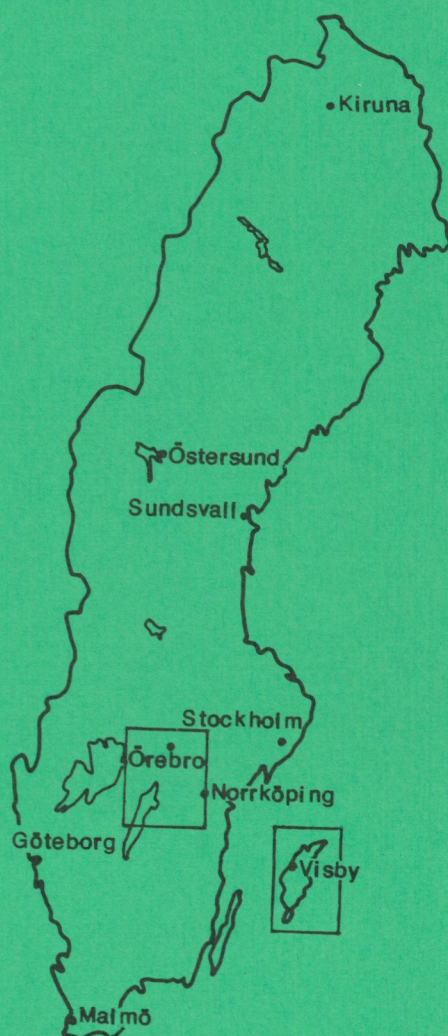




SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING
Rapporter och meddelanden nr 68

Biogeokemiska kartan

Tungmetaller i bäckvattenväxter



Biogeokemiska kartor i skala
1:1 miljon över området

5–7, I–K

8–10, E–G

Arsenik	As	Molybden	Mo
Bly	Pb	Nickel	Ni
Kadmium	Cd	Selen	Se
Kobolt	Co	Uran	U
Koppar	Cu	Vanadin	V
Krom	Cr	Volfram	W
Kvicksilver	Hg	Zink	Zn

Harald Ressar, Lena Ekelund och
Sten-Åke Ohlsson

Uppsala 1991

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING

Rapporter och meddelanden nr 68

Biogeokemiska kartan

Tungmetaller i bäckvattenväxter

Harald Ressar, Lena Ekelund och

Sten-Åke Ohlsson

Uppsala 1991

ISBN 91-7158-498-6

ISSN 0349-2176

Innehållsförteckning

Geokemisk kartering vid SGU	4
Provmaterialet bäckvattenväxter	4
Provberedning och analysering	5
Databearbetning och kartframställning	6
Biogeokemiska kartprodukter	8
Användningen av de biogeokemiska kartorna	8
Utgivningsplan för de biogeokemiska kartorna	13
Biogeokemiska färgkartor 5-7, I-K, 1:1 miljon	14
Biogeokemiska färgkartor 8-10, E-G, 1:1 miljon	28
Kommentarer till biogeokemiska kartan 5-7, I-K	42
Kommentarer till biogeokemiska kartan 8-10, E-G	47
Referenser	51

Föreliggande rapport utgör en delpresentation av den rikstäckande biogeokemiska kartering som påbörjades 1982.

GEOKEMISK KARTERING VID SGU

Den geokemiska karteringen av Sverige bedrivs i syfte att visa fördelningen av kemiska huvudämnen och spårelement i mark och vatten. Vid kartläggningen används i huvudsak två typer av provmaterial för att åskådliggöra detta.

Den ena är bäckvattenväxter, som visar metallupptagningen i växt-rötter och vattenlevande mossor i mindre bäckar och som återspeglar den genomsnittliga kemiska sammansättningen hos vattnet. Utgivningsplan över dessa biogeokemiska kartor visas på sidan 13.

Den andra är moränmaterial från C-horisonten, som återspeglar markens naturliga kemiska sammansättning. De första sådana markgeokemiska kartor utgavs 1988 över delar av mellersta Norrland.

Som komplement till de befintliga berggrundskartorna och för att underlätta tolkningen av de geokemiska kartorna, utförs spårelement-analyser av dominerande bergarter. SGU:s geokemiska enhet har även ett antal fasta referensstationer utplacerade i landet, där kemiska förändringar i miljön registreras.

Den biogeokemiska kartläggningen av hela landet beräknas med nuvarande resurser vara genomförd om ca 15 år.

PROVMATERIALET BÄCKVATTENVÄXTER

Biogeokemiska provtagningar av organiskt material i mindre vattendrag påbörjades i slutet av 1960-talet. Man startade i övre Norrland med syfte att spåra malmförekomster. Sedan dess har provtagningsmetoden utvecklats och förfinats till dagens provmaterial, bäckvattenväxter.

Ett prov av bäckvattenväxter består huvudsakligen av vattenlevande mossor, t.ex. näckmossa och av växtrötter, framför allt av gräs, halvgräs, tåg och älgört. Provsammansättningen har valts så att växterna i stort uppvisar samma upptagningsförmåga och är allmänt förekommande i landet. Till skillnad från minerogena bäcksedimentprover indikerar bäckvattenväxter på ett bättre sätt utsläpp av föroreningar. En annan viktig fördel med ett levande provmaterial, en s.k. bioindikator, är att resultaten visar den biotillgängliga metallhalten i vattnet.

Proverna tas i mindre vattendrag som till stor del består av grundvatten. Den kemiska sammansättningen hos detta vatten beror på en naturlig påverkan av mineralsammansättningen hos omgivande berggrund och lösa avlagringar samt på antropogena aktiviteter såsom utsläpp och nedfall av kemiska ämnen. Växter i och vid vattendragen får sin näring från det förbibrinnande vattnet. Utbytet av kemiska ämnen, t.ex. tungmetaller, mellan vattnet och växtrötterna är en

långsam process där inverkan av t.ex. årstidsvariationer är av underordnad betydelse. Metallhalterna i varje prov representerar härigenom vattendragets genomsnittliga metallhalt och kan avspegla indirekt grundvattnets metallinnehåll och kvalitet.

En naturlig anrikning av tungmetaller sker vid utfällning och upptag av järn och mangan i växtmaterialet. Halterna av järn och mangan är inte direkt betingad av den geologiska miljön utan av pH-Eh-förhållanden i vattnet. För en geologisk tolkning av de geokemiska mönstren måste denna typ av variation av tungmetallerna korrigeras. Vidare måste hänsyn tas till den organiska halten för att man skall få en acceptabel jämförelse mellan proverna.

Varje provpunkt representerar ett relativt stort dräneringsområde. Provpunkterna har valts så att var och en av dem avspeglar tillförsel av metaller från en yta motsvarande 5–7 km². Den lokala kemiska variationen minimeras genom att material från en kortare sträcka längs bäcken blandas till ett s.k. kompositprov. Provet rensas och sköljs noggrant i fält för att undvika inblandning av mineraljord.

PROVBEREDNING OCH ANALYSERING

Bäckvattenväxterna torkas vid 105° C, vägs, inaskas vid 450° C under 12 timmar och vägs på nytt. Viktskillnaden används för beräkning av provets organiska halt. Provdelen som analyseras på kvicksilver och selen torkas endast vid rumstemperatur. Efter homogeniseringsmalning går proverna till analys.

Alla prover analyseras med röntgenfluorescens (XRF) på ett 30-tal element. För vart femte prov bestäms dessutom halterna av kadmium, kvicksilver och selen med atomabsorption (AA). I tabell 1 nedan anges analyserade ämnen och lägsta detekterbara halt.

En omfattande kvalitetskontroll är nödvändig vid hantering av stora mängder av analysresultat. I det fortlöpande analysarbetet finns kontrollprover inlagda, för att resultaten skall bli helt jämförbara.

Tabell 1. Analyserade huvudämnen och spårelement samt lägsta detekterbara halt.

XRF -	Al ₂ O ₃	0.05	%	As	10 ppm	Rb	10 ppm
	BaO	0.005	%	Cl	50 ppm	S	50 ppm
	CaO	0.01	%	Co	5 ppm	Sr	10 ppm
	Fe ₂ O ₃	0.01	%	Cr	5 ppm	U	5 ppm
	K ₂ O	0.01	%	Cu	5 ppm	V	10 ppm
	MgO	0.02	%	Mo	5 ppm	W	5 ppm
	MnO	0.005	%	Nb	10 ppm	Y	10 ppm
	Na ₂ O	0.03	%	Ni	5 ppm	Zn	5 ppm
	P ₂ O ₅	0.005	%	Pb	10 ppm	Zr	20 ppm
	SiO ₂	0.05	%				
	TiO ₂	0.005	%				
	AA -	Cd	0.2	ppm	Hg	0.025 ppm	Se

DATABEARBETNING OCH KARTFRAMSTÄLLNING

Sedan analyser, organiska halter och lägeskoordinater för proverna lagrats i databanker vidtar en omfattande databehandling. Varje prov ger en ansevärd mängd information, bl.a. analysresultat av 32 olika ämnen, som skall genomgå statistiska och matematiska beräkningar.

Som tidigare nämnts, har utfällningar som järn- och manganhydroxider samt den organiska halten en direkt inverkan på halten av olika tungmetaller i proverna. För att få analysresultaten (råvärdena) jämförbara, korrigeras de för ovan nämnda naturliga anrikningsfaktorer med hjälp av multipel stegvis regression.

Rutinmässigt framställs haltkartor av cirkelmodell i skala 1:250 000 och färgkartor i skala 1:1 miljon för 14 element.

Cirkelkartorna visar provpunkternas geografiska läge med angiven halt intill i ppm. På dessa kartor har de 40% högsta analysvärdena enligt percentilberäkning markerats med cirkelsymbol i ökande storlek ju högre elementhalt som uppmätts.

De färgkartor i skala 1:1 miljon som redovisas i rapporten ger en övergripande bild av områden med såväl höga som låga värden. Vid framställningen av färgkartorna används ett UNIRAS-relaterat dataprogram, som räknar om de geografiskt oregelbundet placerade provpunkternas analysvärden till ett regelbundet punktnät med interpolerade värden. Färgklassernas indelning är även här gjord med percentilberäkning, men den har utförts på punktnätets interpolerade värden.

Haltfördelningarna på kartorna är baserade på ett analysunderlag från drygt 17 000 prover och omfattar i stort alla tidigare karterade områden. I tabell 2 nedan, anges percentilvärden för analyserna från årets utgivning och från den hela karterade arealen t.o.m. 1987 benämnd "Riket".

Inom den redovisade kartan har 2514 prover tagits vilket ger en provtäthet på 1 prov per 7 km². Vart femte prov har analyserats på elementen kadmium, kvicksilver och selen.

Tabell 2. Percentiler i ppm för respektive område och element. Området RIKET är den karterade arealen t.o.m. 1987 inom kartbladen 1-7, A-H och 14-22, F-H.

Elem- ent	Område	Antal analyser	Percentiler										
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	95	99
As	5-7, I-K	435	28	33	37	41	45	49	55	61	78	91	198
	8-10, E-G	2211	14	21	27	33	41	49	59	73	103	139	261
	RIKET	17487	<10	11	16	20	25	31	40	58	113	213	703
Cd		92	<0.20	0.60	1.1	1.9	2.2	2.7	3.5	4.0	7.7	10	26
		420	<0.20	<0.20	0.57	1.2	2.0	2.8	4.0	6.0	17	24	63
		2893	0.71	1.6	2.1	2.5	2.9	3.3	4.1	5.6	8.9	17	53
Co		435	22	27	32	35	38	41	43	47	52	56	67
		2211	28	45	52	60	70	85	108	153	269	378	687
		17487	24	40	49	54	59	65	77	99	156	258	512
Cu		435	16	27	37	45	52	61	79	94	128	167	316
		2211	28	39	48	57	66	77	89	105	138	183	325
		17487	29	35	40	44	48	54	62	77	102	132	252
Cr		435	18	22	25	28	31	34	36	41	48	55	67
		2211	24	30	33	37	41	45	49	56	66	75	103
		17487	23	29	33	38	42	47	53	60	72	88	128
Hg		92	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	0.030	0.042	0.052	0.077
		420	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	0.032	0.040	0.048	0.060	0.087	0.104	0.157
		2897	0.036	0.048	0.058	0.066	0.073	0.083	0.094	0.111	0.131	0.154	0.209
Mo		435	<5	<5	<5	<5	5	7	9	12	18	24	43
		2211	5	7	8	10	12	15	19	25	40	58	123
		17487	<5	<5	5	6	8	10	13	17	29	43	87
Ni		435	8	12	16	19	23	27	31	36	51	72	95
		2211	14	20	25	30	36	43	53	71	120	203	527
		17487	16	21	25	29	33	39	47	59	84	118	256
Pb		435	25	36	43	51	57	68	78	91	109	158	272
		2211	<10	20	31	42	52	66	91	144	256	381	814
		17487	30	46	57	67	77	90	106	141	219	325	699
Se		92	0.18	0.22	0.26	0.30	0.37	0.42	0.51	0.60	0.79	1.01	1.39
		420	0.19	0.23	0.26	0.29	0.32	0.35	0.38	0.45	0.57	0.72	1.68
		2895	0.21	0.28	0.34	0.39	0.46	0.54	0.64	0.78	1.08	1.47	3.25
U		435	<5	5	8	10	13	17	20	24	34	47	114
		2211	<5	<5	7	12	19	26	37	54	88	131	251
		17487	<5	<5	<5	6	8	11	14	22	38	62	154
V		435	53	64	70	75	81	86	92	102	120	144	187
		2211	59	75	86	98	110	122	137	158	197	242	350
		17487	67	80	90	99	108	118	131	148	185	242	413
W		435	<5	5	6	7	8	8	9	11	11	13	16
		2211	<5	<5	<5	5	7	9	11	14	18	23	44
		17487	<5	<5	<5	5	6	7	9	11	15	19	34
Zn		435	137	200	247	296	355	427	510	635	865	1124	2045
		2211	28	126	198	249	305	376	479	655	1037	1553	4449
		17487	112	179	221	251	280	322	398	528	819	1254	3259

BIOGEOKEMISKA KARTPRODUKTER

De biogeochemiska färgkartorna i denna rapport i skala 1:1 miljon omfattar 14 spårelement (sid. 14-41). De geokemiska mönstren visas för elementen arsenik, bly, kadmium, kobolt, koppar, krom, kvicksilver, molybden, nickel, selen, uran, vanadin, volfram och zink.

Parallellt framställs också kartor av cirkelmodell (sid. 9) i skala 1:250 000 för ovanstående element. Dessa kartor, som visar provpunkternas geografiska läge och analysvärde, utges med ett element per karta. Kostnaden är 40 kronor per karta och element och kan beställas hos Geokemiska enheten, SGU, Box 670, 751 28 Uppsala eller per telefon 018-179 000.

Ovanstående kartskalor är standard vid publicering. Vid behov ombesörjs även kartframställning i andra skalor, för andra element eller elementkombinationer (t.ex. kvoter) till självkostnadspris.

ANVÄNDNINGEN AV DE BIOGEOKEMISKA KARTORNA

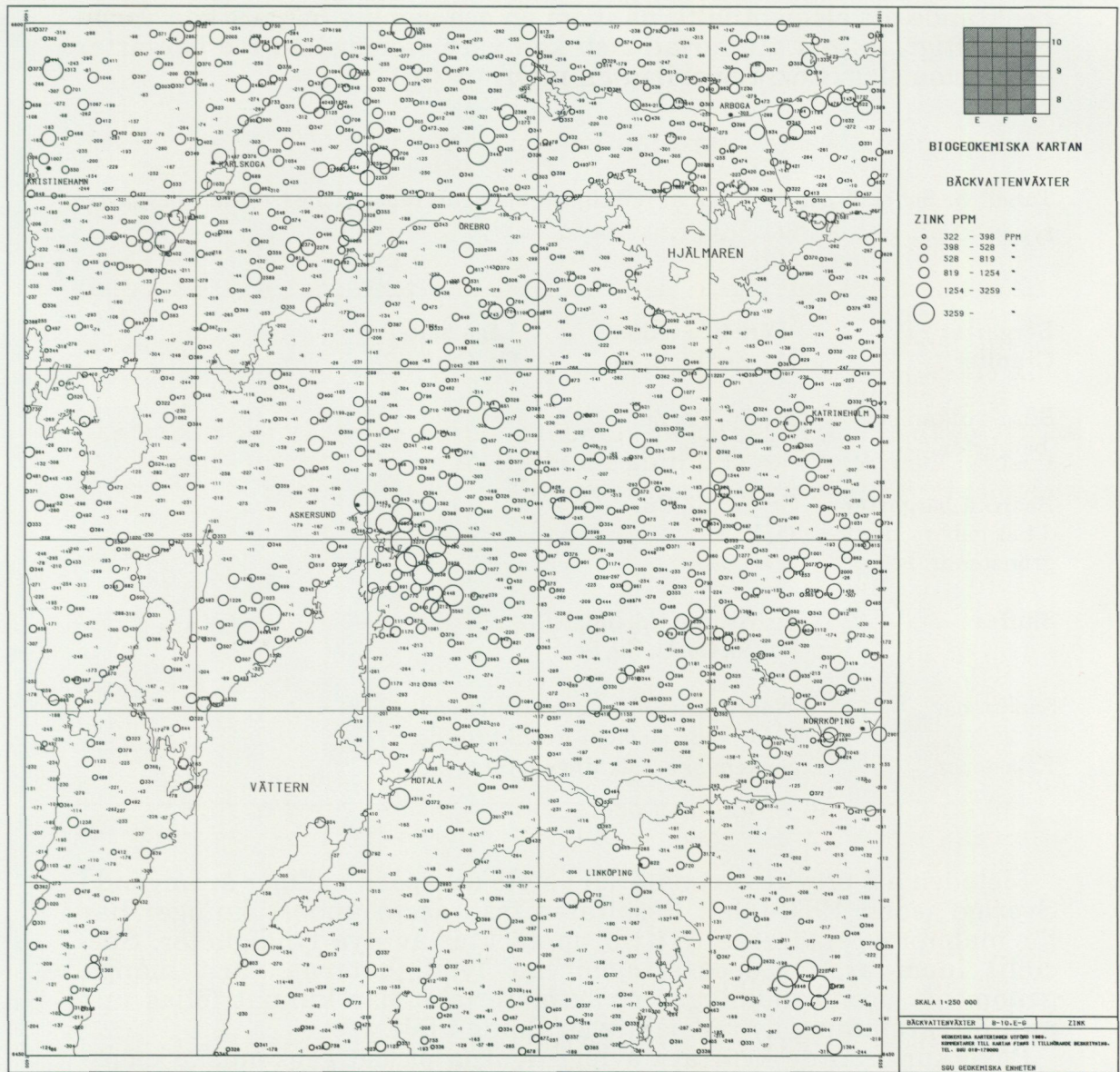
Tungmetallhalterna i våra marker och vattendrag beror dels på hur mineralsammansättningen i jordlagren och berggrunden ser ut, dels på hur ett område är exponerat för miljöförstörning som t.ex. tungmetallutsläpp och försurning. Dessa parametrars samverkan påverkar de olika ämnenas förekomst och spridning vilket återges i de biogeochemiska kartorna. Kartorna kan därför utgöra basinformation för ett flertal användare med vitt skilda intressen och inriktning.

Den sedan 1 juli 1987 gällande plan- och bygglagen (PBL) samt naturresurslagen (NRL) ställer stora krav på kommunernas långtidsplanering. För att kunna fullgöra sina åligganden på ett tillfredsställande sätt måste kommunerna i sin tur tillhandahålla aktuell basinformation om miljön och våra naturresurser. Det är i sammanhanget viktigt att ha de geologiska och geokemiska förhållandena klargjorda i kommande miljövårdsdiskussioner. De biogeochemiska kartorna och undersökningarna ger information om dessa förhållanden.

Denna rapport ger endast en övergripande förklaring till de olika ämnenas spridningsmönster. För en detaljerad tolkning erfordras oftast uppföljningsarbeten med en förtätad provtagning vars resultat tolkas tillsammans med god lokal kännedom om de olika påverkande faktorerna.

Den svenska berggrunden uppvisar stora naturliga variationer i mineralsammansättning. Det medför att tungmetallförekomsterna inom en region ibland kan vara så stora att de tolkas som föroreningar. I det omvända fallet då höga tungmetallhalter inom ett område inte kan förklaras av metallinnehållet i berggrunden eller i jordlagren kan man på goda grunder anta att de är orsakade av mänsklig aktivitet.

