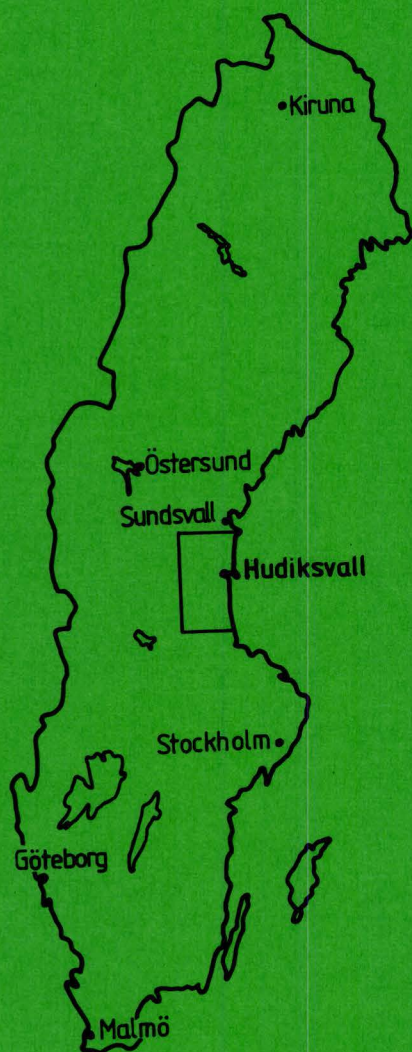




SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING  
Rapporter och meddelanden nr 60

# Biogeokemiska kartan

## Tungmetaller i bäckvattenväxter



Biogeokemiska kartor i skala  
1:1 miljon över området

14–16, G–H

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 1990

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING  
Rapporter och meddelanden nr 60

# **Biogeokemiska kartan**

## **Tungmetaller i bäckvattenväxter**

Harald Ressar, Lena Ekelund och  
Sten-Åke Ohlsson

Uppsala 1990

**ISBN 91-7158-470-6**

**ISSN 0340-2176**

## Innehållsförteckning

Geokemisk kartering vid SGU .....	4
Provmaterialet bäckvattenväxter .....	4
Provberedning och analysering .....	5
Databearbetning och kartframställning .....	6
Utgivningsplan för de biogeokemiska kartorna .....	9
Biogeokemiska färgkartor 1:1 miljon för 14 element .....	10
Biogeokemiska kartprodukter .....	25
Användningen av de biogeokemiska kartorna .....	25
Kommentarer till biogeokemiska kartan 14–16, G–H .....	27
Referenser .....	29

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 och som återspeglar den genomsnittliga kemiska sammansättningen hos grundvattnet. Utgivningsplan över dessa biogeokemiska kartor visas på sidan 9.

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 spårelementanalyser 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 grundvattnet.

Proverna tas i mindre vattendrag som till största delen 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 avspeglar indirekt grundvattnets metallinnehåll och kvalitet.

En naturlig anrikning av tungmetaller sker vid utfällning och upptag av järn och mangan i växtmaterial. 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 km<sup>2</sup>. 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.

Utvärdering pågår för att utröna bäckvattenväxternas förmåga att återspegla förhöjda halter av klorerade miljögifter. Senare kommer också upptagningsförmågan av olika slags bekämpningsmedel att utvärderas.

## 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 röntgenfluoroscens (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 <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	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 <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.01	%	Cr	5 ppm	U	5 ppm	
	K <sub>2</sub>	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 <sub>2</sub> O	0.03	%	Ni	5 ppm	Zn	5 ppm	
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.005	%	Pb	10 ppm	Zr	20 ppm	
	SiO <sub>2</sub>	0.05	%					
	TiO <sub>2</sub>	0.005	%					
	AA –	Cd	0.2	ppm	Hg	0.025 ppm	Se	0.05 ppm

