett tennmineral), arsenikkis, blyglans och zinkblände. I vanliga fall innehåller graniter och skifferar de högsta halterna volfram. De vanligaste volframmineralen i berggrunden utgörs av scheelit och wolframit.

Av kartan över volframhalterna framtonar ett något splittrat mönster. I kartområdets norra del kan ett samband med några av regionens sura bergarter skönjas. I de centrala delarna är dylika samband inte lika tydliga.

Volfram har inga starka toxiska effekter men kan inverka hämmande på viss enzymaktivitet i människokroppen.

GULD

Normalt förekommer guld i mycket låga halter i såväl berggrund som jordmån. I kombination med den s.k. nuggeteffekten blir tolkningar av kartbilden därför mycket svår. De kraftigaste förhöjningarna i sydväst kan inte direkt knytas till någon bergart. I norr kan eventuellt en koppling till den äldre Jörngraniten ses. Det mest intressanta draget i kartbilden framträder i kartans norra kant (norr om Skellefteälven) där en mindre markant förhöjning uppträder i samma område som starkt förhöjda arsenikhalter. Flera kvartsgångar med arsenikkis har konstaterats i denna ostliga förlängning av Skelleftefältet. Dylika kvartsgångar kan indikera guldmineraliseringar.

REFERENSER

- Adriano, D.C., 1966: Trace elements in the terrestrial environment. – Springer Verlag, New York Inc.
- Andersson, M., 1992: Från Falkenberg till Blomstermåla: nutida och framtida effekter av syrabelastning. – Sveriges geologiska undersökning, Rapporter och meddelanden nr 70.
- Andersson, M. & Nilsson, C.A., 1992: Markgeokemiska kartan. – Sveriges geologiska undersökning, Rapporter och meddelanden nr 73.
- Berggrundskartan 19J NO/20J SO Husum/Vännäs, 1992: – Sveriges geologiska undersökning, ser. Ai nr 55.
- Berggrundskartan 20J SV, NV, NO Vännäs, 1992: – Sveriges geologiska undersökning, ser. Ai nr 54, 52 och 53.
- Berggrundskartan 20K SV/SO, NV, NO Umeå, 1989: – Sveriges geologiska undersökning, ser. Ai nr 39, 37 och 38.
- Berggrundskartan 21J SV, NV, NO, SV Vindeln, 1987: – Sveriges geologiska undersökning, ser. Ai nr 11, 12, 9 och 10.
- Eklund, A., 1991: Beskrivning till kvartärgeologiska kartorna 19J/20J Husum/Vännäs 20K/20L Umeå/Holmön. – Sveriges geologiska undersökning, ser. Ak nr 5 och 6.
- Ekelund, L., Nilsson, C.A. & Ressar, H., 1993: Biogeokemiska kartan. – Sveriges geologiska undersökning, Rapporter och meddelanden nr 75.
- Gavelin, S., 1955. Beskrivning till berggrundskarta över Västerbottens län. Del 1: Urbergsområdet inom Västerbottens län. – Sveriges geologiska undersökning, ser. Ca nr 37.
- Goldsmith, V.M., 1958: Geochemistry. – Oxford University Press.
- Jordartskartan 19J/20J Husum/Vännäs, 1987: – Sveriges geologiska undersökning, ser. Ak nr 6.
- Jordartskartan 20K/20L Umeå/Holmön, 1987: – Sveriges geologiska undersökning, ser. Ak nr 5.
- Jordartskartan 21J Vindeln, 1994: – Sveriges geologiska undersökning, ser. Ak nr 19.
- Jordartskartan 21K/21L Robertsfors/Ånäset, 1985: – Sveriges geologiska undersökning, ser. Ak nr 1.
- Jordartskartan 22J Kalvträsk, 1987: – Sveriges geologiska undersökning, ser. Ak nr 4.
- Jordartskartan 22K/22L Skellefteå/Rönnskär, 1987: – Sveriges geologiska undersökning, ser. Ak nr 3.
- Kabata - Pendias, A. & Pendias, H., 1984: Trace elements in soils and plants. – CRC Press, USA.
- Koljonen, T., (Ed) 1992: The geochemical atlas of Finland, part 2: Till – Geological Survey of Finland – PunaMusta, Helsinki.
- Lindström, M., Lundquist, J., Lundquist, Th., 1991: Sveriges geologi från urtid till nutid. – Studentlitteratur, Lund.
- Sveriges Nationalatlas, 1994: Berg och Jord.
- Magnusson, N.H., Lundquist, G. & Regnell, G., 1963: Sveriges geologi. – Svenska bokförlaget / Norstedts, Stockholm.
- Ressar, H., Ekelund, L. & Ohlsson, S.-Å., 1988: Biogeokemiska kartan. – Sveriges geologiska undersökning, Rapporter och meddelanden nr 51.
- Ressar, H., Ekelund, L. & Ohlsson, S.-Å., 1991: Biogeokemiska kartan. – Sveriges geologiska undersökning, Rapporter och meddelanden nr 68.
- Rodhe, L., 1983: Isrörelser inom kartbladen 22J Kalvträsk NV, 22K Skellefteå SO och 22L Rönnskär SV samt moränstratigrafi i området Burträsk – Holmsvattnet – Vallen. NSG – Prospekteringsrapport.
- Rodhe, L., Sundh, M. och Wiberg, B., 1990: Beskrivning till kvartärgeologiska kartorna 22K/22L Skellefteå/Rönnskär 23K/23L Boliden/Byske. – Sveriges geologiska undersökning, ser. Ak nr 2 och 3.
- Svensson, U., 1980: Geochemical investigation of minor elements of the principal Precambrian rocks of Västerbotten County Sweden. – Sveriges geologiska undersökning, ser. C nr 764.