Erfarenheter från tidigare undersökningar har visat att bäckvattenväxternas metallinnehåll till stor del reflekterar den omgivande berggrundskemin. Metallanalyser från de olika bergarterna inom området finns blott sparsamt. Däremot visas i tabell 3 de generella elementassociationer man kan förvänta sig i olika bergarter. Man måste ta i



Biogeochemisk haltkarta av cirkelmodell för elementet zink. Kartan är förminskad 4 ggr till 1:1 miljon.

beaktande att elementhalterna inom en och samma bergart kan variera kraftigt, liksom att variationen kan vara stor mellan två bergarter av samma slag, t.ex. två skilda graniter.

Tabell 3. Schematisk översikt av viktigare elementassociationer i olika bergartstyper.

Bergarter	Förhöjda halter	Låga halter
Graniter	Mo, Sn, W, K, Pb	Co, Cr, Ni
Sura vulkaniska bergarter	As, Cu, Pb, Zn, Cd, Ag, Hg, Se	
Basiska bergarter (t ex gabbro, diorit, grönstenar)	Cr, Co, Ni, Cu, Ti, V	
Skiffrar	Ag, As, Au, Cd, Mo, Ni, Pb, Zn, Co, U, Cu, Se	
Sandstenar	Några generella associationer vad gäller redovisade element av vikt för den geokemiska tolkningen finns ej.	
Kalkstenar		

Metoden att provta växtmaterial i syfte att spåra malmer är använd i Sverige sedan 1960-talet. Resultaten från dessa undersökningar har för malmprospektörerna lett till upptäckter av nya fyndigheter. Speciellt inom uranprospekteringen har fyndigheterna varit många genom att uranförlöjningar i växtmaterialet har kunnat följas upp med direktmätning av radioaktiv strålning i fält.

Påverkan från de kvartära avlagringarna på det geokemiska mönstret är störst när långtransporterade moräner innehåller bergartsmineral med väsentligt högre halter av något element än vad man har i den omgivande berggrunden. Källan till en elementförhöjning får i sådana fall sökas mot isrörelseriktningen. Inom Norrlands inland förekommer förhöjningar av bl.a. Pb, Mo och Ni orsakade av motsvarande förhöjda halter i långtransporterad morän innehållande material av sandstenar, skiffrar och grönstenar från fjällkedjan.

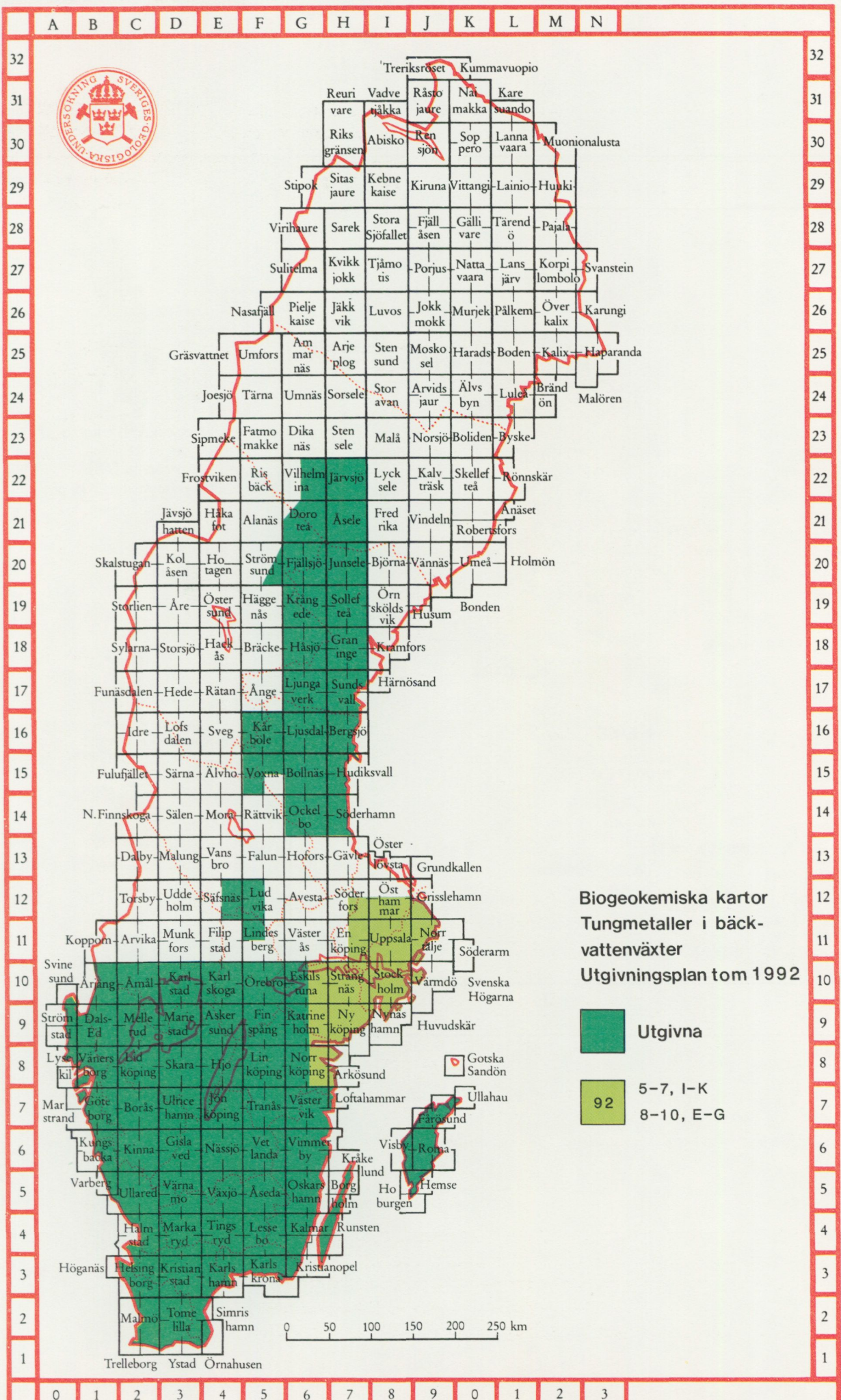
Inom områden med lerjordar erhålls förhöjda elementhalter då lerpartiklar är kollektorer för många element. Lerjordar är ofta uppodlade och där påverkas elementmönstret genom förekomsten av spårelement i gödnings- och bekämpningsmedel. Stora mängder tungmetaller har under senare tid spridits vid gödning med rötslam från reningsverk, samt vid kalkning med förorenat kalk innehållande bl a höga halter av vanadin.

Andra mänskliga aktiviteter som orsakar förhöjda tungmetallhalter är huvudsakligen utsläpp i mark, vatten och luft. En del av de industriella utsläppen i vatten återspeglas vanligtvis inte på de biogeokemis-



ka kartorna, eftersom dessa utsläpp ofta sker i större vattendrag. Uppgifter om utsläpp och deras källor finns många gånger att tillgå hos miljö- och naturvårdsenheterna i länen och kommunerna.

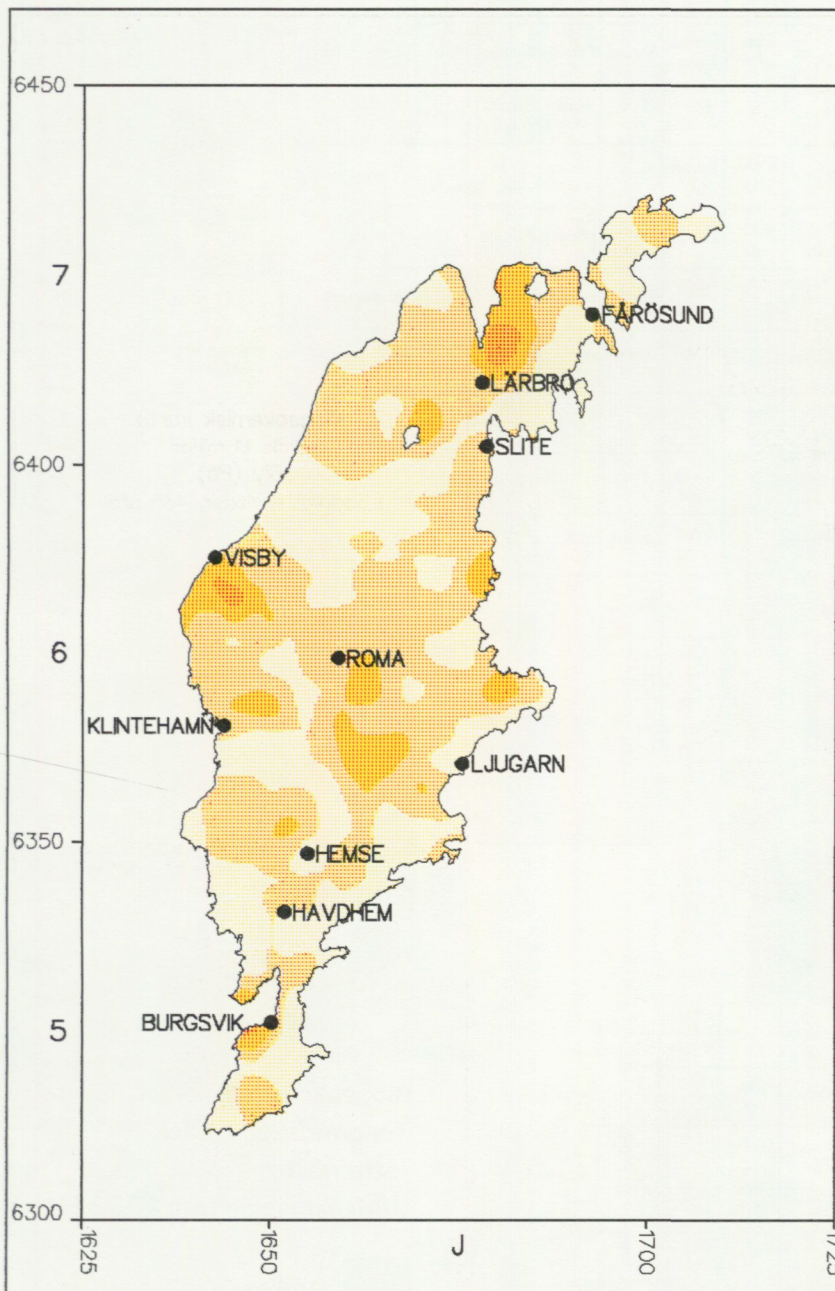
Andra faktorer att ta hänsyn till vid tolkningen är förhållanden som berör topografi, grundvatten och dränering. För vissa län finns översiktliga hydrogeologiska kartor över grundvattenförhållandena.

Många ämnen som är giftiga i alltför höga doser är samtidigt livsnödvändiga i små mängder för både människor och djur. De biogeokemiska kartorna ger inte bara information om var det finns mycket av ett ämne, utan även vilka områden som är bristområden för ämnet i fråga. En överexponering eller en brist av ett ämne kan i vissa fall ge en ökad frekvens av vissa sjukdomar inom en region. Denna s.k. geomedicinska koppling innebär att man med kännedom om en regions geokemiska förhållanden kan se samband mellan dessa och människors och djurs hälsotillstånd. Koppar och selen behövs för kroppens försvar mot s.k. fria radikaler som kan skada cellerna. Selenbrist kan ge upphov till hjärtbesvär, chocktillstånd m.m. Zinkbrist kan förorsaka hudförändringar och försämrat immunförsvar. Höga halter av kadmium kan ge t.ex. njurskador då kadmium lagras i njurarna.



Biogeokemiska kartor
Tungmetaller i bäck-
vattenväxter
Utgivningsplan tom 1992

-  Utgivna
 -  92
- 5-7, I-K
8-10, E-G

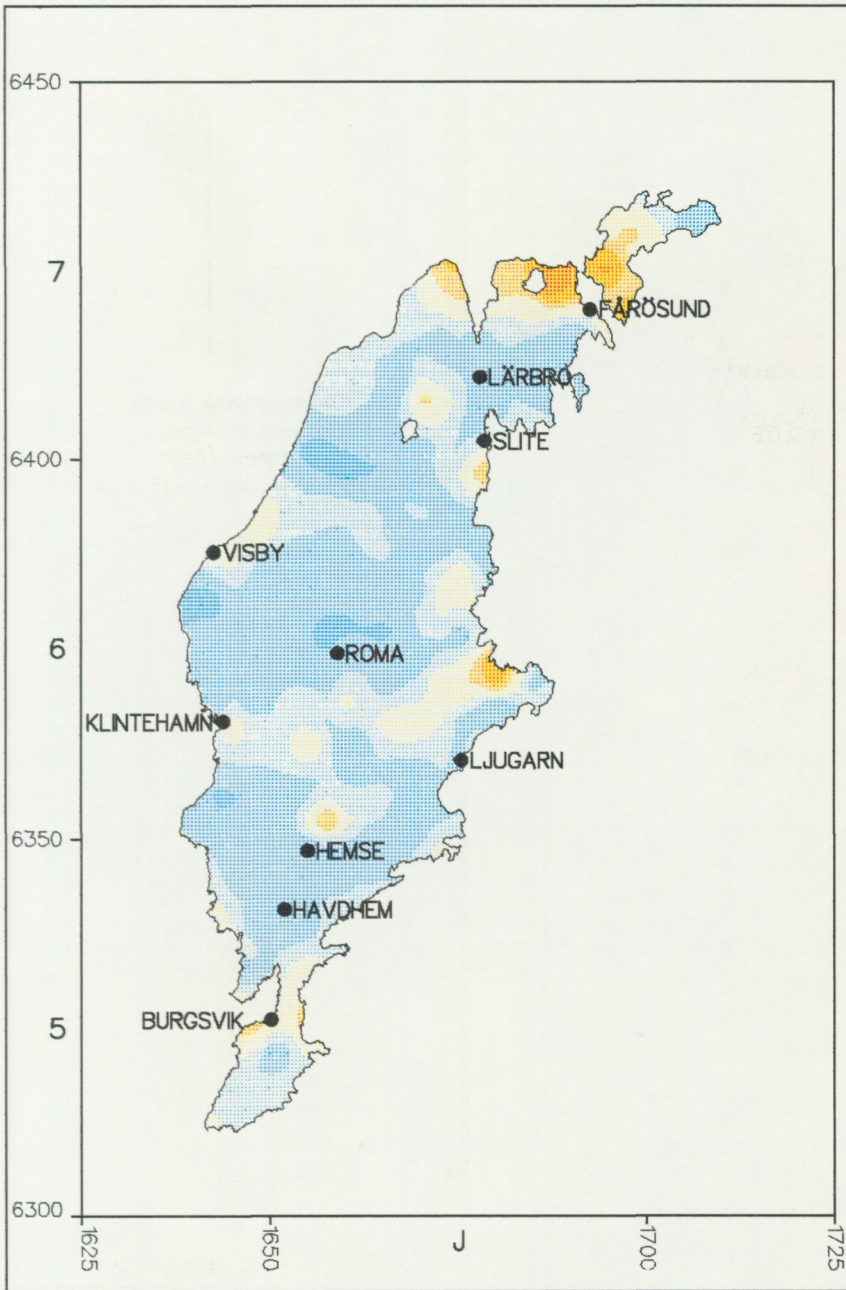


Biogeokemisk karta
 skala 1:1 miljon
Arsenik (As)
 i bäckvattenväxter, 435 prov

Kartans färger motsvarar halter i ppm.
 Halternas klassindelning (enligt perc-
 entiler) gäller för hela landet.

perc.	ppm
95	205
90	122
80	68
70	46
50	27
30	16
10	4

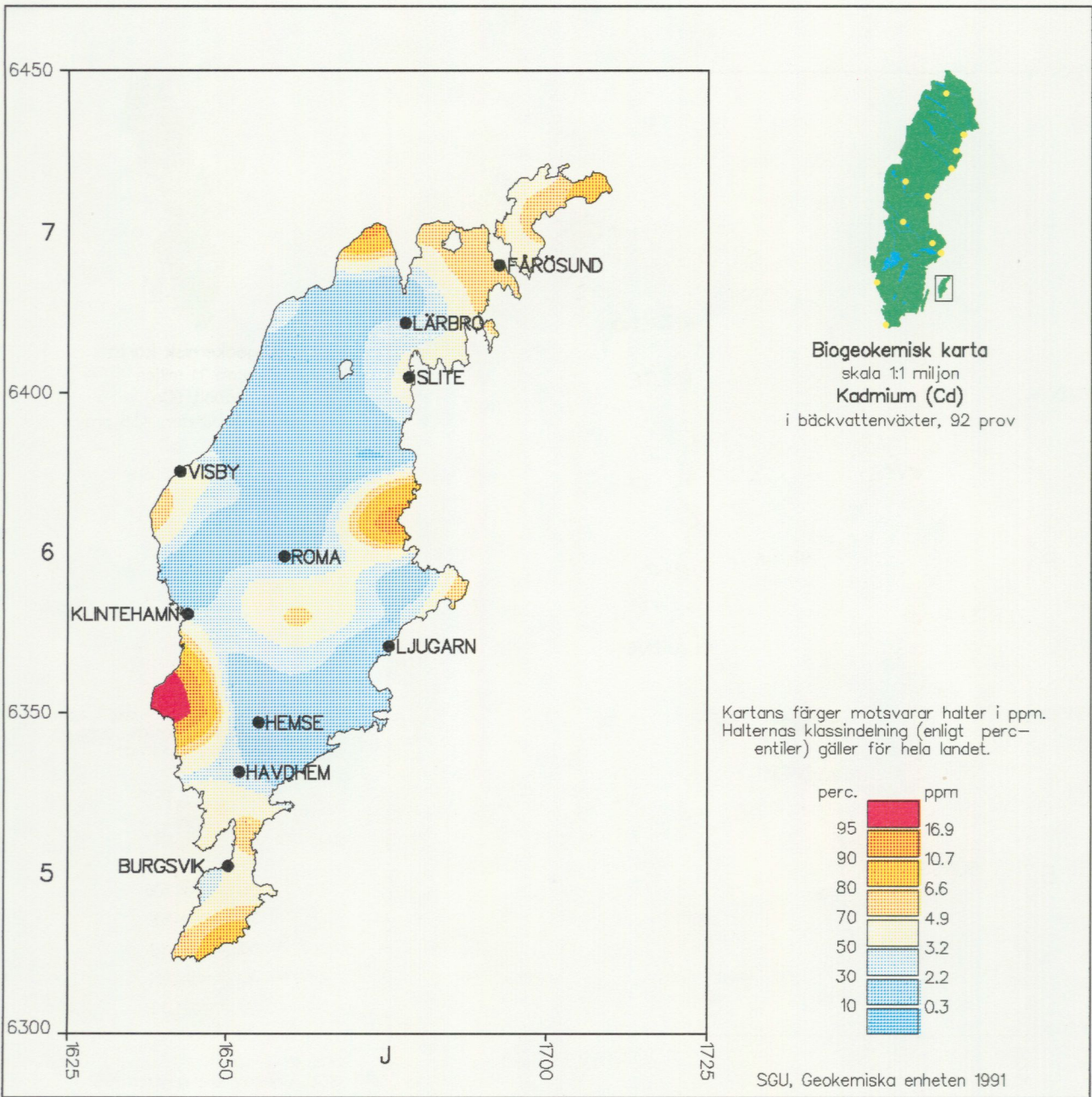
SGU, Geokemiska enheten 1991

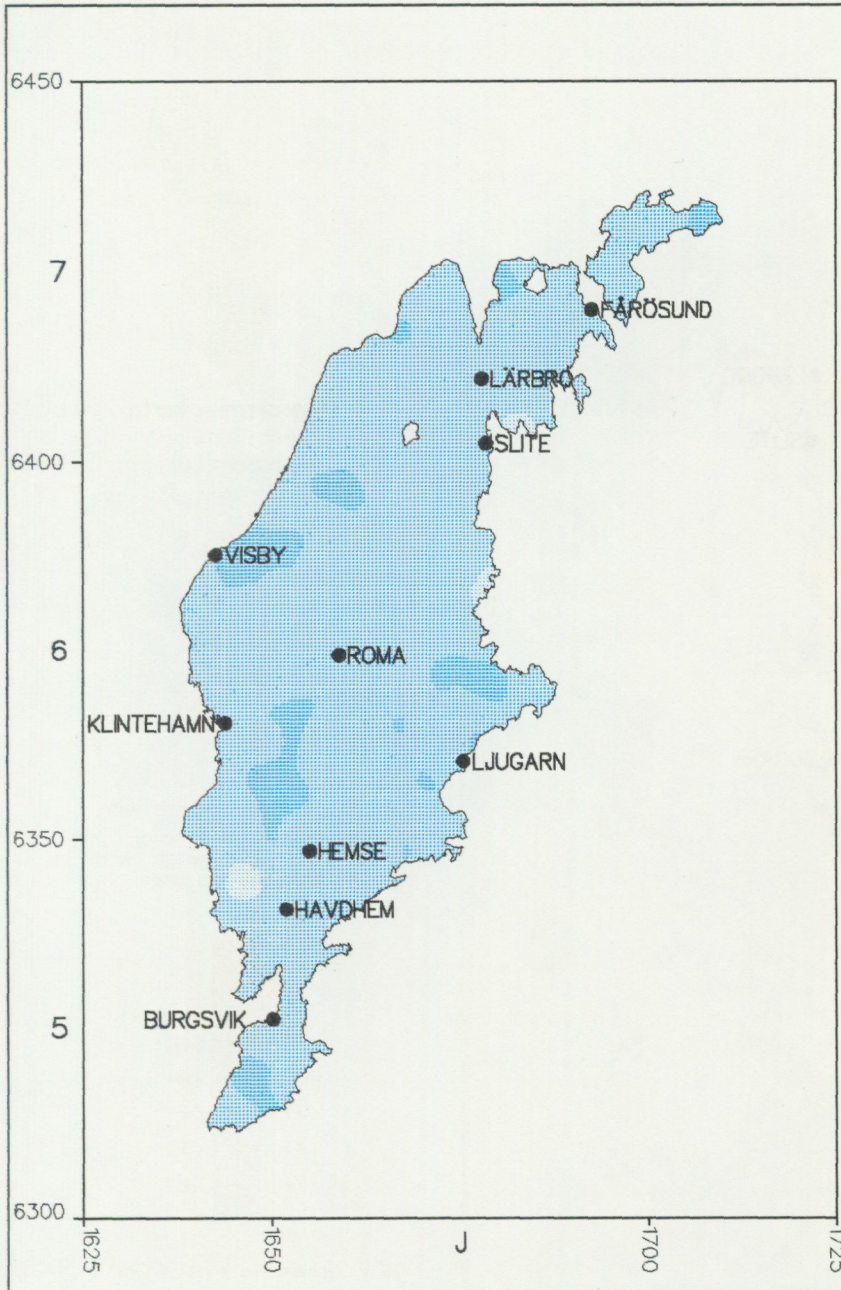


Biogeokemisk karta
 skala 1:1 miljon
Bly (Pb)
 i bäckvattenväxter, 435 prov

Kartans färger motsvarar halter i ppm.
 Halternas klassindelning (enligt perc-
 entiler) gäller för hela landet.