## 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.

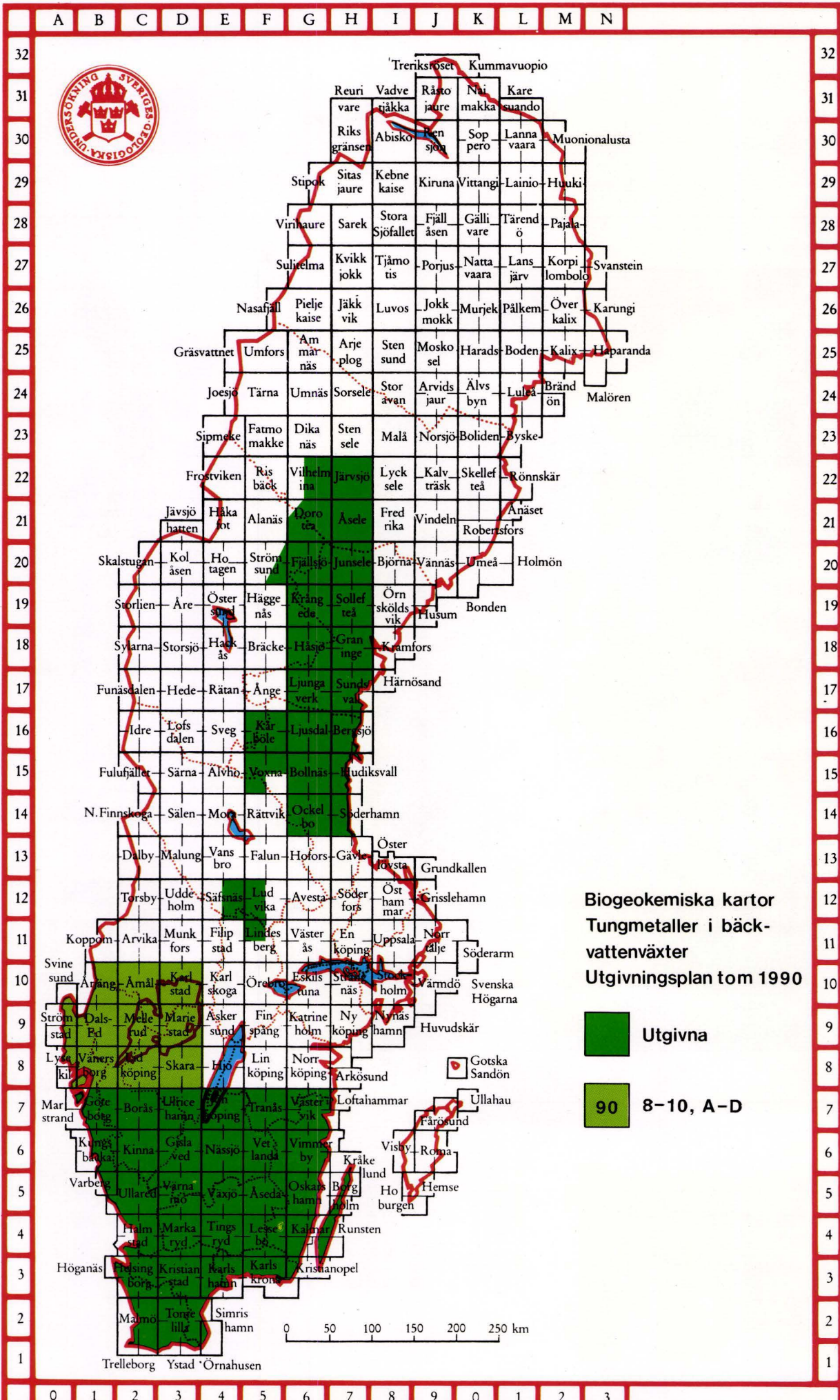
Inför årets kartutgivning har en genomgripande revidering av analysresultaten genomförts. Haltfördelningarna på kartorna är nu baserade på ett analysunderlag från drygt 17 000 prover och omfattar i stort alla tidigare karterade områden. I tabell 2 nedan, anges percentilvär-

den för analyserna från årets utgivning och från den hela karterade arealen t.o.m. 1987 benämnd "Riket".

Inom den redovisade kartan har 1874 prover tagits vilket ger en provtätthet på 1 prov per 7 km<sup>2</sup>. 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.