- Tegengren, F.R. m.fl., 1924: Sveriges ädlare malmer och bergverk – Sveriges geologiska undersökning, Ca 17.
- Wedepohl, K.H., Correns, C.W. m.fl., 1969–79: Handbook of geochemistry. – Springer Verlag, Berlin.

SUMMARY

In 1982 a national geochemical mapping programme based on the silt plus clay fraction (<0.06 mm) of till was initiated by the Geological Survey of Sweden. So far, including the present study, 100 000 square kilometres have been covered with systematic sampling in a wide net where one sample represents six square kilometres (equals 15 samples per 100 square kilometres).

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

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

The bulk of the collected material is sampled from normal silty or sandy-silty till. Material extremely rich in gravel, sand or clay is avoided. The sampling net is roughly plotted in advance on topographic maps with quaternary geological maps as support, whereas the final location of the sample site is determined in the field. The samples are hand-dug and collected from the C-horizon about one metre from the surface. 0.8 kg of till is collected from several parts of the pit, gravel-size particles are sorted out and the material is sealed in a plastic bag. After freeze-drying, the samples are sieved to <0.06 mm and analysed for trace, major and minor elements mainly by X-ray fluorescence. Partial leaching in Aqua Regia, analysed with ICP-AES and atomic absorption techniques (gold, GF-AAS) are also used. Approximate calcium carbonate contents are determined by using hydrochloric acid. pH is determined in a suspended solution based on a two g sample (<0.06 mm) in 10 ml distilled water.

The analytical results and their map 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 10,000 square kilometres in Northern Sweden. The bedrock is of Precambrian age, the maximum ages measured so far being about 1900 Ma. Metamorphosed argillites and greywackes dominate the bedrock of the southern and central parts whereas various granitoids occur in the north. Small intrusions of mafic and ultramafic nature are scattered in the area. These sometimes display Ni-Cu-mineralisations. In the north larger massifs of gabbroid rocks occur, as do volcanics of varying composition. The northernmost area covers the easternmost part of the Skellefte ore district.

Glacial drift covers most of the area investigated. The youngest direction of ice flow usually display a movement from the N–NW. Several studies indicate, however, that older directions sometimes deviate from this. Some investigations of striae and fabric have even 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 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.

To sum up the main results of the present investigation the following statements can be made:

- 1) There are several known occurrences of mafic and ultramafic rocks in the area, some of which are associated with Ni-Cu-mineralisations. In till such rocktypes are clearly reflected by an association of Fe_2O_3 , MgO, Co, Cr, Cu, Ni, V and Zn
- 2) Some of the acid rocks (granites, granodiorites, tonalites and pegmatites) are reflected by elevated levels of U, Th, W and Zr
- 3) The patterns of TiO_2 , MnO and Nb are closely interrelated. This indicates a common origin, in the case of TiO_2 and Nb probably a common mineral
- 4) Elevated levels of As and, to some extent, Au, seem to be the only distinctive features delineating the easternmost part of the Skellefte ore district which is situated in the northernmost part of the area investigated
- 5) Elements like CaO, Na_2O , P_2O_5 , and Sr are associated with magmatic rocks of intermediate to acid composition.

I SGUs serie Rapporter 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 Nybroregionen. 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 hammarborrning. 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 Oppgård 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, P. 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. 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 malmmineral 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 ballasttillgångar.
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.
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. & 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.
85. **Andersson, M. och Lax, K.** Markgeokemiska kartan 20–22, I–L. 1996.

* Utgången



Distribution

SGU
Box 670
751 28 UPPSALA
Tel 018-17 90 00
Fax 018-17 93 70