perc.	ppm
95	333
90	242
80	170
70	132
50	90
30	65
10	32

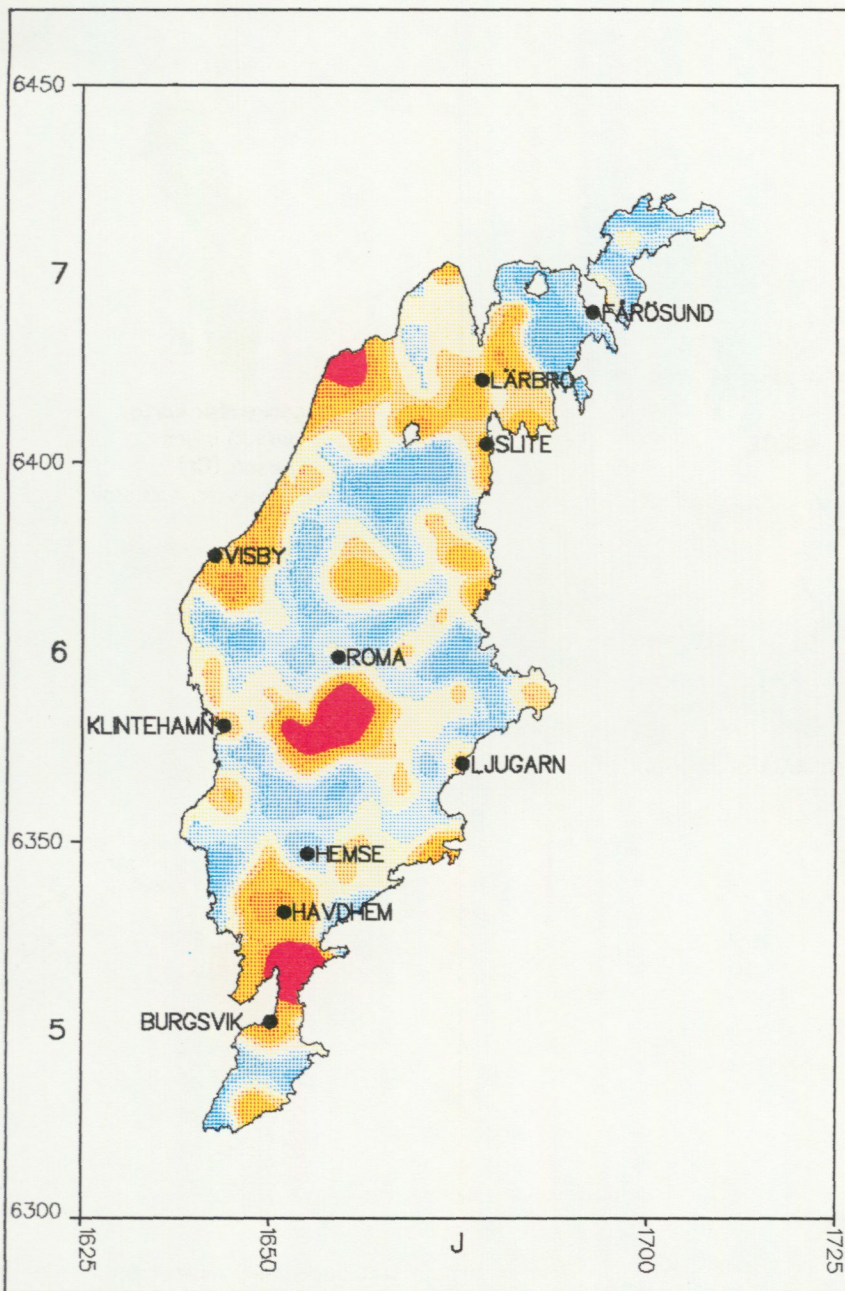




Biogeokemisk karta
 skala 1:1 miljon
Kobolt (Co)
 i bäckvattenväxter, 435 prov

Kartans färger motsvarar halter i ppm.
 Halternas klassindelning (enligt percentiler) gäller för hela landet.

perc.	ppm
95	175
90	138
80	106
70	88
50	69
30	53
10	27

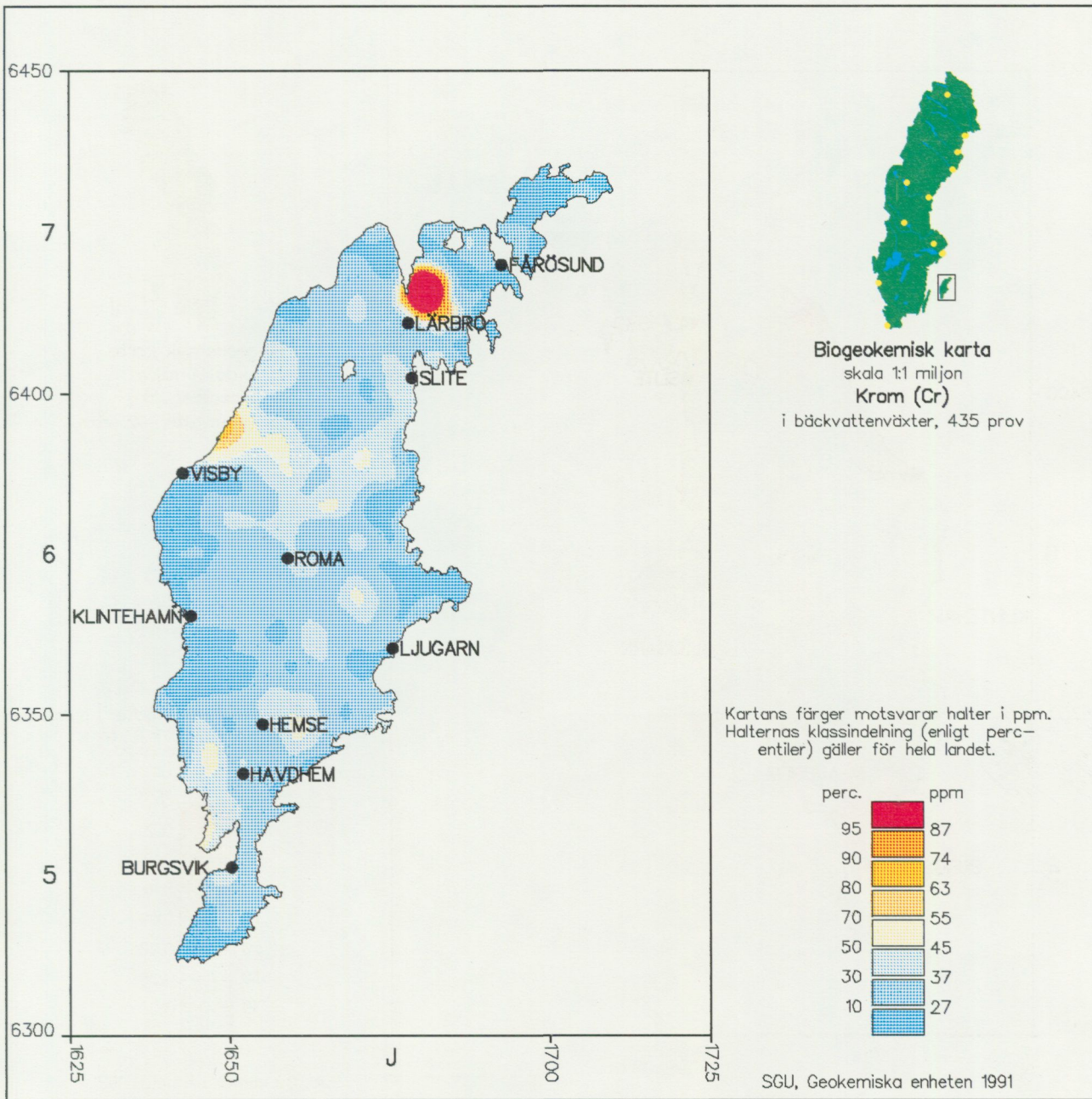


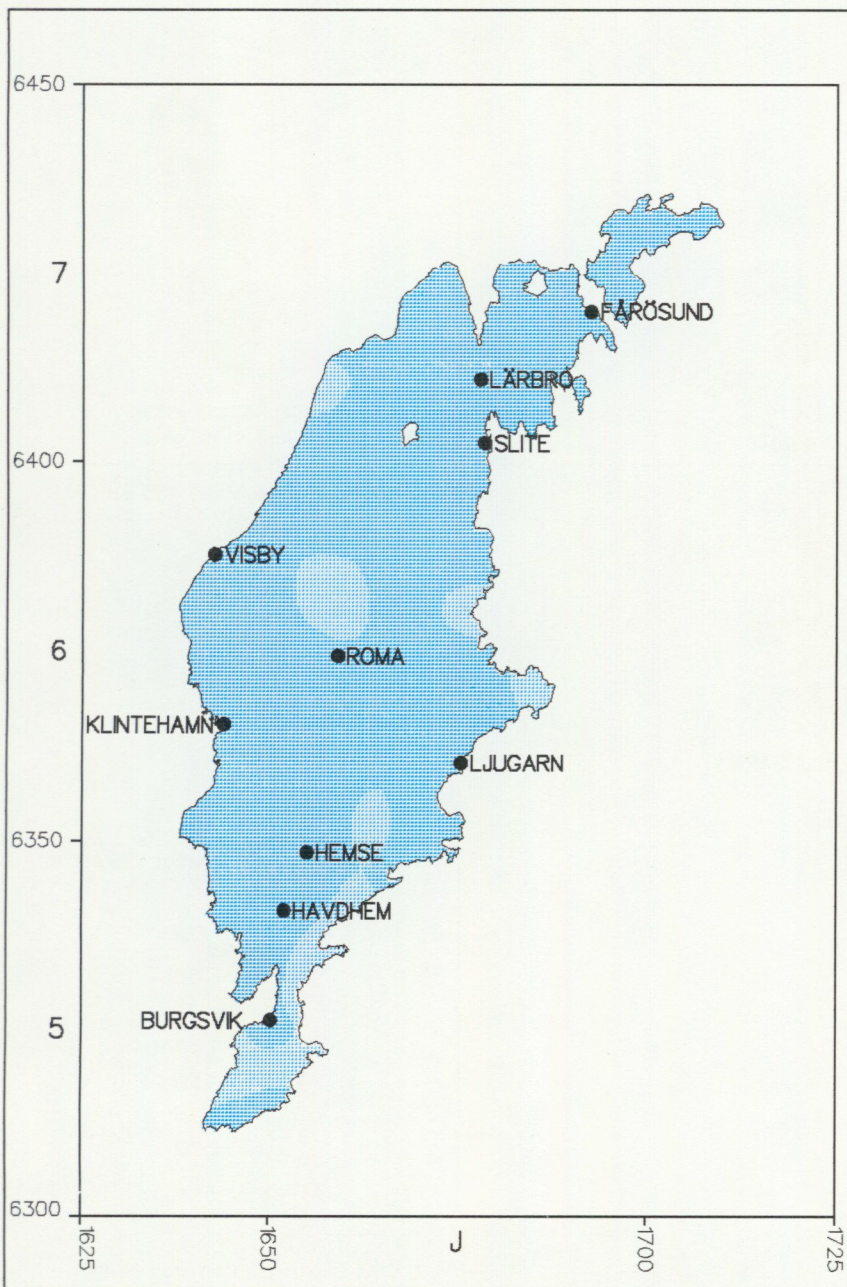
Biogeokemisk karta
 skala 1:1 miljon
 Koppar (Cu)
 i bäckvattenväxter, 435 prov

Kartans färger motsvarar halter i ppm.
 Haltens klassindelning (enligt perc-
 entiler) gäller för hela landet.

perc.	ppm
95	142
90	111
80	84
70	71
50	56
30	46
10	34

SGU, Geokemiska enheten 1991

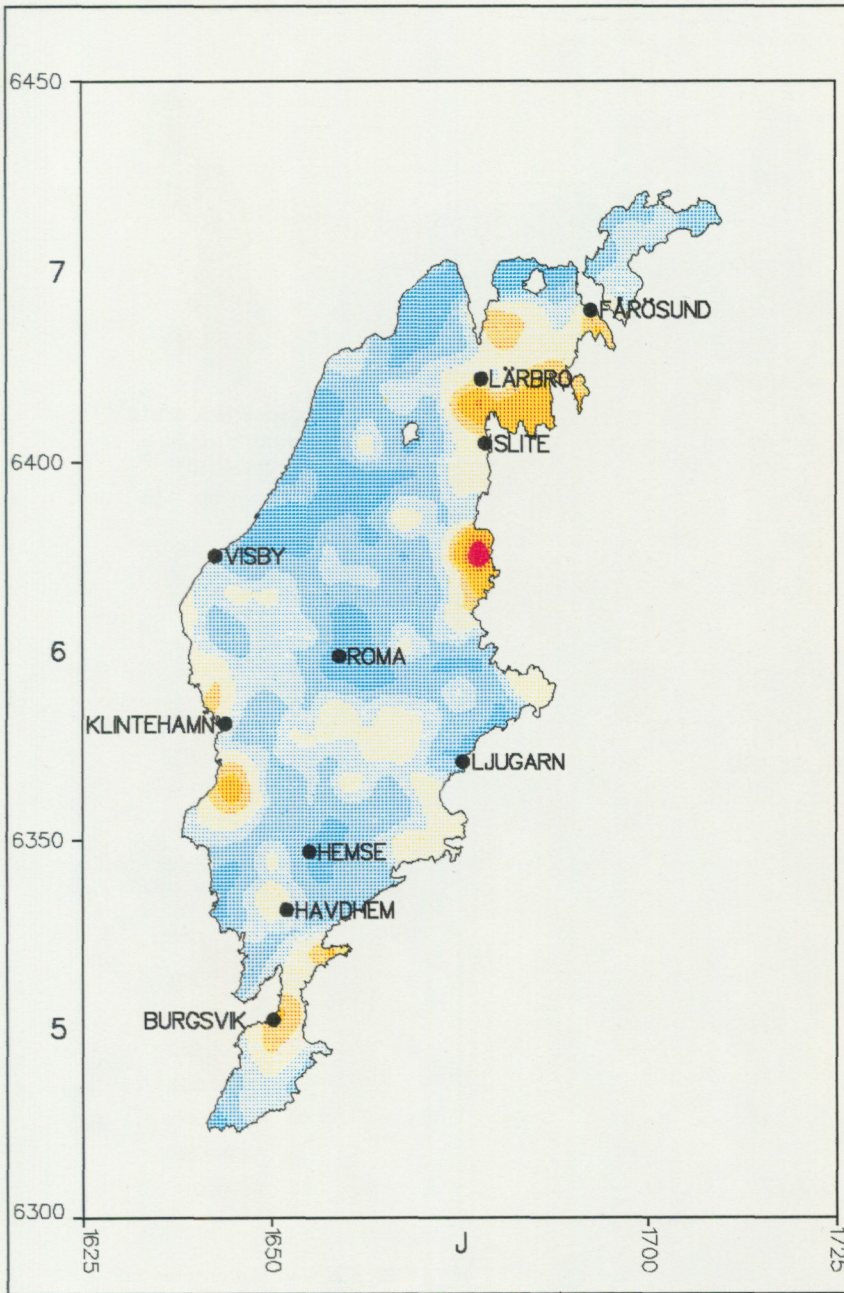




Biogeokemisk karta
 skala 1:1 miljon
Kvicksilver (Hg)
 i bäckvattenväxter, 92 prov

Kartans färger motsvarar halter i ppm.
 Halternas klassindelning (enligt perc-
 entiler) gäller för hela landet.

perc.	ppm
95	0.13
90	0.12
80	0.10
70	0.09
50	0.08
30	0.06
10	0.03

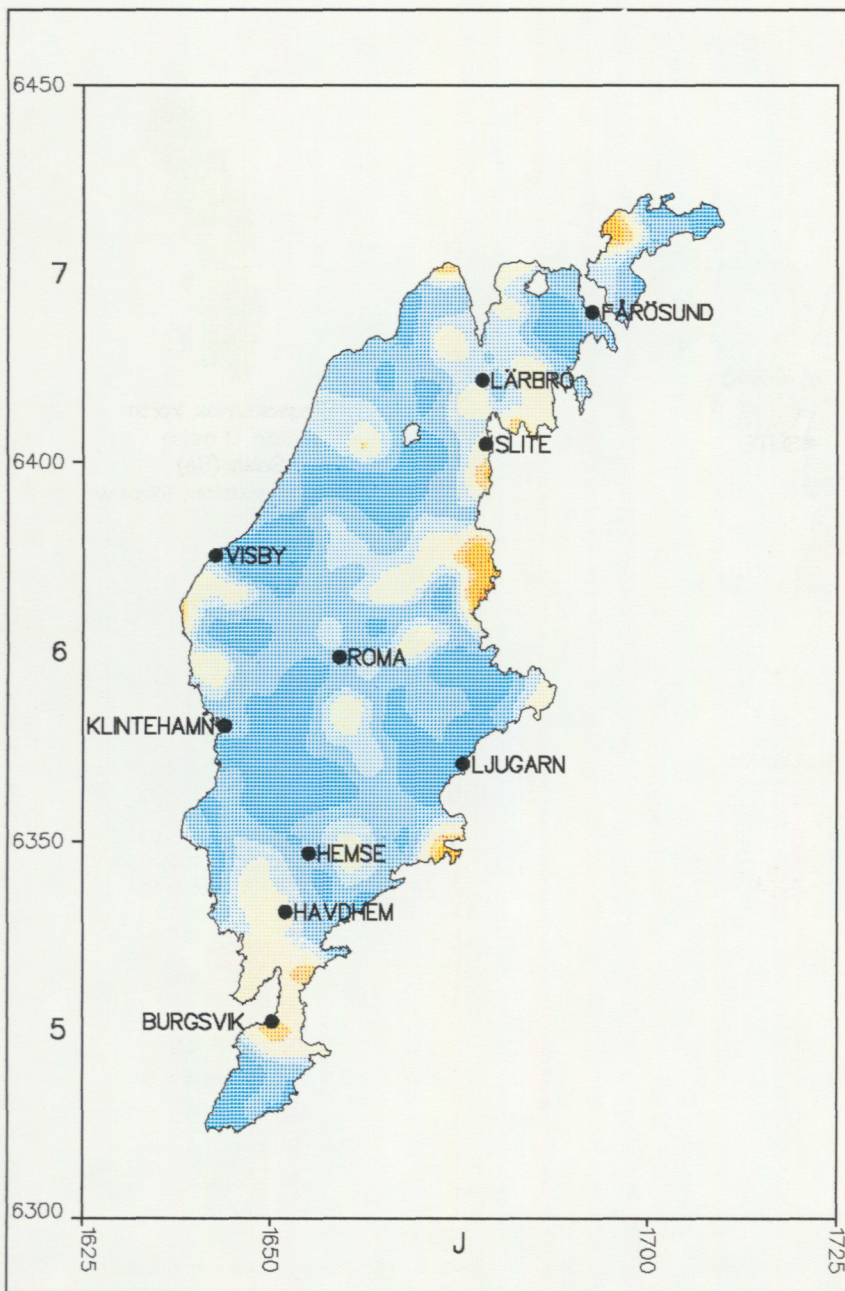


Biogeokemisk karta
skala 1:1 miljon
Molybden (Mo)
i bäckvattenväxter, 435 prov

Kartans färger motsvarar halter i ppm.
Halternas klassindelning (enligt perc-
entiler) gäller för hela landet.