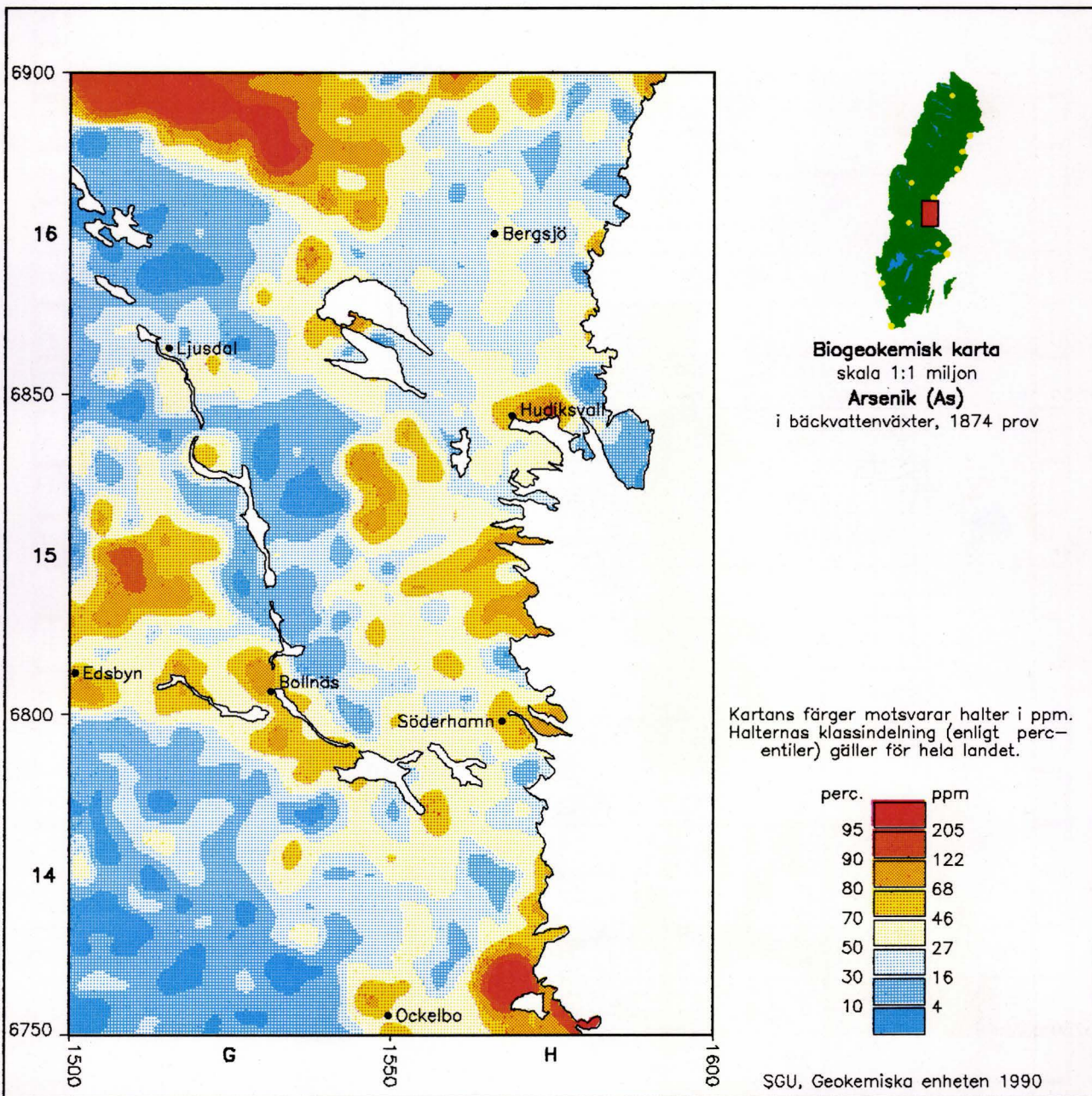
Elem- ent	Område	Antal analyser	Percentiler										
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	95	99
As	14-16,G-H	1874	<10	<10	13	17	21	25	31	40	66	88	210
	RIKET	17487	<10	11	16	20	25	31	40	58	113	213	703
Cd		325	<0.02	0.97	1.51	1.98	2.32	2.74	3.55	4.95	7.63	16	25
		2893	0.71	1.61	2.08	2.47	2.86	3.32	4.07	5.61	8.94	17	53
Co		1874	43	51	57	63	70	78	91	112	159	234	414
		17487	24	40	49	54	59	65	77	99	156	258	512
Cu		1874	25	30	35	40	45	51	61	76	105	146	265
		17487	29	35	40	44	48	54	62	77	102	132	252
Cr		1874	29	35	38	42	45	49	54	60	69	76	110
		17487	23	29	33	38	42	47	53	60	72	88	128
Hg		326	0.024	0.037	0.046	0.052	0.059	0.066	0.075	0.088	0.110	0.126	0.200
		2897	0.036	0.048	0.058	0.066	0.073	0.083	0.094	0.111	0.131	0.154	0.209
Mo		1874	<5	<5	5	7	8	11	14	19	30	44	85
		17487	<5	<5	5	6	8	10	13	17	29	43	87
Ni		1874	9	13	17	20	24	28	33	41	58	86	167
		17487	16	21	25	29	33	39	47	59	84	118	256
Pb		1874	10	26	42	57	72	91	116	162	248	339	647
		17487	30	46	57	67	77	90	106	141	219	325	699
Se		325	0.14	0.18	0.21	0.25	0.28	0.31	0.36	0.43	0.60	0.76	1.50
		2895	0.21	0.28	0.34	0.39	0.46	0.54	0.64	0.78	1.08	1.47	3.25
U		1874	5	9	12	15	19	24	31	44	69	98	318
		17487	<5	<5	<5	6	8	11	14	22	38	62	154
V		1874	68	85	96	107	118	132	151	177	227	283	477
		17487	67	80	90	99	108	118	131	148	185	242	413
W		1874	<5	<5	5	6	7	8	9	11	14	18	38
		17487	<5	<5	<5	5	6	7	9	11	15	19	34
Zn		1874	108	164	204	239	274	319	391	520	782	1099	2554
		17487	112	179	221	251	280	322	398	528	819	1254	3259