perc.	ppm
95	46
90	34
80	22
70	16
50	10
30	7
10	4

SGU, Geokemiska enheten 1991

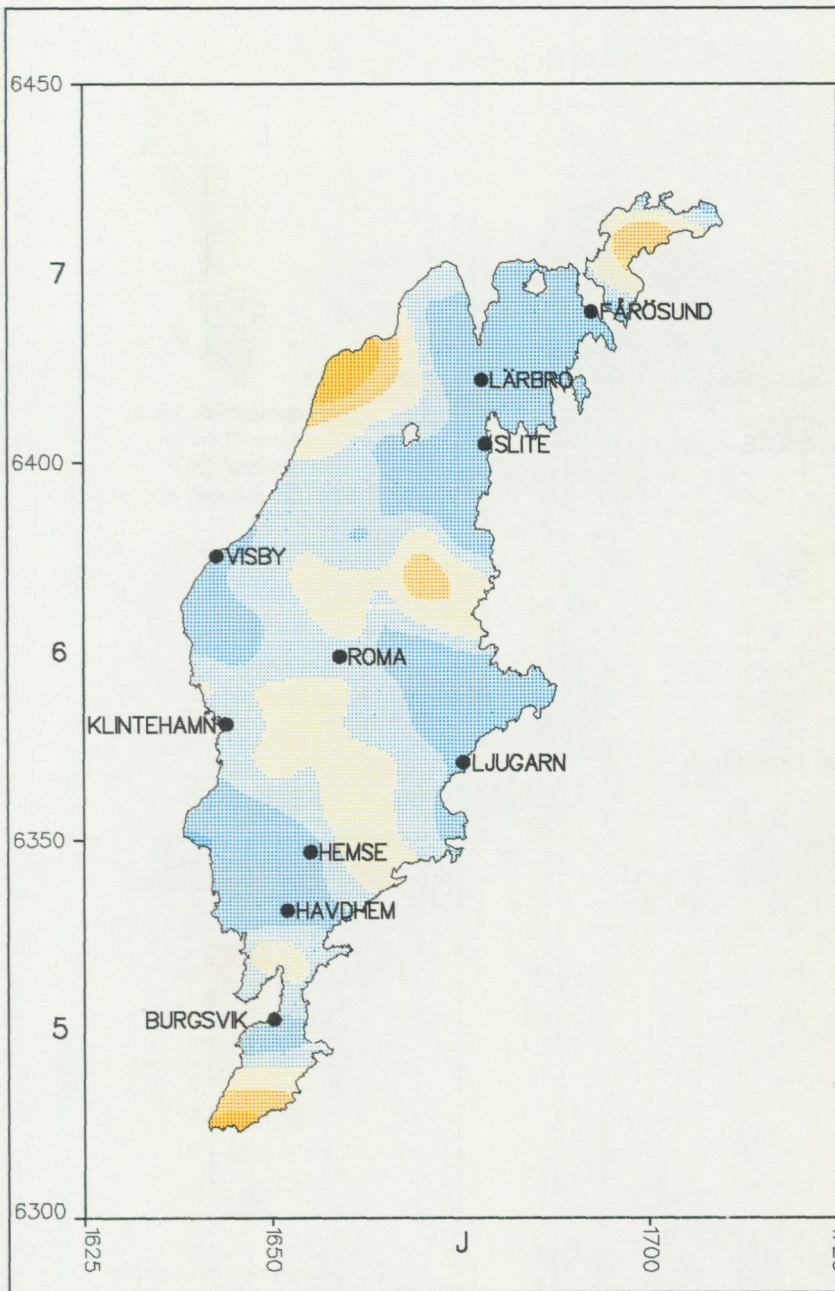


Biogeokemisk karta
 skala 1:1 miljon
Nickel (Ni)
 i bäckvattenväxter, 435 prov

Kartans färger motsvarar halter i ppm.
 Halternas klassindelning (enligt percentiler) gäller för hela landet.

perc.	ppm
95	118
90	88
80	63
70	51
50	37
30	29
10	20

SGU, Geokemiska enheten 1991

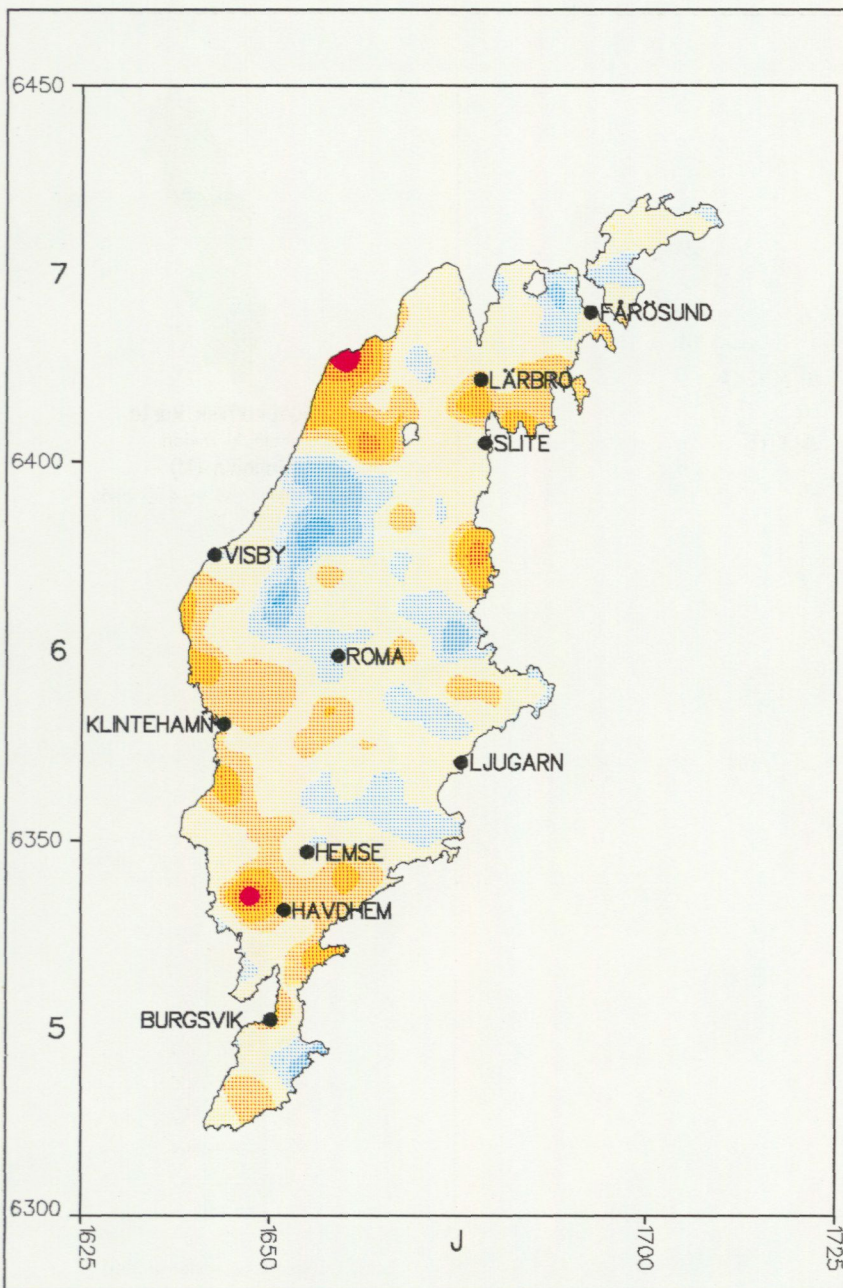


Biogeokemisk karta
 skala 1:1 miljon
Selen (Se)
 i bäckvattenväxter, 92 prov

Kartans färger motsvarar halter i ppm.
 Halternas klassindelning (enligt perc-
 entiler) gäller för hela landet.

perc.	ppm
95	2.0
90	1.3
80	0.9
70	0.7
50	0.5
30	0.4
10	0.2

SGU, Geokemiska enheten 1991

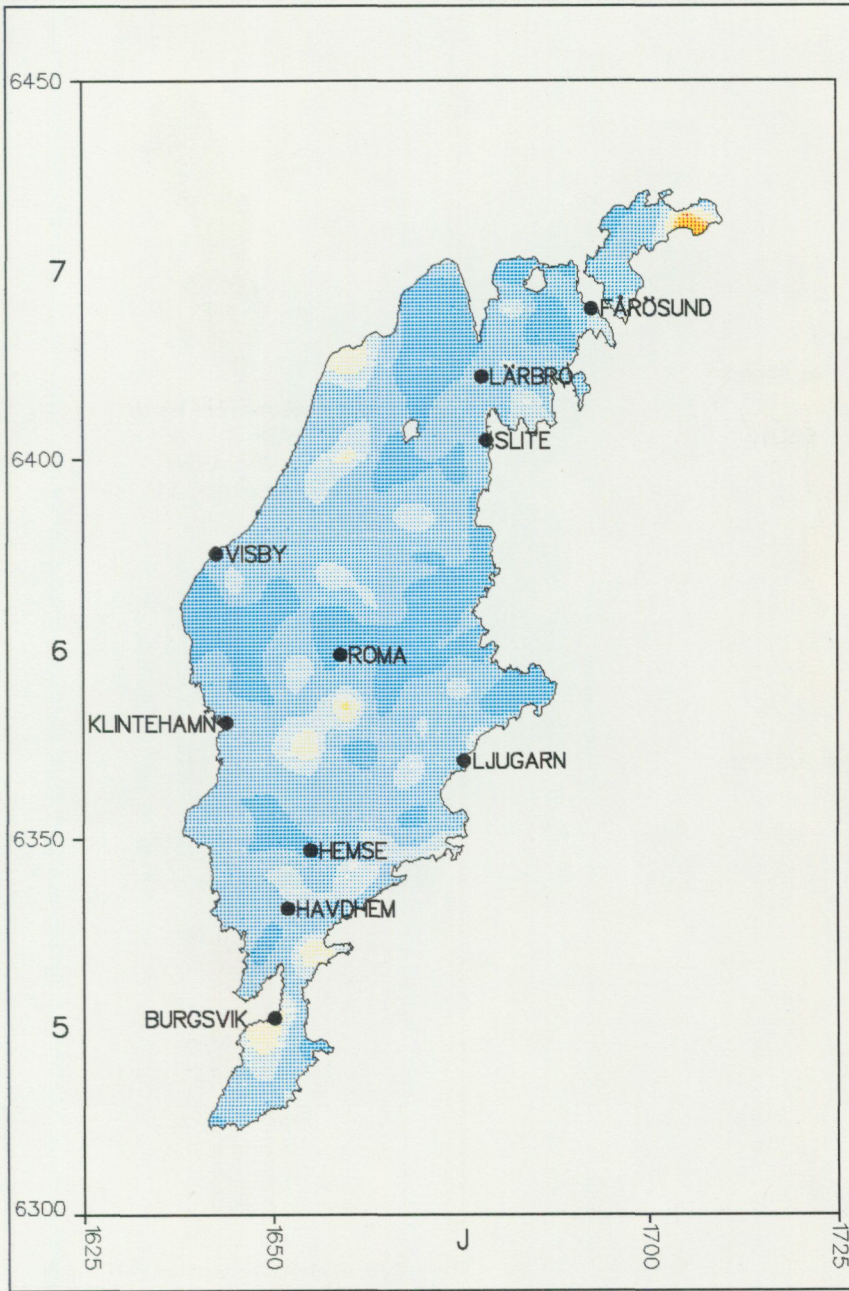


Biogeokemisk karta
 skala 1:1 miljon
 Uran (U)
 i bäckvattenväxter, 435 prov

Kartans färger motsvarar halter i ppm.
 Halternas klassindelning (enligt percentiler) gäller för hela landet.

perc.	ppm
95	71
90	47
80	29
70	20
50	10
30	5
10	1

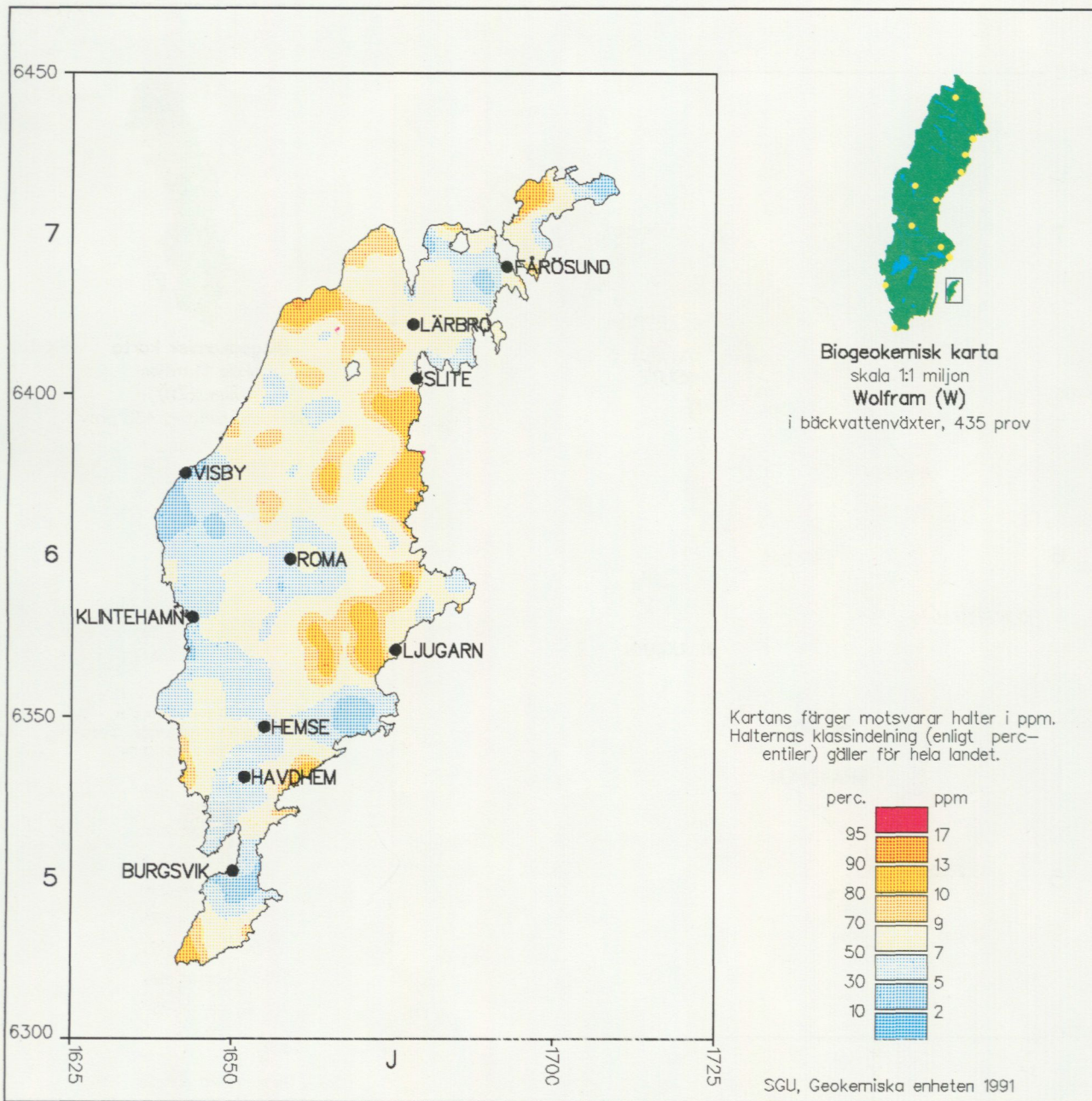
SGU, Geokemiska enheten 1991

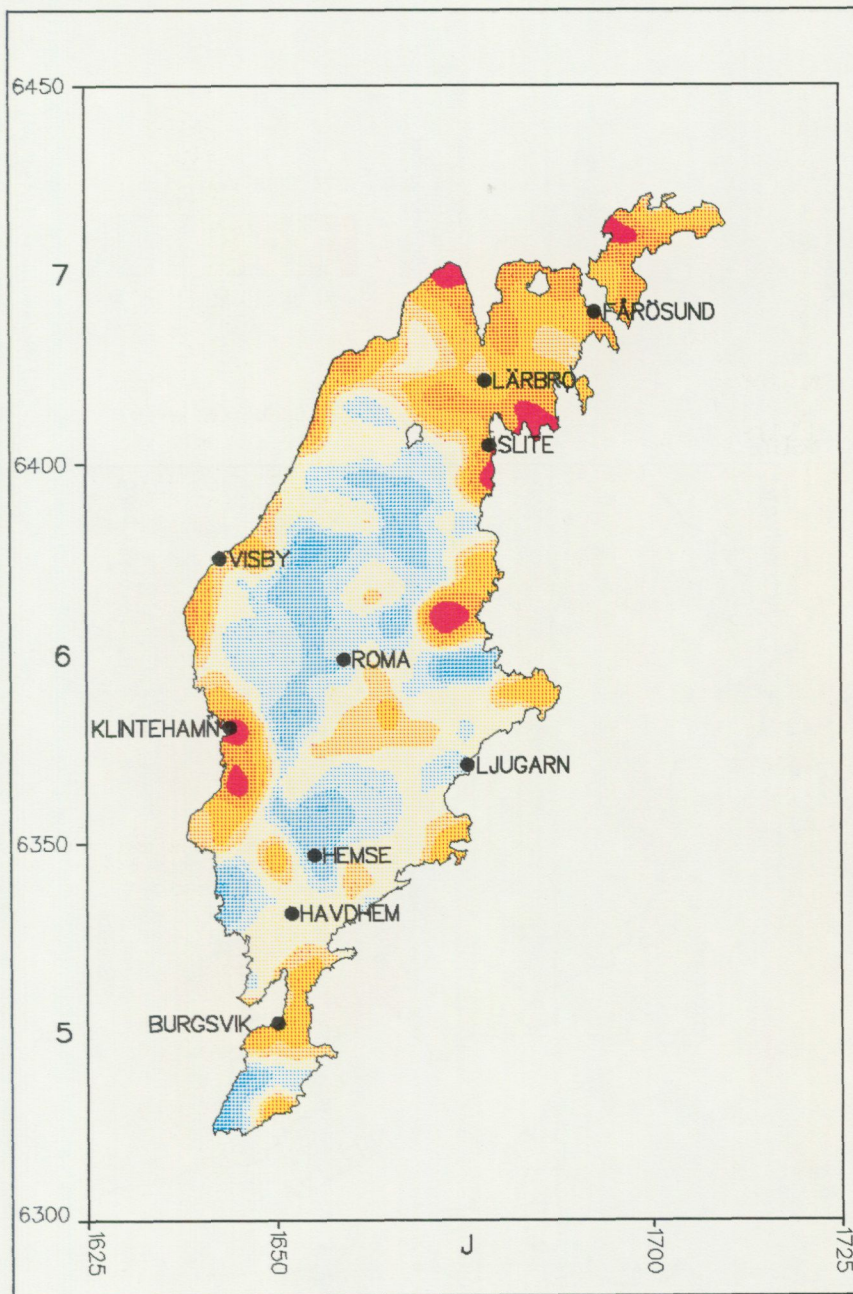


Biogeokemisk karta
 skala 1:1 miljon
Vanadin (V)
 i bäckvattenväxter, 435 prov

Kartans färger motsvarar halter i ppm.
 Halternas klassindelning (enligt perc-
 entiler) gäller för hela landet.

perc.	ppm
95	221
90	183
80	151
70	136
50	116
30	99
10	75



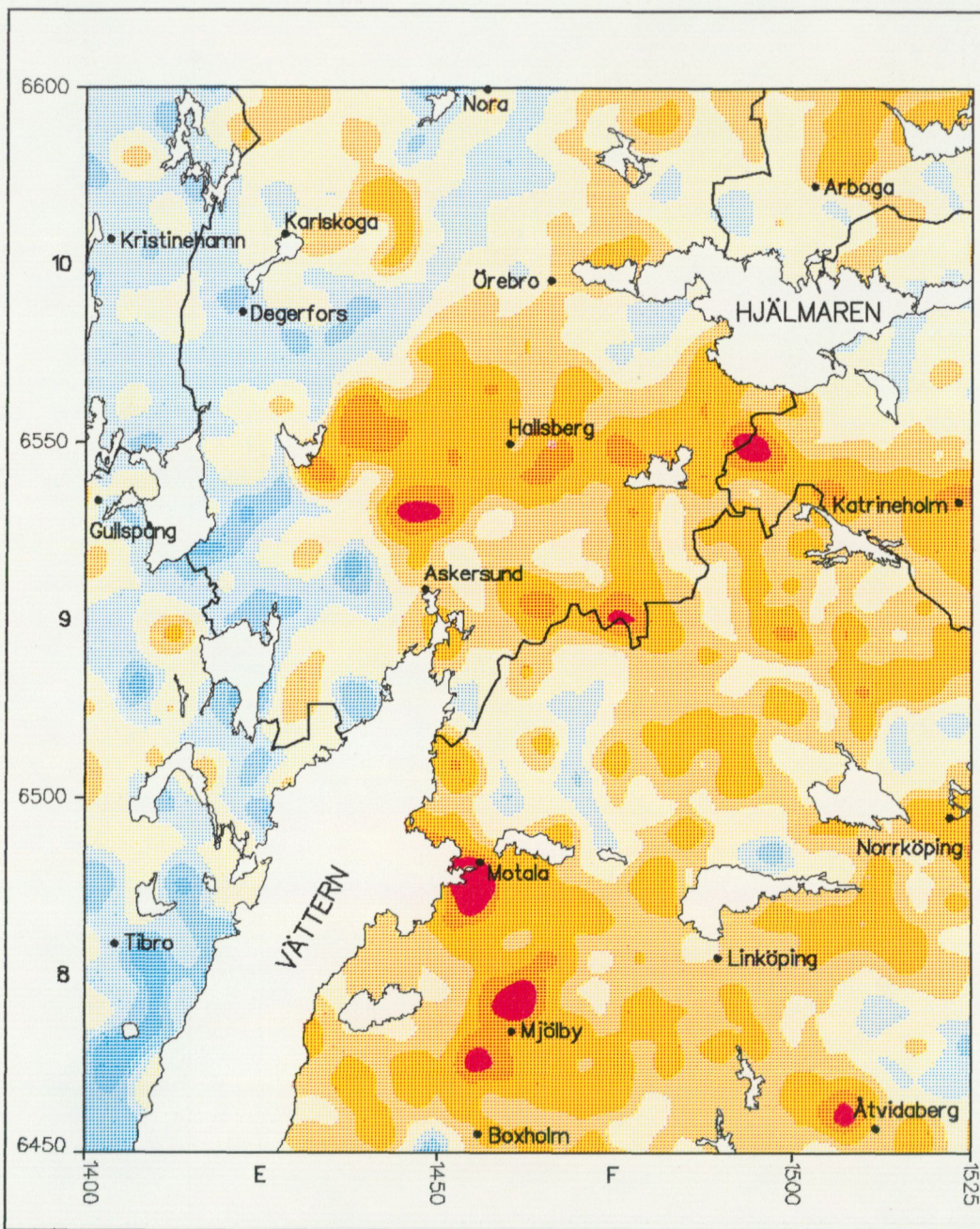


Biogeokemisk karta
 skala 1:1 miljon
 Zink (Zn)
 i bäckvattenväxter, 435 prov

Kartans färger motsvarar halter i ppm.
 Halternas klassindelning (enligt perc-
 entiler) gäller för hela landet.

perc.	ppm
95	1104
90	764
80	530
70	429
50	321
30	251
10	167

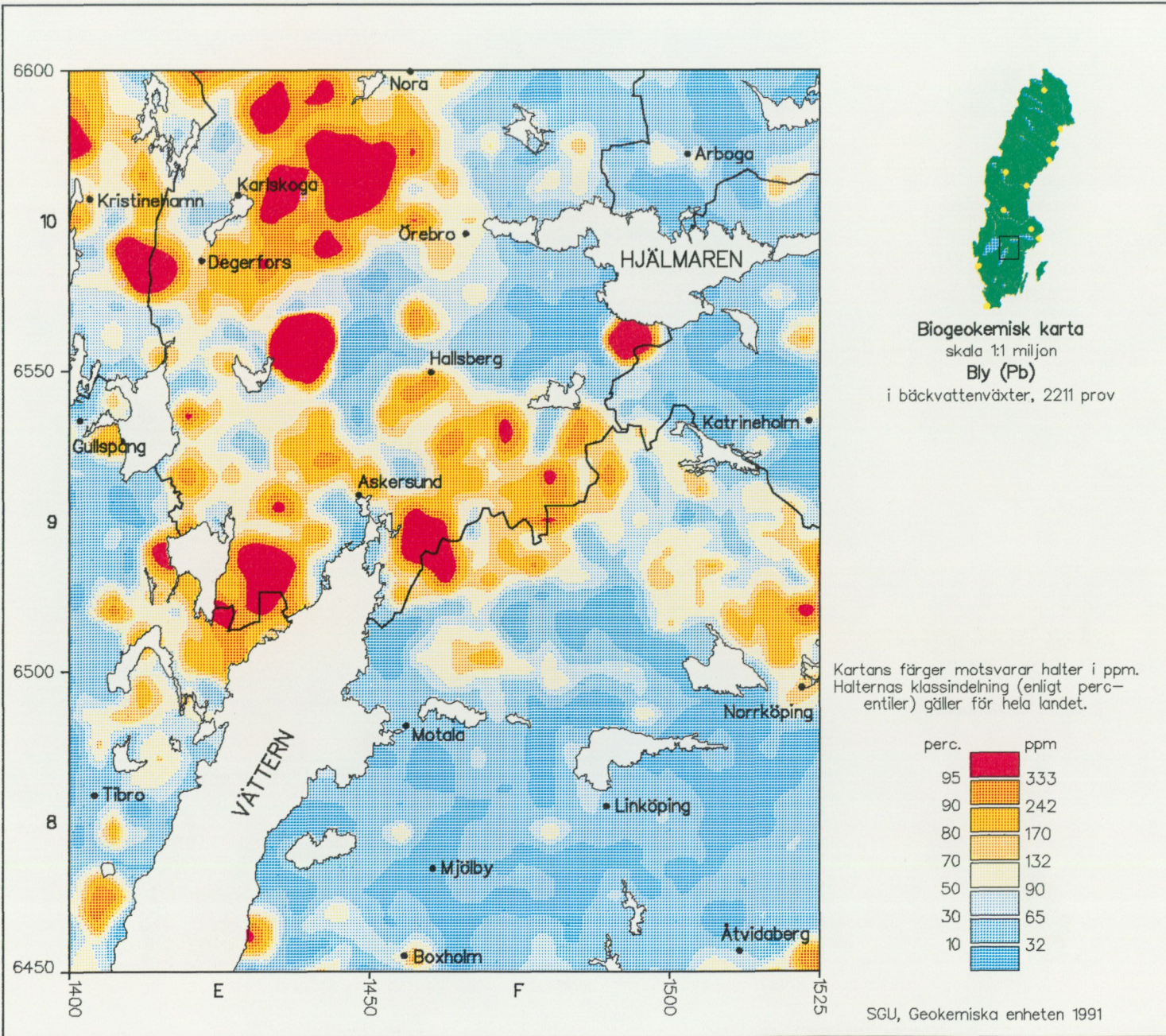
SGU, Geokemiska enheten 1991

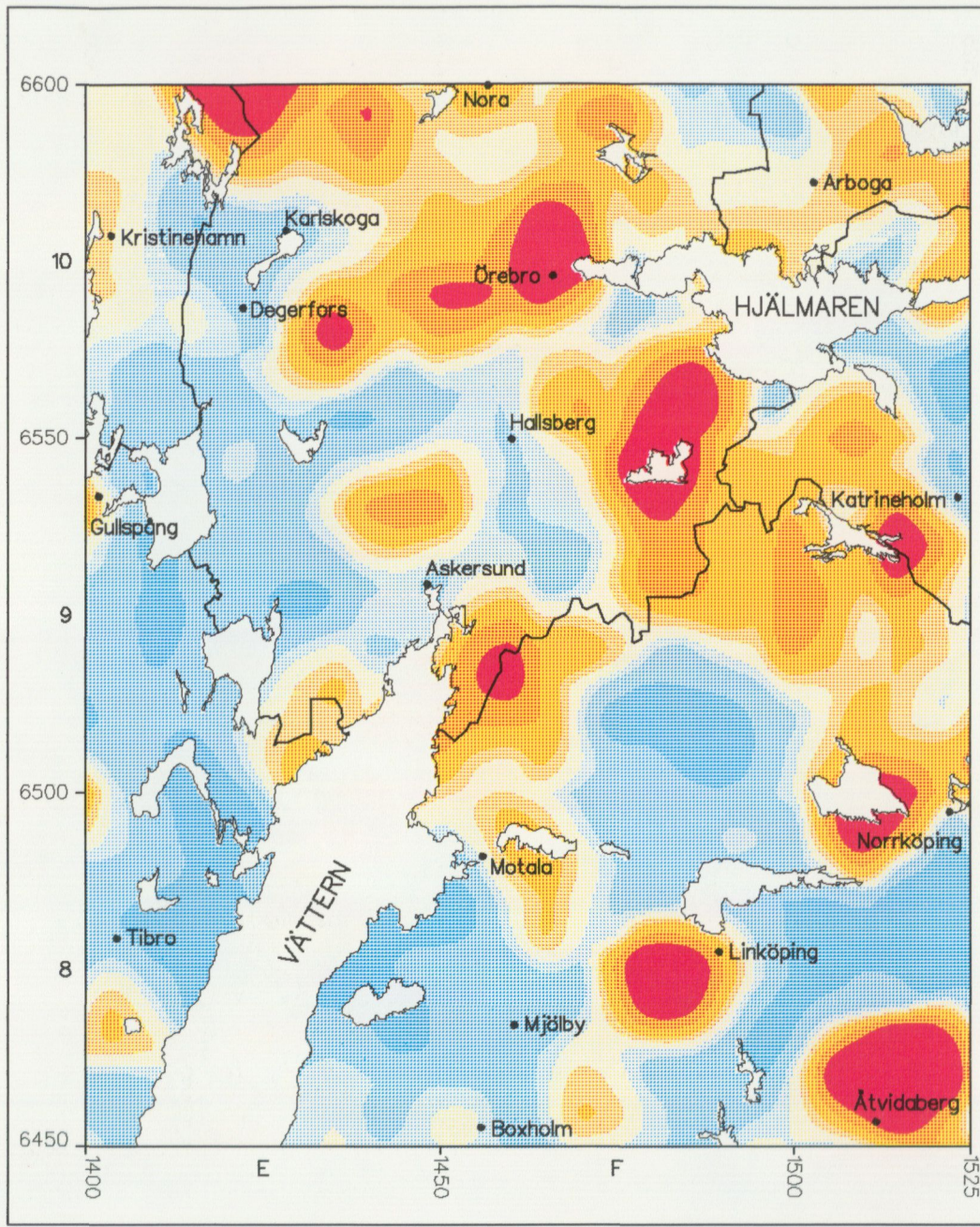


Biogeokemisk karta
 skala 1:1 miljon
Arsenik (As)
 i bäckvattenväxter, 2211 prov

Kartans färger motsvarar halter i ppm.
 Halternas klassindelning (enligt perc-
 entiler) gäller för hela landet.