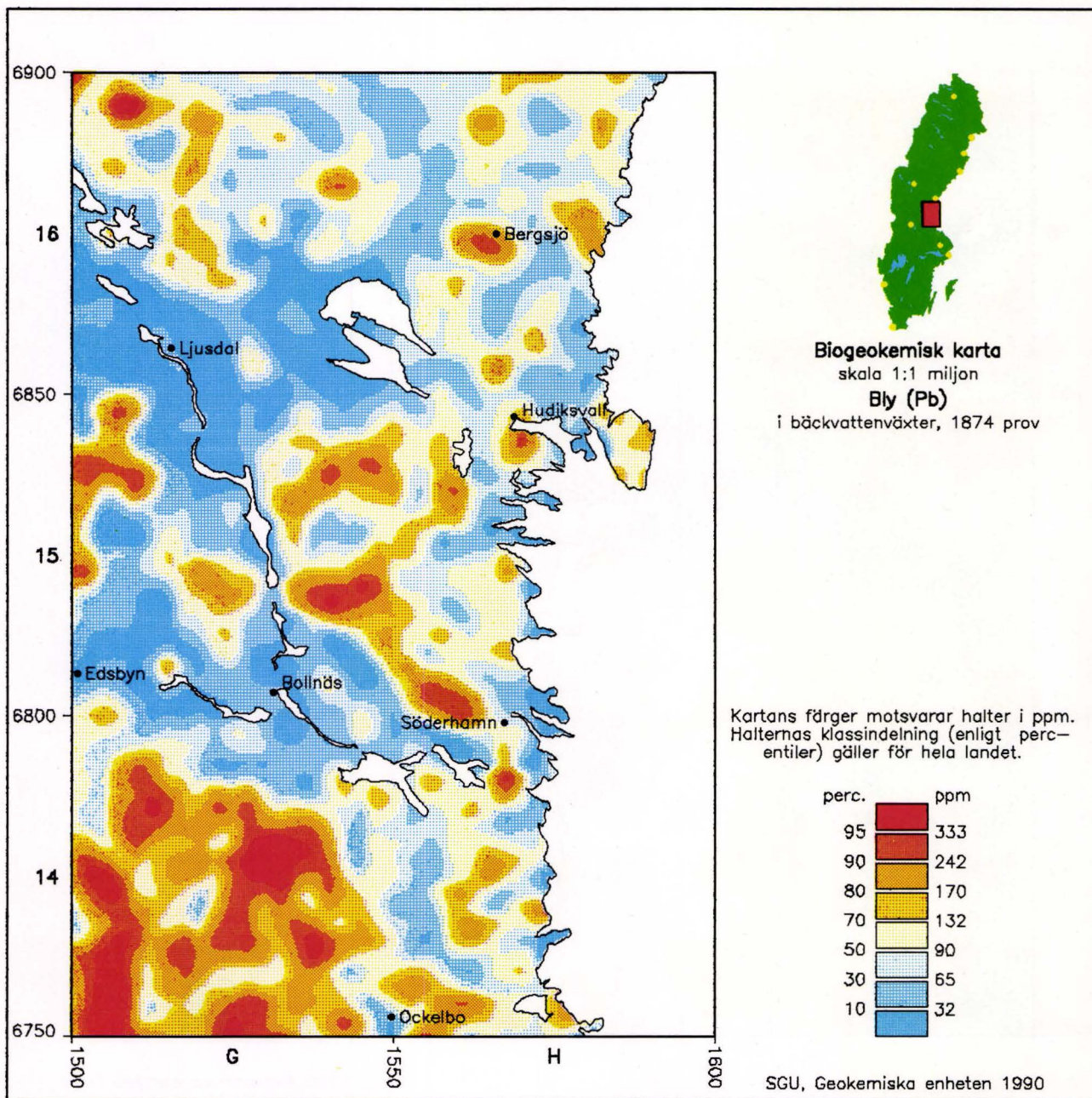


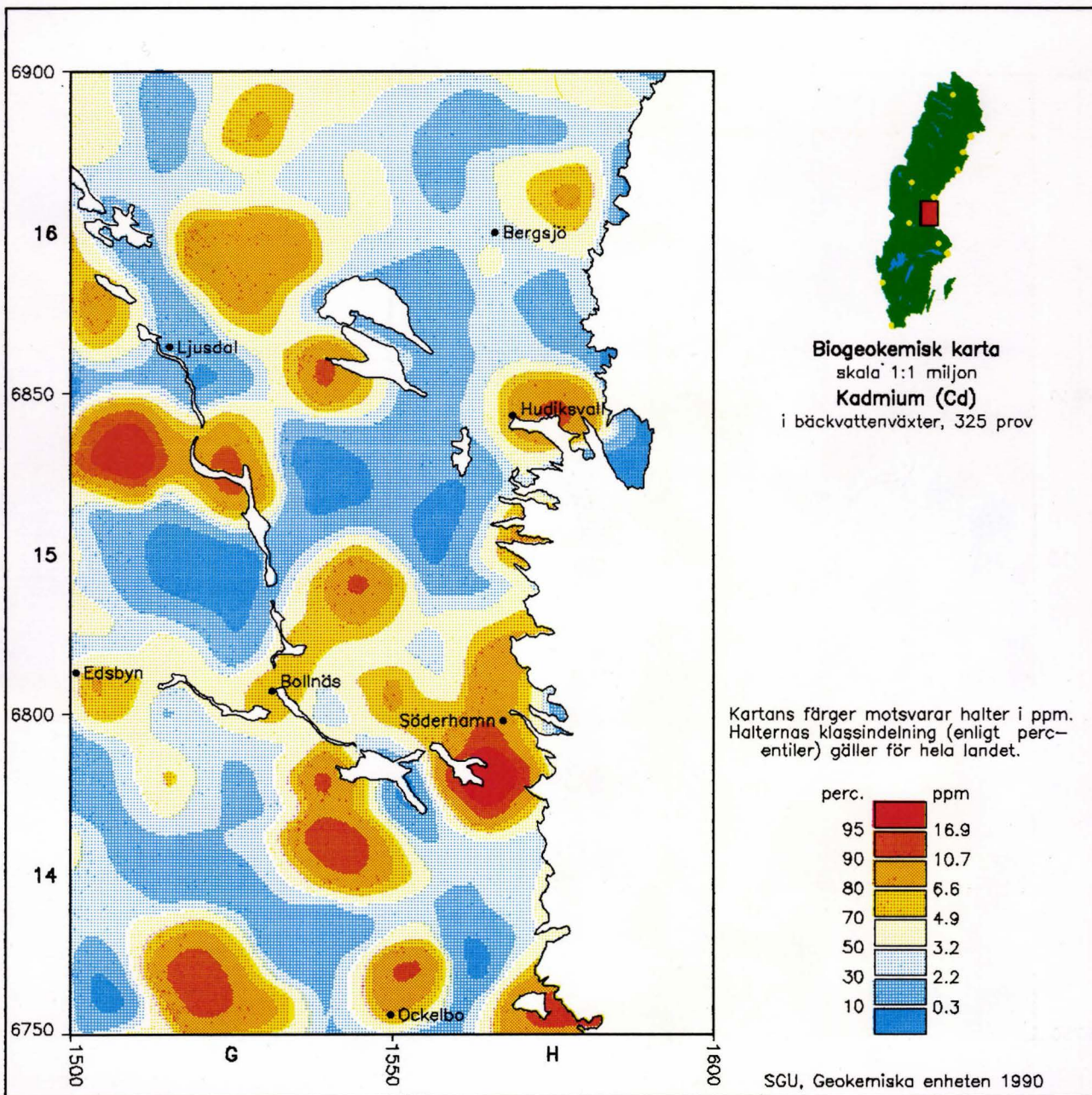
Biogeokemiska kartor  
Tungmetaller i bäck-  
vattenväxter  
Utgivningsplan tom 1990

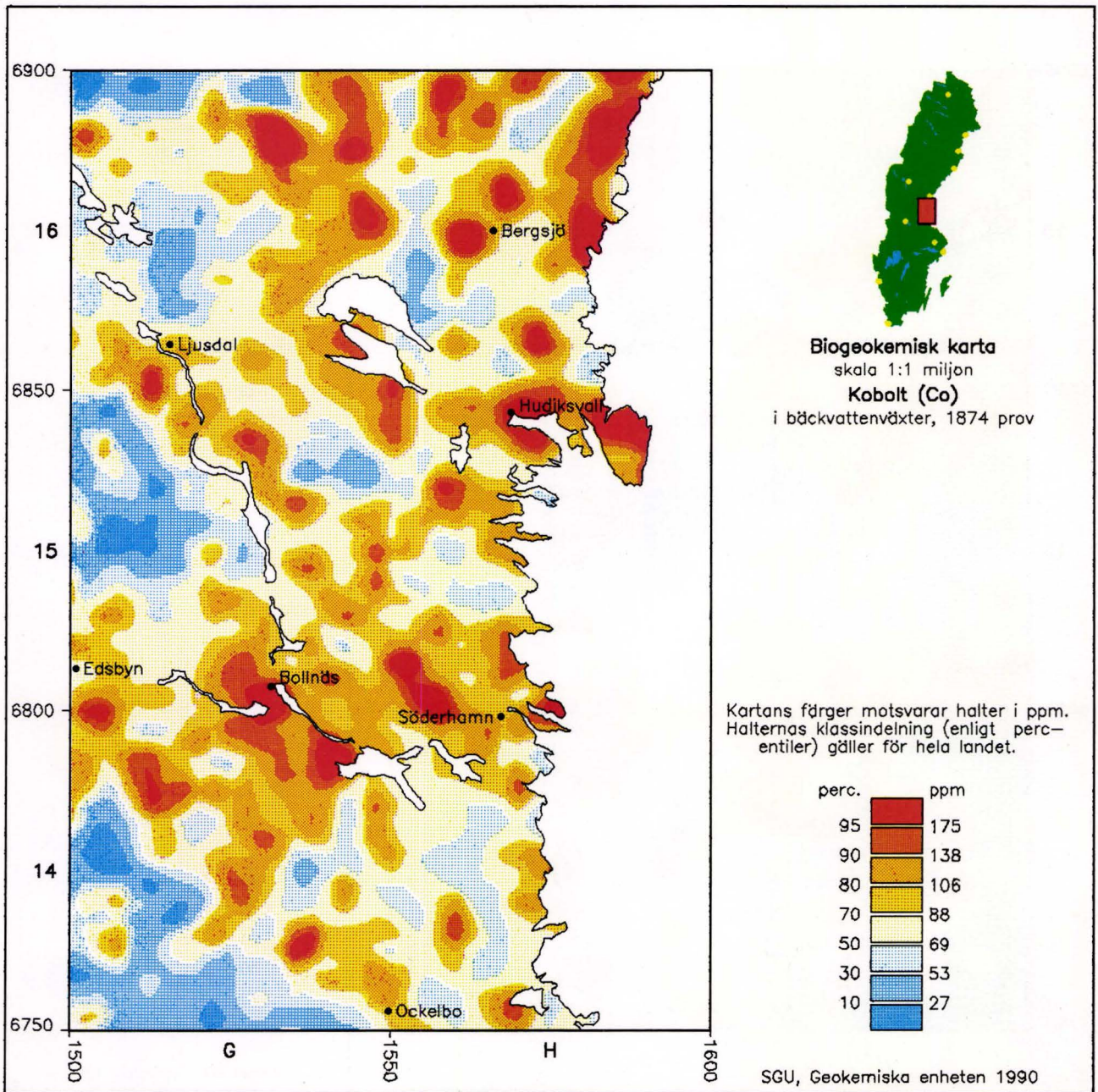
**Utgivna**