perc.	ppm
95	205
90	122
80	68
70	46
50	27
30	16
10	4

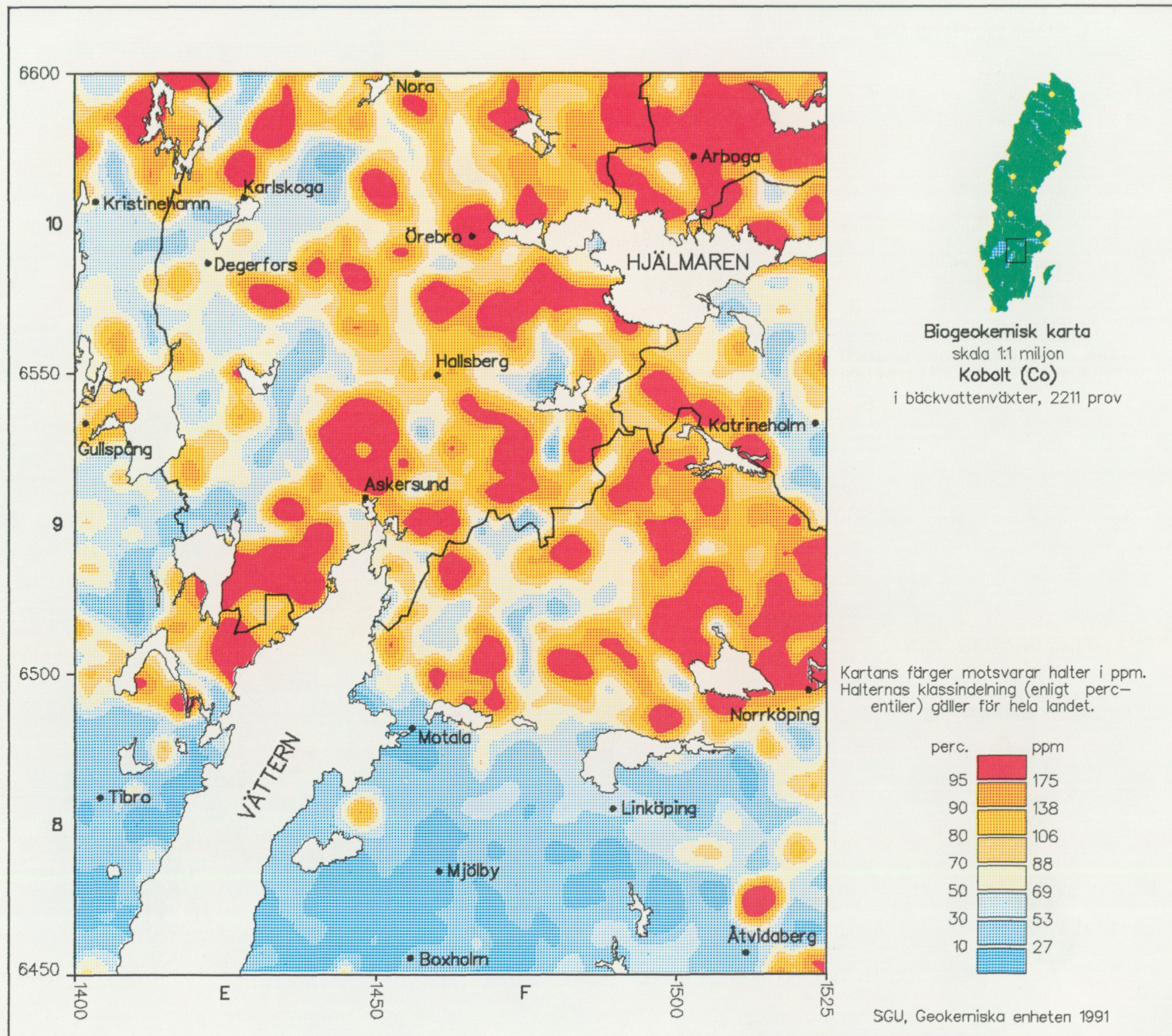


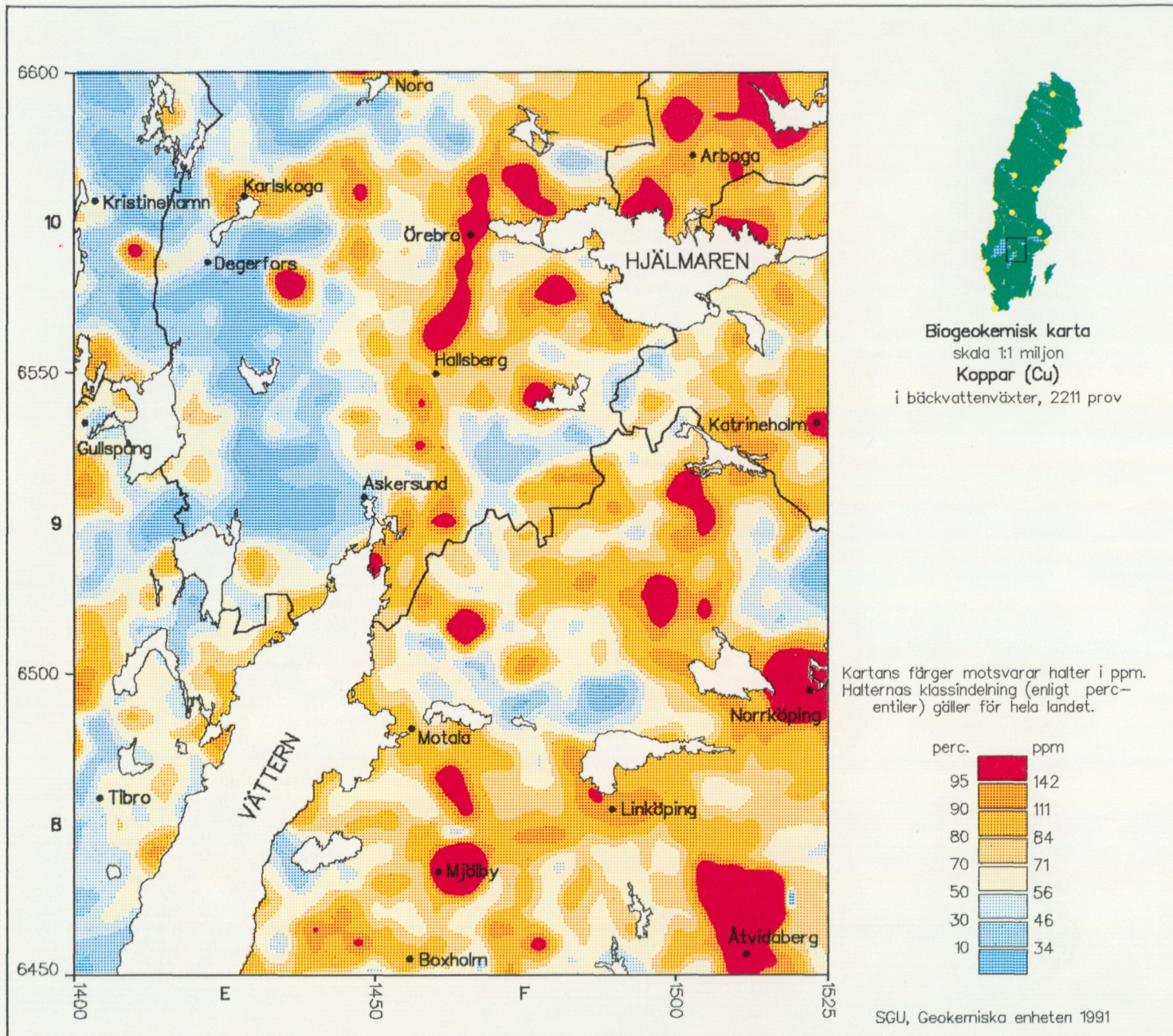


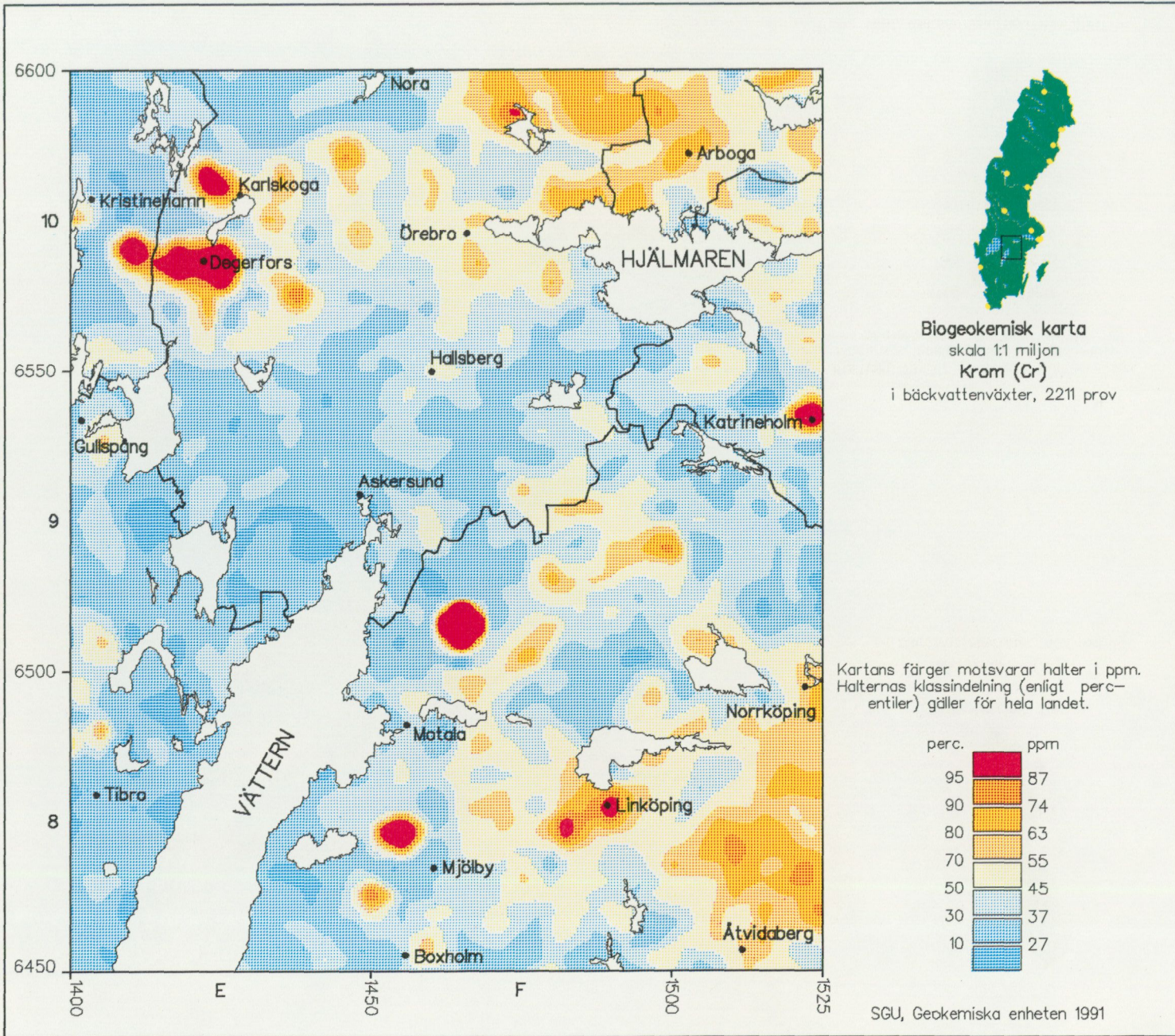
Biogeochemisk karta
 skala 1:1 miljon
Kadmium (Cd)
 i bäckvattenväxter, 420 prov

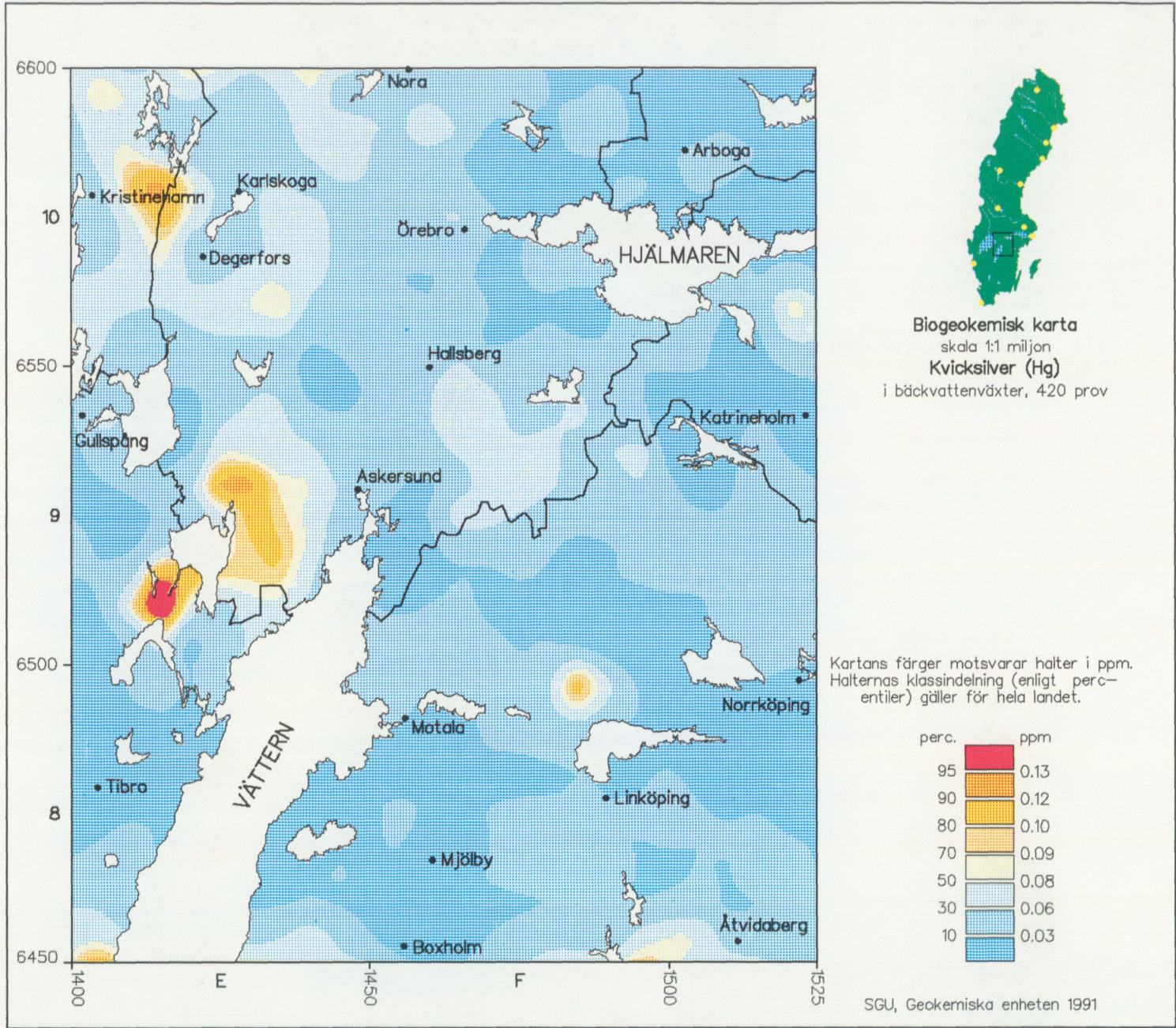
Kartans färger motsvarar halter i ppm. Halternas klassindelning (enligt percentiler) gäller för hela landet.

perc.	ppm
95	16.9
90	10.7
80	6.6
70	4.9
50	3.2
30	2.2
10	0.3





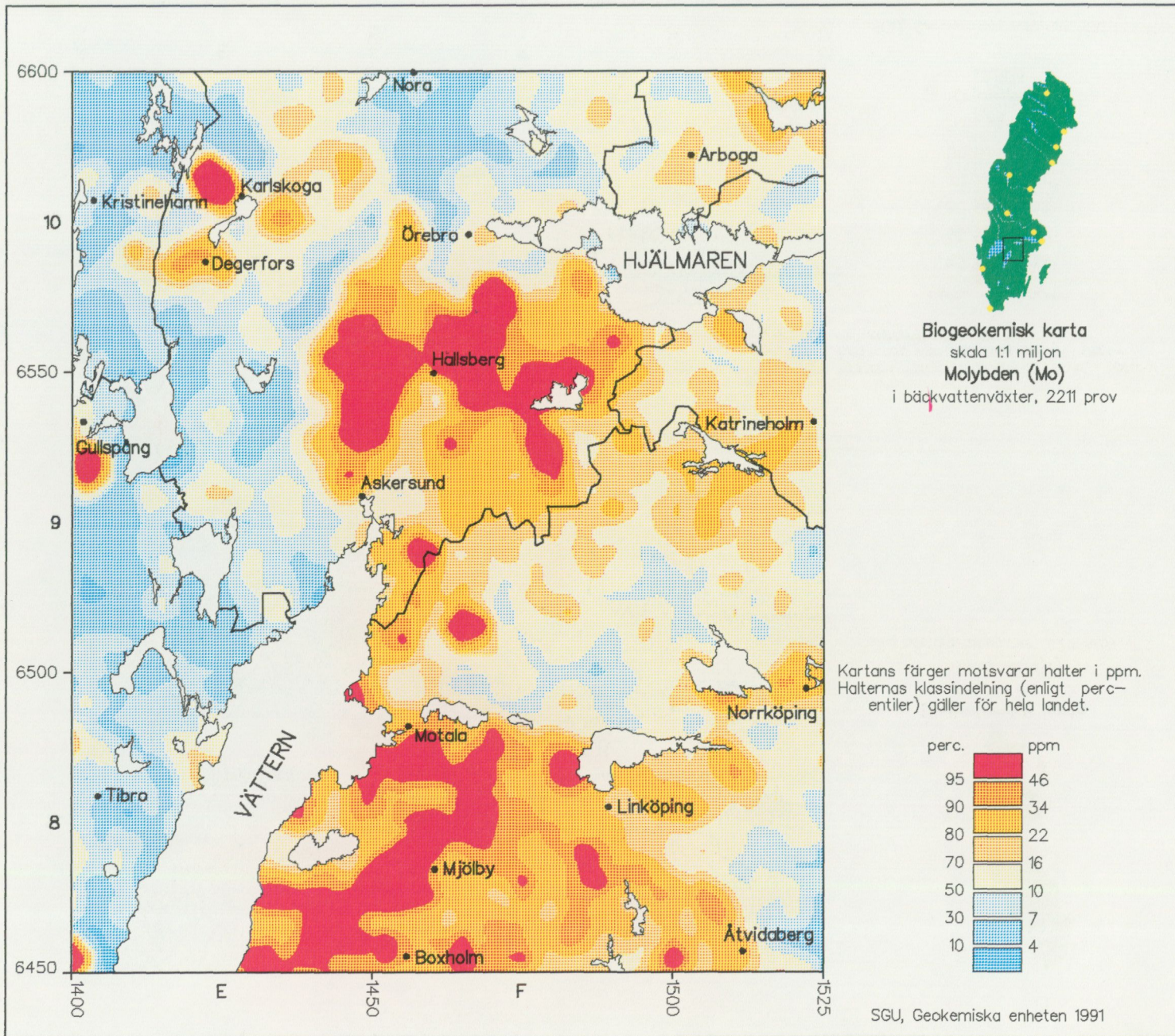


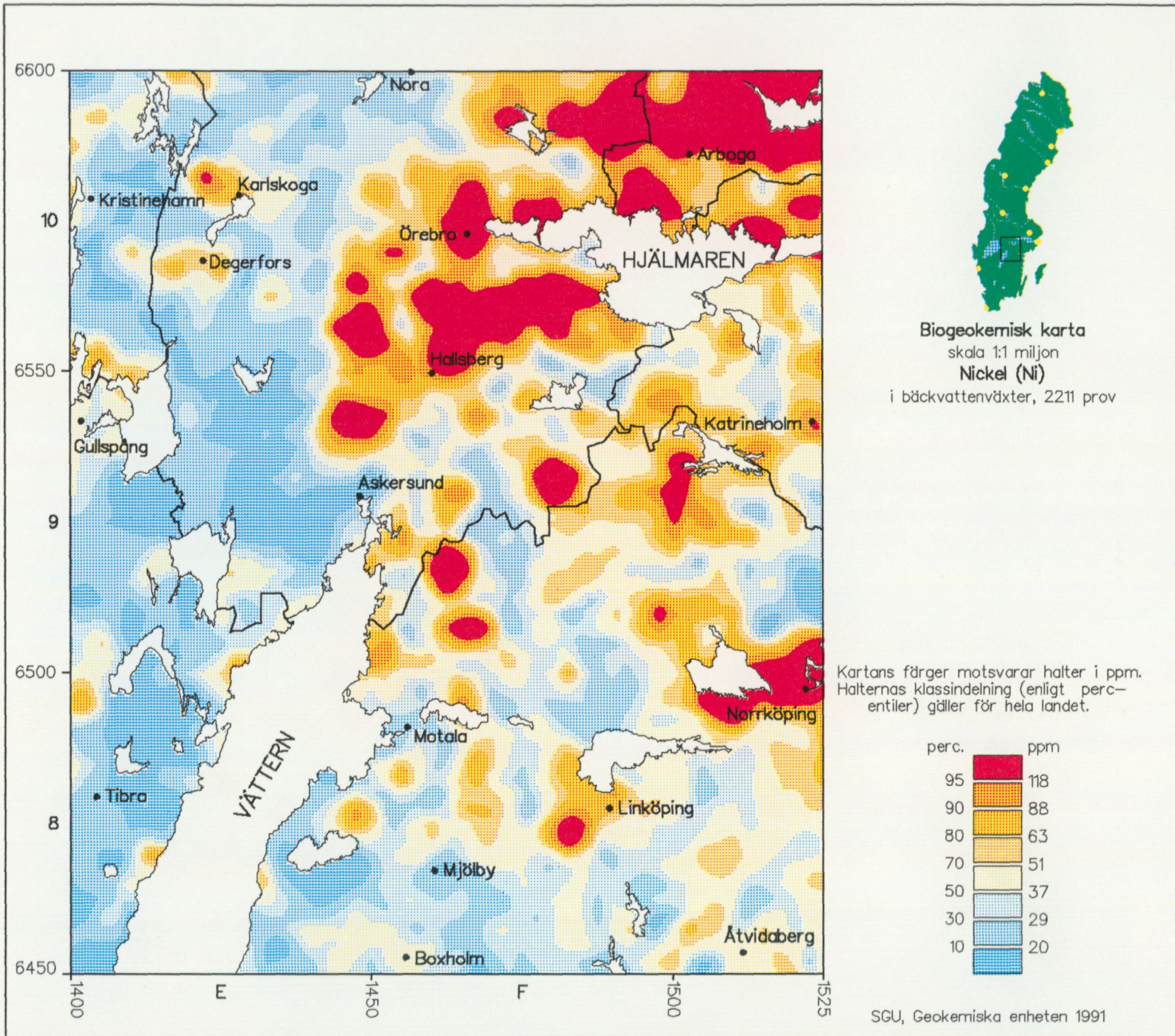


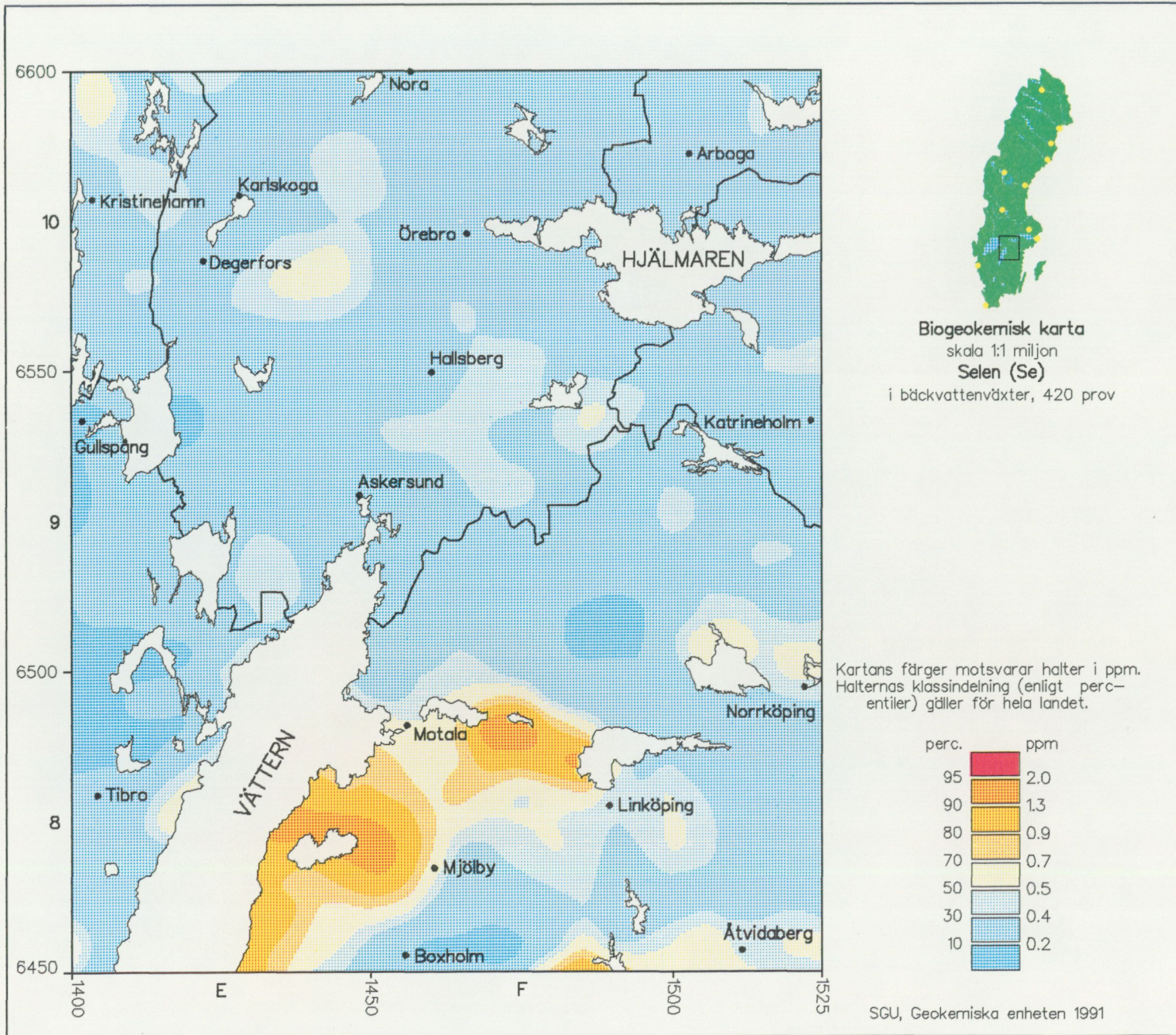
Biogeokemisk karta
 skala 1:1 miljon
 Kvicksilver (Hg)
 i bäckvattenväxter, 420 prov

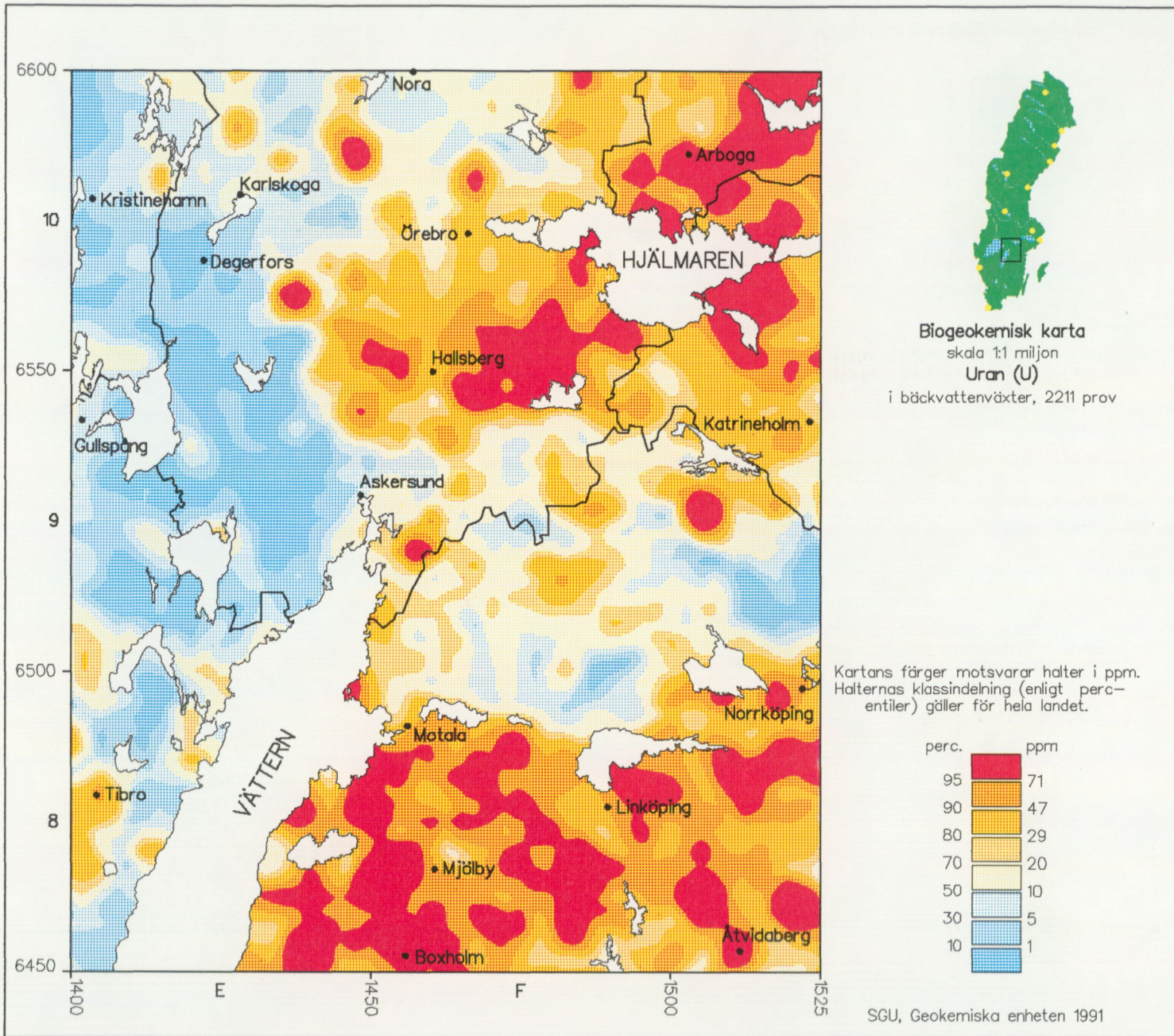
Kartans färger motsvarar halter i ppm.
 Halternas klassindelning (enligt perc-
 entiler) gäller för hela landet.