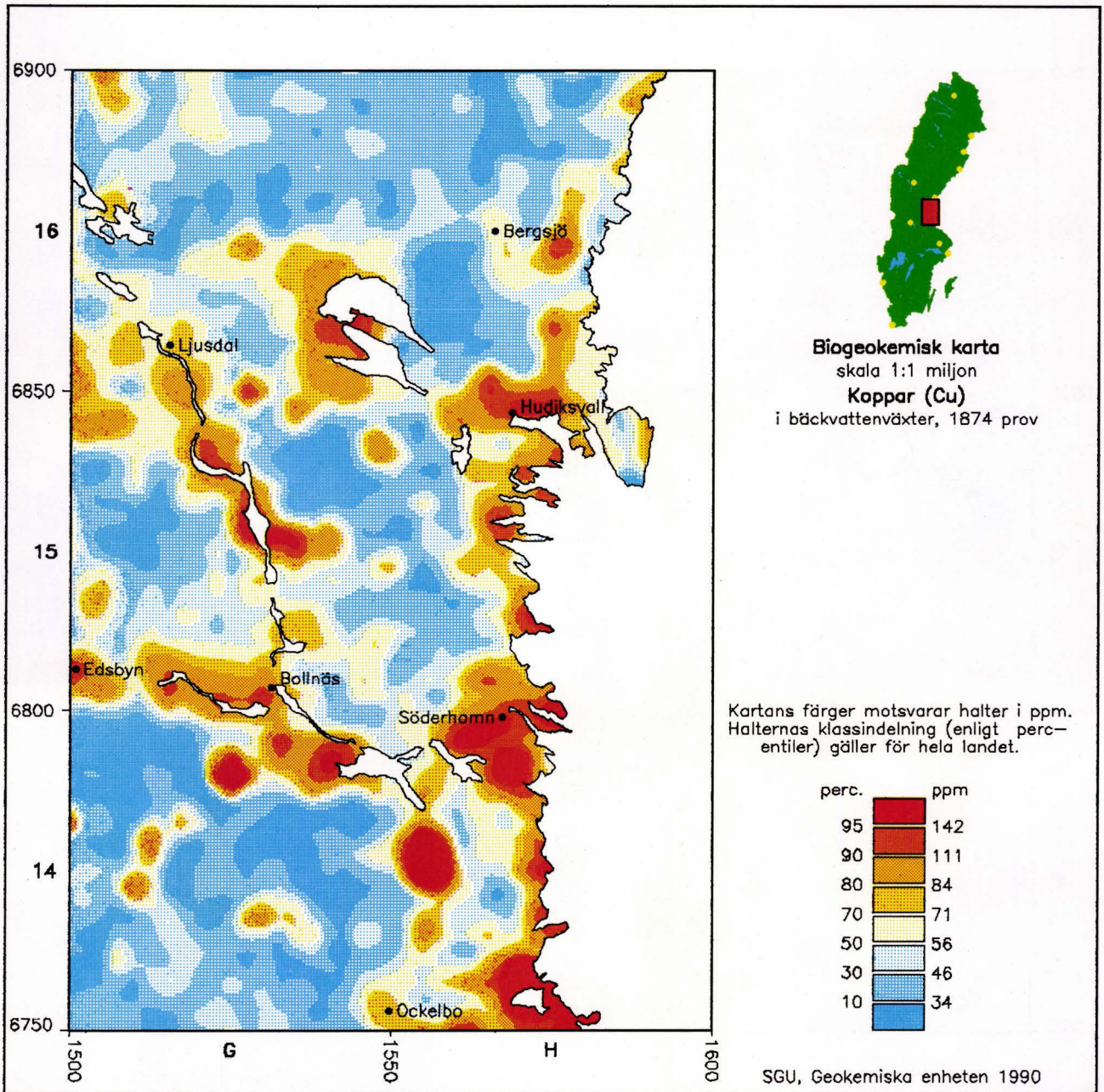
**90 8-10, A-D**

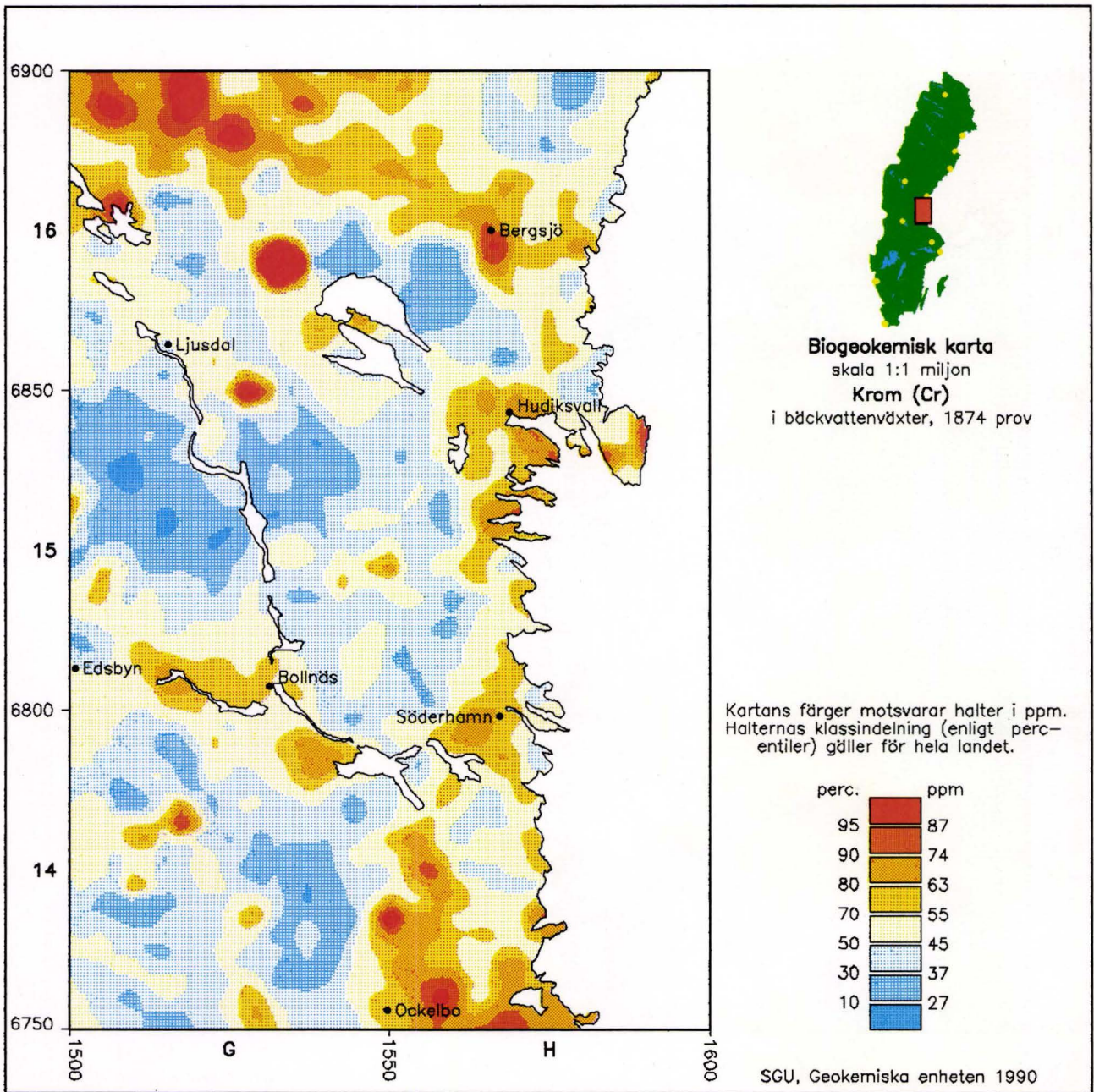


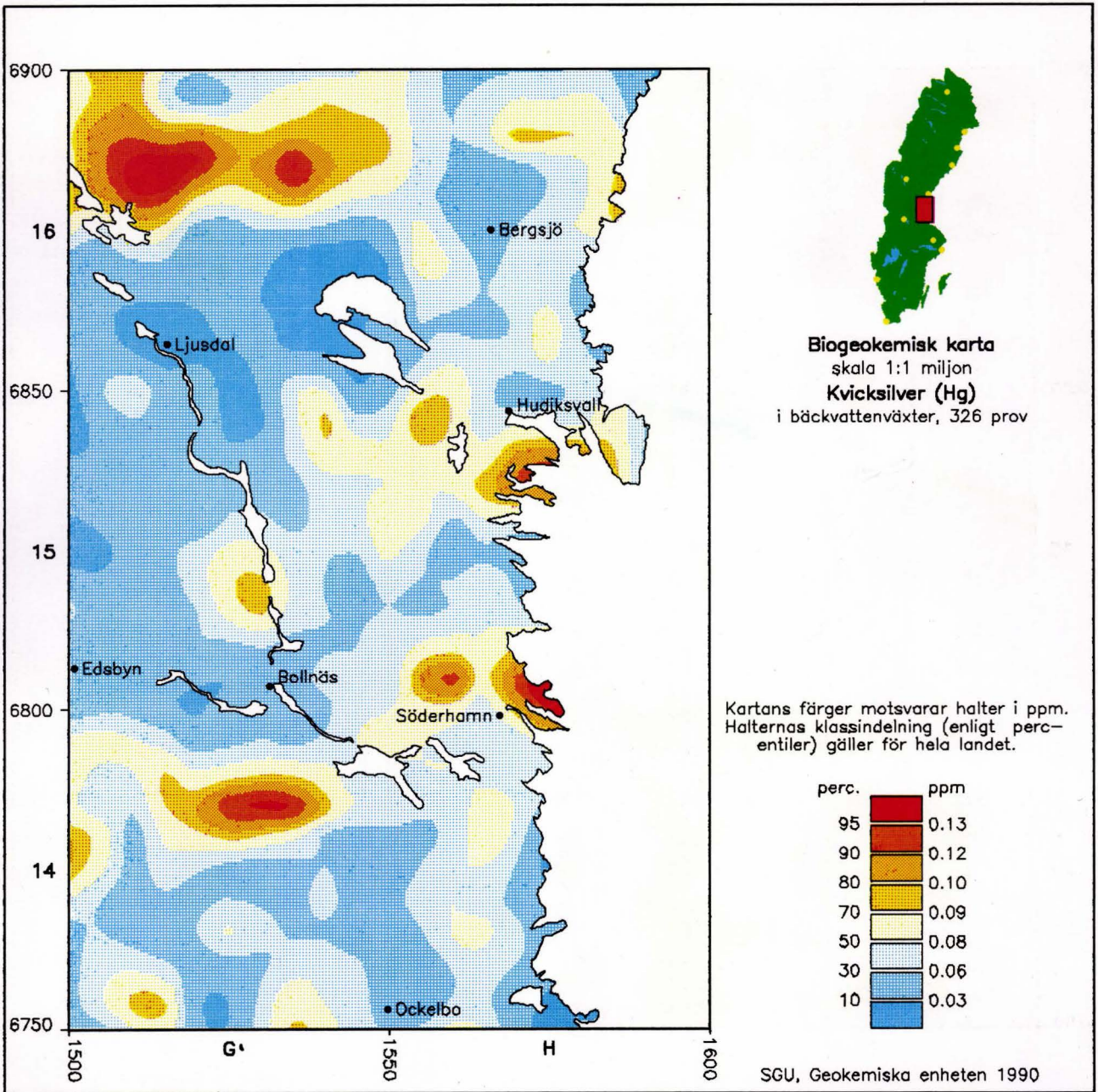