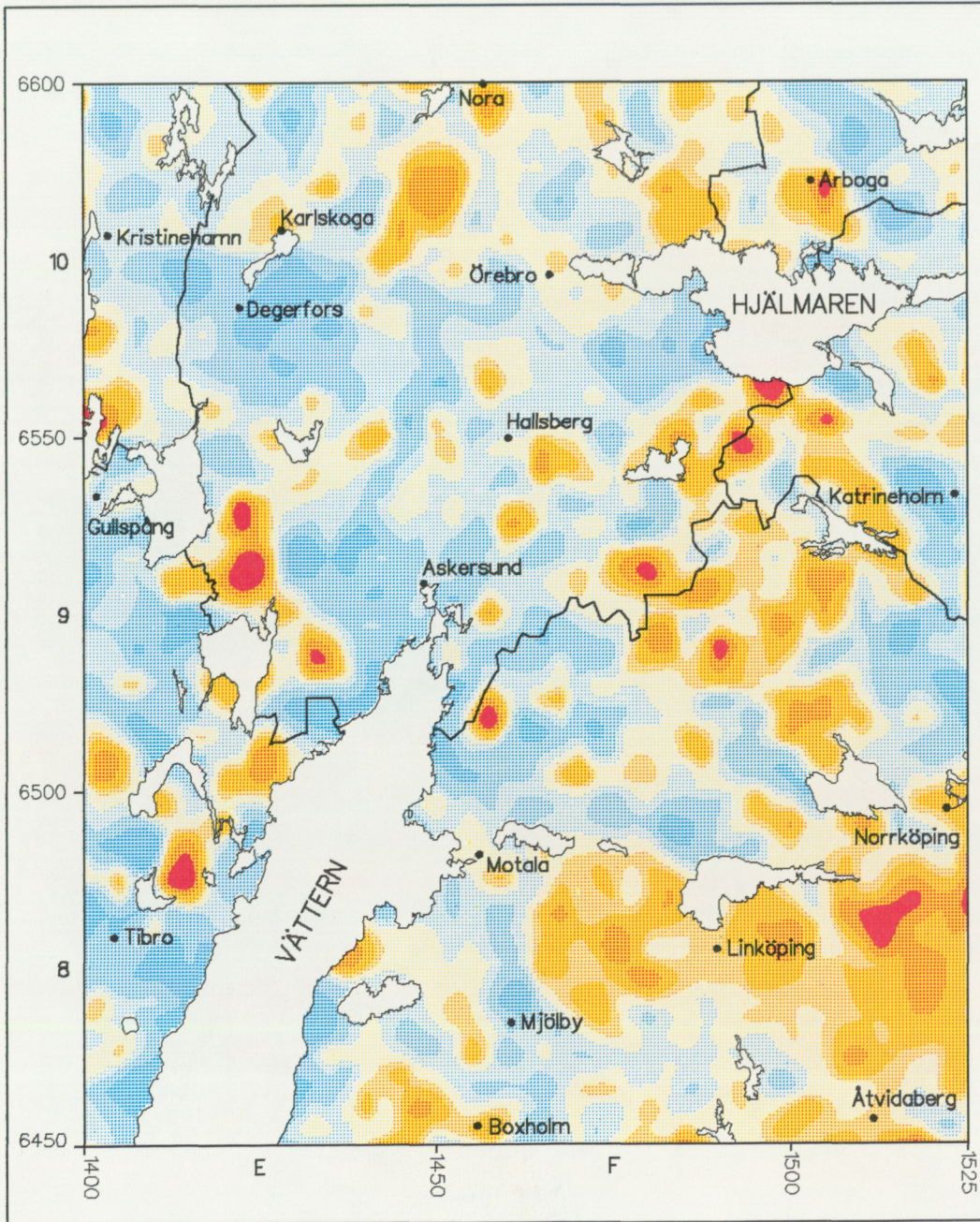
perc.	ppm
95	0.13
90	0.12
80	0.10
70	0.09
50	0.08
30	0.06
10	0.03







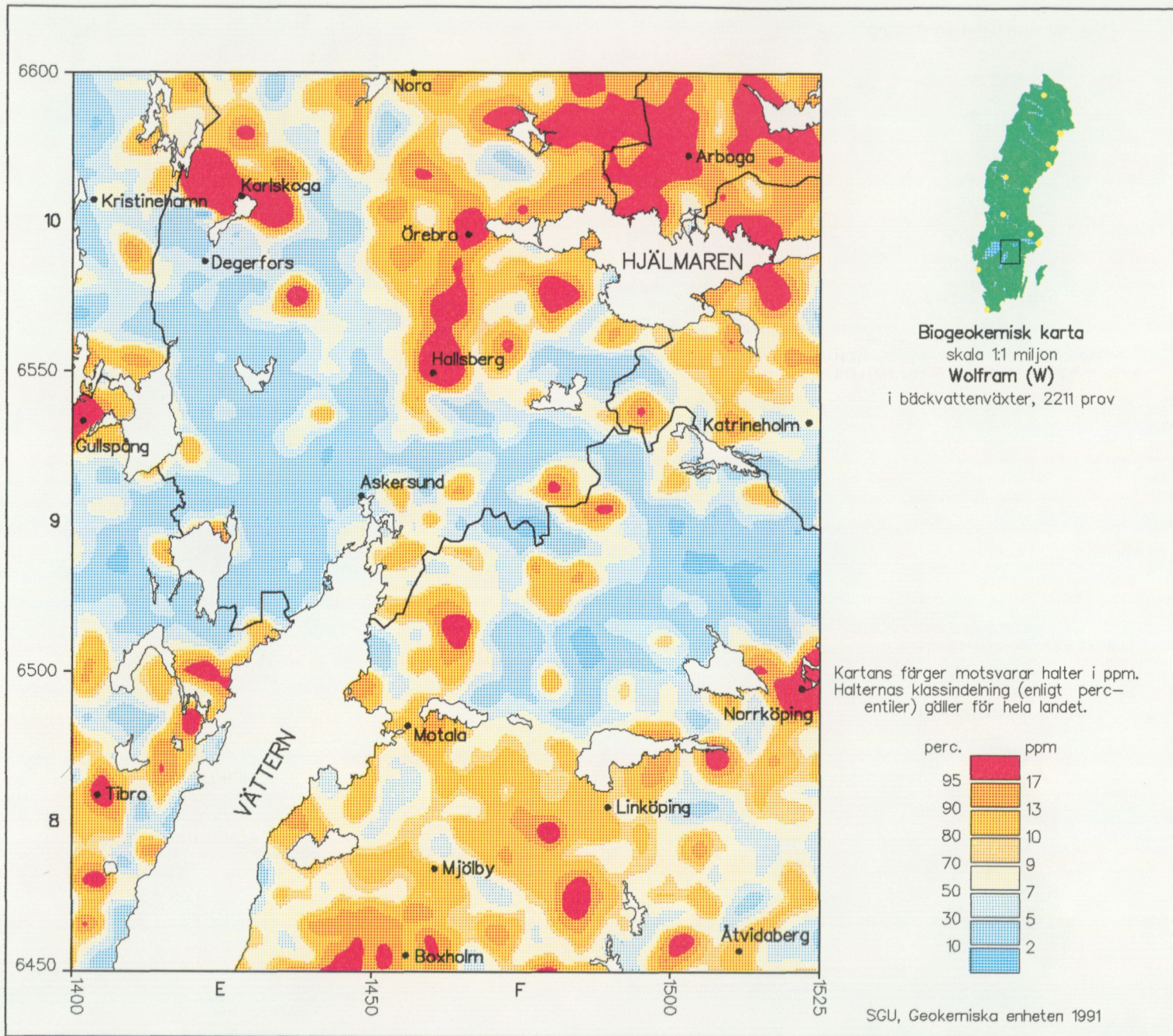


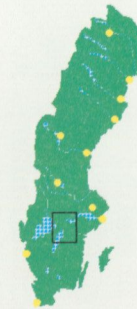
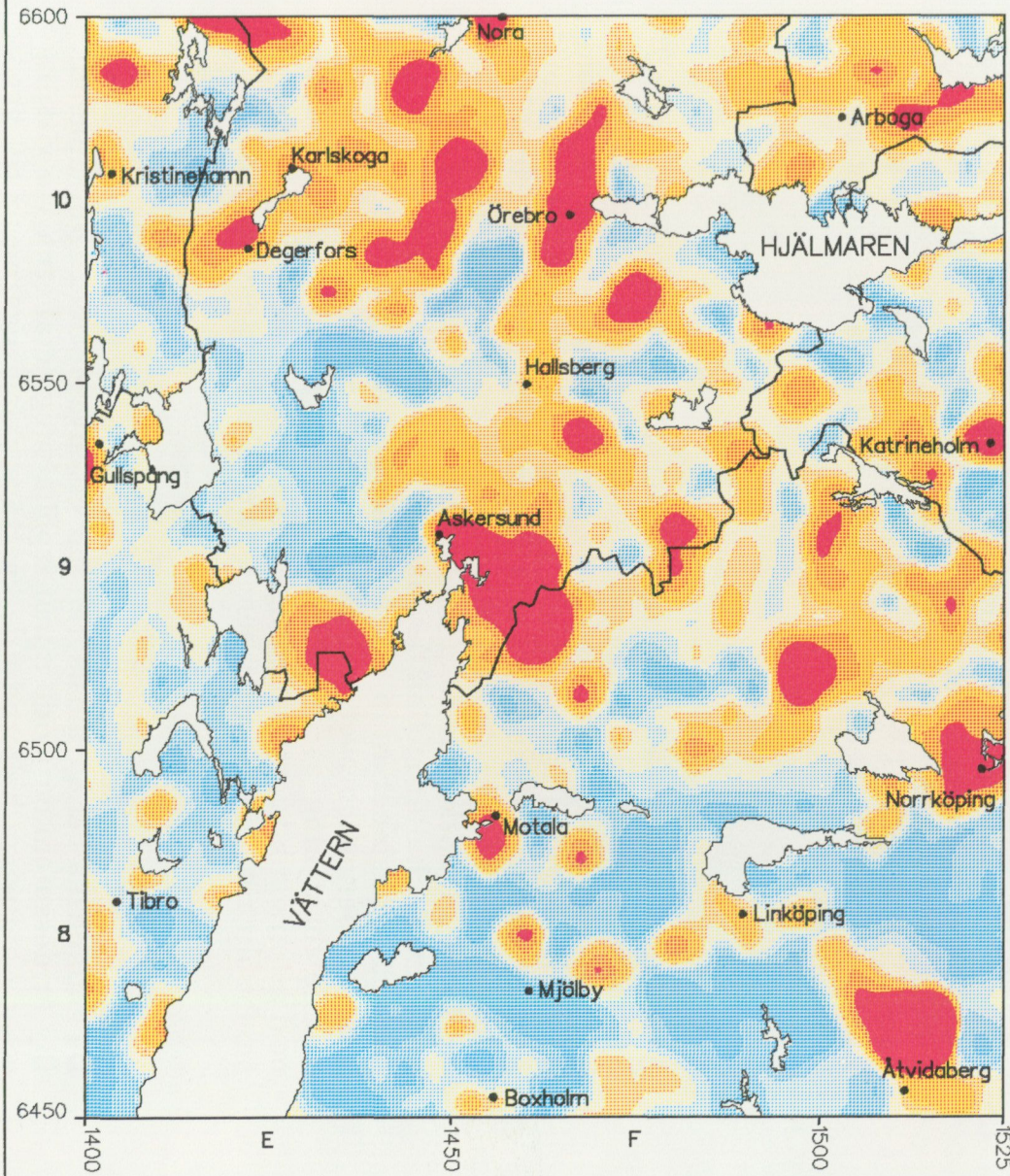


Biogekemisk karta
 skala 1:1 miljon
Vanadin (V)
 i bäckvattenväxter, 2211 prov

Kartans färger motsvarar halter i ppm. Halternas klassindelning (enligt procentiler) gäller för hela landet.

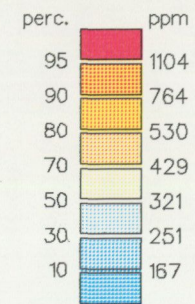
perc.	ppm
95	221
90	183
80	151
70	136
50	116
30	99
10	75





Biogeochemisk karta
skala 1:1 miljon
Zink (Zn)
i bäckvattenväxter, 2211 prov

Kartans färger motsvarar halter i ppm.
Halternas klassindelning (enligt perc-
entiler) gäller för hela landet.



KOMMENTARER TILL BIOGEOKEMISKA KARTAN 5-7, I-K

Den biogeochemiska provtagningen av Gotland gjordes under maj månad 1988 och totalt togs 435 prover jämt fördelade över hela ön. Resultaten från dessa provtagningar visar att tungmetallinnehållet i bäckvattenväxterna, med några undantag, är tämligen lågt i jämförelse med övriga landet. Huruvida förekomsterna är naturliga eller ej går inte alltid att förklara utan att uppföljningar görs.

Vid tolkningen av de biogeochemiska kartorna bör man ha i minnet att de geokemiska förhållandena på Gotland är speciella i många avseenden. Den geologiska avsättningsmiljön och dess fauna har skapat en unik berggrund. Öns morfologi och läge ute i Östersjön har betydelse för jordarternas kemiska sammansättning, dvs innehåll av lokalt kalkhaltig material och mer långtransporterat urbergsmaterial, när de en gång avlagrades av inlandsisarna. Den kalkhaltiga berggrunden och kalkinnehållet i de lösa avlagringarna påverkar grundvattnets och vattendragens pH och alkalinitet, vilket har betydelse för lösligheten och för transporten av flera element. Dessutom finns alltid en påverkan från lokala föroreningskällor samt en deposition av luftburet nedfall från utsläppskällor på fastlandet och på kontinenten.

Arsenik

Arsenikförekomsterna i bäckvattenväxterna ger ett påfallande enhetligt mönster över hela ön. Spridningsbilden visar på medelhöga till höga arsenikförekomster medan de låga bakgrundshalterna liksom de riktigt höga halterna saknas. I urberget på fastlandet återfinns arsenik som spårämne i de flesta magmatiska bergarter där sulfidmineraliseringar ger de högsta arsenikhalterna i bäckvattenväxterna. Den gotländska siluriska berggrunden visar ingen entydig variation i arsenikhalter mellan de olika lagren av kalkstenar, mörgelstenar och sandstenar utan arsenikhalterna synes allmänt förhöjda i samtliga bergartsprover som tagits i dessa olika lager. Denna allmänna förhöjning av arsenikhalten i berggrunden i kombination med att arsenik är mycket rörligt i alkalin miljö gör att tillgången på ämnet blir riklig i det vatten som försörjer bäckvattenväxterna.

Bly

De gotländska berggrundslagren har ett mycket måttlig blyinnehåll. Bly är dessutom en av de minst mobila tungmetallerna vid vittring och de naturliga halterna i de kvartära avlagringarna är till avgörande del betingad av moderbergartens blyhalter. Bly tillhör de metaller som i mycket stor omfattning sprids av människan i naturen. Emissionen av bly till luft är den tredje i storleksordningen efter järn och kvicksilver och användningen av blyhaltigt motorbränsle står för en stor del av blytillskottet. Tidigare biogeochemiska undersökningar har visat att blybelastningen i de södra delarna av Sverige är större

än i de norra delarna av landet. Det beror dels på att den inhemska aktiviteten är större här, dvs tätorterna med industriell aktivitet och bilism är mer frekventa, dels på att tillskottet från kontinenten är större i dessa regioner. Bly anrikas lätt i markens översta skikt där det binds till humusämnen. Med hjälp av humusämnen kan det sedan transporteras vidare med markvattnet ut i bäcksystemen. Saknas humusämnen saknas även transportförutsättningarna för ämnet och blyet når aldrig bäcksystemen. De bästa transportförutsättningarna finns där podsolprofiler utbildats och där tillgången på humusämnen är stor. Tydliga podsoler av den typ som finns i skogarna på fastlandet är ovanliga på Gotland och istället dominerar olika typer av brunjordar. Dessutom finns här en speciell humuskarbonatjordmån (sk rendzina) som är betingad av underliggande kalkberggrund.

Den måttliga förekomsten av bly i berggrunden i kombination med att bly är en svårslöslig tungmetall förklarar de låga blyhalterna i bäckvattenväxterna. De områden där blyhalterna är högre i bäckvattenväxterna verkar sammanfalla med områden som har gynsamma transportförhållanden för bly, dvs områden med humuskarbonatjordmån och podsoler.

Kadmium

Kadmiumhalten är låg i de flesta bergarter och förhöjda halter återfinns i sulfidmineraliseringar och alunskiffrar. Det finns i samband med denna kartläggning inga kadmiumanalyser av den gotländska berggrunden. Kadmium följer zink i det geokemiska kretsloppet men är mer lösligt än zink i sur miljö. I sura vatten har därför kadmium större tendens än zink att läcka till grundvattnet. Vid höga pH-värden däremot fastläggs kadmium i marken. Kadmium är dessutom ett ämne som fått sitt kretslopp starkt förändrat genom att det utvinns och används av människan. Ämnet kan t.ex. tillföras bäckvattnet genom nedfall av kadmium från förbränningsanläggningar eller spridas i marken via fosfatgödningsmedel som kan vara kadmiumförorenade. Kadmium är ett typiskt ämne som förutom i samband med höga halter i berggrunden nästan alltid framträder på kartorna i anslutning till platser med mänsklig aktivitet eller i försurade områden.

De höga kadmiumhalterna på Gotland är orsakade av anmärkningsvärt höga halter i enstaka prov och föroreningskällor av mera lokal karaktär är den mest sannolika förklaringen till dessa förhöjda halter.

Kobolt

Kobolthalterna är högst i basiska bergarter som t.ex. grönstenar, betydligt lägre i sura magmatiska bergarter och i sedimentära bergarter högst i svartskiffrar. De bergartsanalyser som gjorts på Gotland ger mycket låga kobolt halter. I oxiderande sur miljö är kobolt mycket rörligt medan det omvända förhållandet råder i neutral eller alkalisk miljö.

Kombinationen av den ringa tillgången på ämnet i berggrunden och den alkalina vattenmiljö som råder i de gotländska vattendragen, som inverkar hämmande på ämnets mobilitet, gör att bäckvattenväxterna får ett lågt koboltinnehåll. Gotland utgör därmed ett naturligt bristområde vilket är anmärkningsvärt då kobolt är ett livsnödvändigt ämne för människor och djur.

Koppar

Koppar är en viktig industriråvara liksom ett viktigt mikronäringsämne. De högsta halterna i berggrunden återfinns i sulfidmineral och tidigare undersökningar har visat att det är främst den sulfidbundna kopparn i berggrunden som visar sig på de biogeokemiska kartorna. De berggrundsprover som tagits på Gotland har ett mycket lågt kopparinnehåll.

Det finns flera områden där höga kopparhalter uppmätts i bäckvattenväxterna och eftersom inga direkta kopplingar går att göra till berggrunden på Gotland så blir förklaringen mera komplex. De höga halterna i de nordvästra delarna och söder om Visby verkar dock sammanfalla med utbredningen av långtransporterade moräner, dvs moräner med högre innehåll av prekambriskt urbergsmaterial. En förklaring kan därför vara att det är långtransporterat kopparhaltigt urbergsmaterial från fastlandet som orsakar de förhöjda halterna i bäckvattenväxterna. Urbergsinnehållet i moränerna i de centrala delarna är lågt och i de södra delarna mycket varierande, varför kopplingen till de kvartära avlagringarna inte är lika trolig. Spridningsbilden för koppar är därför sannolikt starkt påverkad av koppar som tillförts naturen genom olika typer av mänsklig aktivitet.

Krom

Krom förekommer med de högsta halterna i basiska bergarter samt skiffrar med lermineral eller organogent innehåll. Bergartsanalyserna från Gotland visar genomgående ett lågt krominnehåll. Det vanligaste krommineralet, kromit, har stor motståndskraft mot vittring varför krom geokemiskt blir ett tämligen svårörligt element. Krom har även stor tendens att bindas till lerpartiklar.

Kromförhöjningarna på Gotland är mycket blygsamma. Den kraftiga förhöjningen i norr, längst in i Kappelhamnsviken, härrör från provtagningen i anslutning till kalkbrottet i Storugns och har sannolikt samröre med kalindustrins aktiviteter.

Kvicksilver

Den svenska berggrunden innehåller i allmänhet låga halter av kvicksilver. Dessutom är ca hälften av allt kvicksilver som cirkulerar i luft, mark och vatten härrörande från antropogena utsläppskällor. Den i naturen vanligast förekommande formen av kvicksilver är elementärt kvicksilver, vars löslighet är låg i mark- och grundvatten.

Kvicksilver är dessutom ett ämne vars rörlighet i mark- och grundvatten har stora likheter med bly. Liksom för bly är närvaron av humusämnen avgörande för ämnets vidaretransport via markvattnet ut i bäcksystemen. De låga halterna i berggrunden i kombination med ogynnsamma transportförhållanden gör att kvicksilvret blir svårtillgängligt för bäckvattenväxterna som därmed får ett lågt kvicksilverinnehåll.

Molybden

Molybdenhalterna är högst i graniter och då ofta i association med bly, koppar och volfram. De lägsta molybdenhalterna har basiska bergarter t.ex. grönstenar. I samband med denna kartläggning har samtliga analyser av de olika bergartslagren resulterat i ett lågt molybdeninnehåll. Molybdeninnehållet i jordar avspeglar i de flesta fall moderbergartens innehåll. Molybden har en unik position som näringsgivande mikroelement och spelar en avgörande roll vid växternas kvävefixering. Ämnet kan därför även tillföras markerna med olika gödningsmedel. Molybdenets löslighet är starkt begränsad i sura vatten och har en ökande löslighet i neutrala till alkalina vatten, dvs de förhållanden som råder i de gotländska vattendragen gynnar rörligheten för ämnet.

Nickel

Berggrundens innehåll av nickel är högst i basiska bergarter. I sedimentära bergarter är det lerskifferar och svartskifferar som har de högsta halterna medan innehållet i kalkstenar och sandstena är betydligt lägre. De berggrundsprover som tagits på Gotland har samtliga ett mycket lågt nickelinnehåll. Även om nickelinnehållet i berggrunden är lågt så förekommer skillnader i nickelinnehåll mellan de olika lagren. De schatteringar som framgår på nickelkartan ger ingen direkt indikation om att de skulle vara berggrundsbergade men utesluter heller inte att det skulle kunna vara det. Nickel är dessutom ett ämne som tillförs miljön genom industriell verksamhet vilket också kan påverka spridningsbilden.

Selen

Nästan hela den svenska berggrunden utgör ett bristområde tack vare de naturligt låga selenhalterna. Höga halter återfinns i alunskifferar och dessutom ingår selen vanligtvis som en mindre beståndsdel i sulfidmineral av koppar, järn och bly. Förekomsterna av selen i bäckvattenväxterna på Gotland ger ingen entydig indikation om dess ursprung. Möjligen kan de höga selenhalter som återfinns söder om Ireviken, där även kopparhalterna är höga, tala för ett långtransporterat kopparsulfidbundet ursprung.

Uran

Generellt sett följer uran uteslutande förekomsterna i berggrunden och det finns inga egentliga föroreningskällor som kan släppa ut ämnet. I den svenska urberggrunden återfinns höga uranhalter bl.a. i radioaktiva graniter. Uraninnehållet i sedimentära bergarter förefaller variera och de högsta halterna hittar man i alunskiffrar. Spridningsbilden för uran tyder på ett varierande uraninnehåll i berggrunden. De högsta uranhalterna i bäckvattenväxterna på Gotland tycks företrädesvis sammanfalla med de platser där man har bergarter med lågt karbonatinnehåll och som samtidigt innehåller en viss mängd pyrit.

Vanadin

Det är de basiska bergarterna som innehåller de högsta vanadinhalterna och då ofta tillsammans med kobolt, krom och nickel. Vanadinanalyser av den gotländska berggrunden har för samtliga lager givit låga halter. Vanadin används bl.a. vid ståltillverkning och i legeringar och kan därmed spridas i samband med sådan aktivitet. Det är annars oljeförbränningen som orsakar de största vanadinutsläppen till atmosfären och det är de lågsvavliga oljorna som innehåller de högsta halterna. De små förekomsterna på Gotland visar på en bristsituation då vanadin är en av de metaller som inverkar positivt på kvävefixeringen hos vissa bakterier. Ämnet är dessutom livsnödvändigt för vissa växter och djur men dess roll för människan är inte klarlagd. De låga halterna i berggrunden och frånvaron av mänsklig tillförsel av ämnet i någon större utsträckning förklarar det låga vanadininnehållet i bäckvattenväxterna.

Volfram

I berggrunden förekommer volfram ofta i granitiska bergarter men även mörka skiffrar t.ex. alunskiffrar kan innehålla relativt höga halter. Bergartsanalyser av den gotländska berggrunden, i samband med denna kartläggning, har givit mycket varierande volframhalter. Kartbilden över volfram avspeglar därför troligtvis de variationer som står att finna i berggrundens innehåll av ämnet.

Zink

Zink förekommer som spåelement i magmatiska bergarter med relativt likartade halter och de lägsta zinkhalterna återfinns i sedimentära bergarter. Analyser av den gotländska berggrunden visar generellt ett mycket måttligt zinkinnehåll. Visserligen finns variationer i zinkhalter men inte på ett sådant sätt att dessa direkt går att koppla ihop med variationen i bäckvattenväxterna. Vid vittring är de zinkjoner som bildas mycket mobila i sur miljö. Zink är dessutom ett ämne som i hög grad tillförs naturen i samband med mänsklig aktivitet

t.ex. vid sopförbränning, vid användandet av fossila bränslen, i anslutning till smältverk etc. Tidigare undersökningar har visat att höga halter kan fås i prover från lerslättsområden. Att zinkhalterna i bäckvattenväxterna kan vara förhöjda här beror dels på att lermine-
ral utgör depåer för lakbart zink i marken dels på att zink finns i vissa gödningsmedel.

De höga zinkhalterna som finns på Fårö är anmärkningsvärda och det finns inga direkta indikationer om ett berggrundsberoende samband. Eventuellt tillfört zink skulle kunna härröra från Storugns där analyser av stoft från kalkindustrins rökgaskanaler har visat sig innehålla höga zinkhalter.

KOMMENTARER TILL BIOGEOKEMISKA KARTAN 8-10,E-G

Fältarbetet på delkartan 8-10,E-G av den biogeokemiska atlasen över Sverige utfördes under tiden maj till september 1989. I jämförelse med andra geologiska kartläggningar som SGU bedriver av berggrund, jordarter och geofysik är resultaten i denna kartläggning mera tidsbunden eftersom provmediet är känsligt för antropogen påverkan. Det kan gälla direkt påverkan av tungmetaller från luftutsläpp och lakvatten, eller indirekt påverkan genom försurning som förändrar lösligheten av metaller i jord och berggrund. Vad som tydligt framkommer av de biogeokemiska resultaten är att de geologiska förhållandena är av avgörande betydelse för förekomsten av tungmetaller i våra naturliga vatten.

De kommentarer som här nedan ges till respektive element är av en mera allmän karaktär, och grundar sig i första hand på geologisk information. Det innebär att tyngdpunkten ligger på berggrundens och jordlagrens inverkan på de storskaliga mönstren som vi geologer vill framhäva som de naturliga bakgrundshalterna i miljön. Den grundläggande informationen om miljöpåverkande verksamheter föreligger hos lokala miljövårdare.

Uran

Uranhalten i bäckvattenväxter reflekterar uteslutande de geologiska förhållandena, dvs den uranhalt som naturligt förekommer i berggrund och jordlager. Påverkan från radioaktivt nedfall framträder inte på urankartan eftersom nedfallet från en havererad kärnreaktor består av helt andra element. I den biogeokemiska kartläggningen över södra Sverige framträder fyra kraftigt förhöjda uranområden. Dessa sammanfaller väl med utbredningen av alunskiffer i Skåne, Västergötland, Östergötland och Närke. Genom inlandsisens påverkan spreds uranhaltiga bergartsfragment över ett markant större område jämfört med moderbergarternas utbredningar. Detta förklarar den allmänna förekomsten av förhöjda halter söder om Göta kanal och på Närkeslätten mellan Örebro och Hallsberg. Förutom alunskiffer innehåller även vissa graniter förhöjda halter av uran,

som t ex Bohus- och Karlshamnsgranit. Tydligt förhöjda uranhalter framkommer i resultat från både geofysiska flygmätningar och på biogeokemiska kartan över den granitiska berggrunden som återfinns runt Mälaren i kartbildens nordvästra hörn.

Molybden

Det finns en god samstämmighet mellan de kemiska mönstren på molybden- och urankartan. Orsaken är betingad av geologiska faktorer, då både granitiska bergarter och alunskiffer innehåller förhöjda molybdenhalter. En viktig faktor som påverkar molybdens rörlighet är pH-förhållandena i marken. Alunskiffern överlagras av mäktiga kalkstenslager. Dessa har tillsammans spridits ut av inlandsisen till omkringliggande jordlager. Till skillnad från många andra element ökar lösligheten av molybden vid neutrala och alkaliska markförhållanden. Detta förklarar de förhöjda halter av molybden som uppträder i anslutning till kalkhaltiga jordar söder om Örebro och Göta kanal.

Arsenik, Koppar och Zink

Dessa tre element kan bli förknippas med sulfidmineraliseringar i berggrunden. Kartbladet omfattar den sydligaste delen av Bergslagens malmprovins. Malmförande leptitbergarter finns i norra delen av kartbladet och förekommer längre söderut som sliror i den omkringliggande berggrunden. Kända malmprovinser som Nora fältet, Lekebergs bergslag väster om Örebro, Åmmebergs bergslag vid Vätterns nordspets och Bersbo vid Åtvidaberg framträder tydligt främst på zink- och kopparkartan. På arsenikkartan är bakgrundshalterna allmänt förhöjda över kalkrika jordar i Närke och Östergötland. Orsaken är att arsenik i likhet med molybden får en ökande mobilitet vid ökande pH-värden i marken.

Kobolt, Krom och Nickel

Allmänt förhöjda halter i berggrunden av dessa tre element förekommer främst i basiska bergarter som gabbro och diorit. Kobolt och nickel ingår även i sulfidmineral tillsammans med bland annat järn och arsenik. Brytning av kobolt har förekommit vid Vena gruvfält som ligger öster om Åmmeberg. Mobiliteten av kobolt minskar drastiskt vid alkaliska förhållanden vilket förklarar de låga halterna söder om Göta kanal.

Krommineralen är i allmänhet svårvittrade vilket förklarar de låga halterna inom kartbladet. Lokala luftutsläpp av kromhaltiga rökav-gaser framträder tydligt i den biogeokemiska kartläggningen. Därför kan man misstänka att industriell verksamhet är orsaken till de förhöjningar som framträder i nära anslutning till Degerfors, Linköping och Katrineholm. Nickel och kobolt är i jämförelse med krom mera lättvittrade och lakas lättare ut ur jordlager och berggrund.

Bly och Vanadin

Bly och vanadin förknippas ofta i miljösammanhang med förbränning av fossila bränslen. De naturliga halterna av bly i råolja och alunskiffer är förhållandevis låga och markant lägre jämfört med vanadinhalten. Förhöjda blyhalter i berggrunden förekommer dels tillsammans med sulfidmineraliseringar och dels i graniter där blyhalten ökar med ökande kiselhalt s k sura bergarter.

Orsaken till de röda områdena på kartan är i huvudsak sulfidbundet bly eftersom det är mera vittringsbenäget än det bly som finns i graniter. Generellt sett är bly en av de minst mobila tungmetallerna vid vittring. Kartläggningen visar dock att höga blyhalter förekommer inom områden med granitisk berggrund som högexponeras av surt regn. Detta gäller främst södra Sverige och speciellt västkustregionen. Resultat från uppföljningsundersökningar visar att bly från luftnedfall fastläggs effektivare i finjordar jämfört med moränmarker. En bidragande orsak till att finjordarna bättre håller kvar blyet är den låga tillgången på humusämnen i mark- och grundvatten. Undersökningar av blyets mobilitet i mark och vattensystem visar på ett starkt samband mellan bly och humusämnen i naturliga vatten.

Vanadin är ett relativt allmänt förekommande element i berggrunden. Inom kartbladet är det sannolikt alunskiffern som har den högsta koncentrationen av vanadin, vilket förklarar den allmänna förhöjningen söder om Göta kanal.

Volfram

I berggrunden förekommer volfram ofta i granitiska bergarter. Undersökningar visar att även mörka skiffrar av typen alunskiffer kan innehålla relativt höga halter av volfram. Ur ekonomisk synvinkel har dessa skiffrar aldrig varit aktuella för någon volframutvinning. De volframmalmer som har brutits inom landet har i stort sett varit gångar med pegmatit och kvarts. Spridningsmönstret för volfram söder om Göta kanal överensstämmer väl med mönstren för uran och molybden. Detta indikerar att den allmänna förhöjningen söder om Göta kanal som framträder med gul beteckning på volframkartan sannolikt härrör från områdets alunskiffrar och har av inlandsisen spridits söderut i jordtäcket. Däremot indikerar de röda områdena på volframkartan en mera direkt påverkan från berggrunden.

Kadmium, Kvicksilver och Selen

Gemensamt för dessa tre element är att provtätheten är endast 20% av provtätheten för de övriga elementen, vilket medför att kartmönstren inte är lika detaljerade.

Selen förekommer tillsammans med svavelförande mineral (sulfidmineral). Inom kartan finns sannolikt förhöjda selenhalter i alunskiffern och i de sulfidmineraliseringar som förekommer inom leptiternas utbredning. Resultaten på selenkartan överensstämmer väl med kartbilden över södra Sverige där kalkrik berggrund framträder

med förhöjda halter. Orsaken till att alunskiffer tillsammans med kalkstenar blir överrepresenterade i de biogeokemiska resultaten beror på att selen får en ökad mobilitet vid alkaliska markförhållanden. Detta gäller även de ovan nämnda elementen som molybden, arsenik och uran.

Den svenska berggrunden innehåller i allmänhet låga halter av kvicksilver. Vanligast förekommande i naturen är elementärt kvicksilver, vars löslighet är låg i mark- och grundvatten. Ett problem vid kartläggning är att elementärt kvicksilver är flyktigt och har därigenom ett utbyte med atmosfären som främst är betingat av temperaturväxlingar. Metylkvicksilvrets flyktighet och vattenlöslighet är avsevärt större. De olika förekomstformerna gör att metallens geokemiska kretslopp är mycket komplext och därmed svårt att kartlägga. Vidare härrör ca 50 % av det kvicksilver som är i omlopp i systemet luft-mark-vatten från antropogena källor. De förhöjningar som framträder i kartbilden är sannolikt resultat från lokala utsläppskällor.

Kadmium ingår som spårelement i sulfidmineral, framförallt i zink-, bly- och kopparsulfider. I likhet med tidigare undersökningar får man även här en god överensstämmelse mellan mönstren på zink- och kadmiumkartan. Det är främst inom leptitbergarternas utbredning där det kan förekomma sulfidmineraliseringar, som man kan förvänta sig förhöjda kadmiumhalter i bäcksystemen. Mänskliga aktiviteter har i viss mån förändrat kretsloppet hos kadmium. Nedfall från luftutsläpp från t ex metallindustrier, sopförbränning osv kan kraftigt påverka miljön i närområdet. Detta liksom användning av kadmiumhaltiga gödningsmedel och påverkan från deponier inverkar på resultaten i de biogeokemiska kartorna. Därför kan man bli riktiga misstankar om antropogen påverkan till höga metallhalter i nära anslutning till större tätorter eller industrier.

REFERENSER

- Adriano, D.C., 1986. Trace Elements in the Terrestrial Environment. Springer-Verlag New York Inc.
- Andersson, A., Dahlman, B., David, D.G., and Snäll, S., 1985. The Scandinavian Alum Shales. SGU Ca 56.
- Hessland, I., och Armands G., 1978. Alunskiffer. SIND 1978:3.
- Hübner, H., 1971. Molybdenum and Tungsten Occurrences in Sweden. SGU Ca 46.
- Kabata-Pendias, A. and Pendias, H., 1984. Trace Elements in Soils and Plants. CRC Press, USA.
- Ressar, H., och Ohlsson, S.-Å., 1985. Geokemisk kartering. SGU Rapp. & medd. nr 42.
- Ressar, H., Eklund, L., och Ohlsson, S.-Å., 1987. Geokemiska kartan. SGU Rapp. & medd. nr 49.
- Ressar, H., Eklund, L., och Ohlsson, S.-Å., 1988. Biogeokemiska kartan. SGU Rapp. & medd. nr 51.
- Ressar, H., Eklund, L., och Ohlsson, S.-Å., 1990. Biogeokemiska kartan. SGU Rapp. & medd. nr 63.
- Shaikh, N.A., Bruun, Å., Karis, L., Kjellström, G., Sivhed, U., Sundberg, A. och Wik, N.-G., 1990. Kalksten och dolomit i Sverige. Del 3. Södra Sverige. SGU Rapp. & medd. nr 56.
- Statens naturvårdsverk, 1976:7. Om metaller.
- Svantesson, S.-I., 1976. Granulometric and Petrographic Studies of Till in the Cambro-Silurian Area of Gotland, Sweden, and Studies of the Ice Recession in Northern Gotland. Striae, Vol. 2.
- Tegengren, F.R., m fl, 1924. Sveriges Ädlare Malmer och Bergverk. SGU Ca 17.
- Troedsson, T., och Nykvist, N., 1973. Marklära och markvård.
- Wedepohl, K.H., Correns, C.W., Shaw, D.M., Turekian, K.K., Zemann, J., 1978. Handbook of Geochemistry.

I SGUs serie Rapporter och meddelanden har tidigare 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 Nyboregionen. 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 hammarboring. 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, 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 Kristianstadssläätten 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.
- Andersson, M.** Markgeokemiska kartan 18–21, H–J. 1990.

62. **Andersson, M.** Markgeokemiska kartan 18–21, H–J. 1990.
63. **Ressar, H., Ekelund, L. och Ohlsson, S.-Å.** Biogeokemiska kartan. Tungmetaller i bäckvattenväxter. 1990.
64. **Cato, I.** Sedimentundersökningar i Brofjorden särskilt Trommekilen 1989, samt förändringar efter 1972 och 1984. 1990.

* Utgången



Distribution
SGU
Box 670
751 28 UPPSALA
Tel 018-17 90 00

ISBN 91-7158-498-6
ISSN 0349-2176