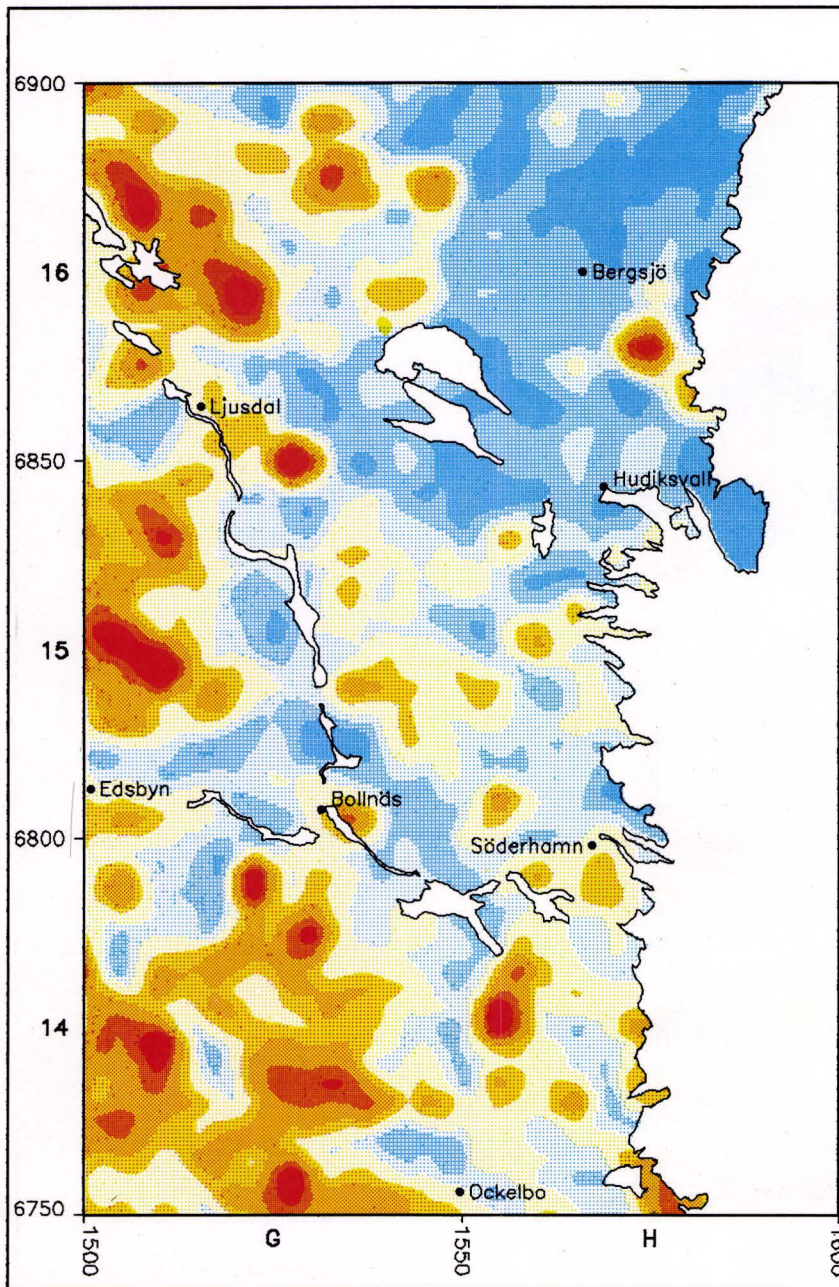










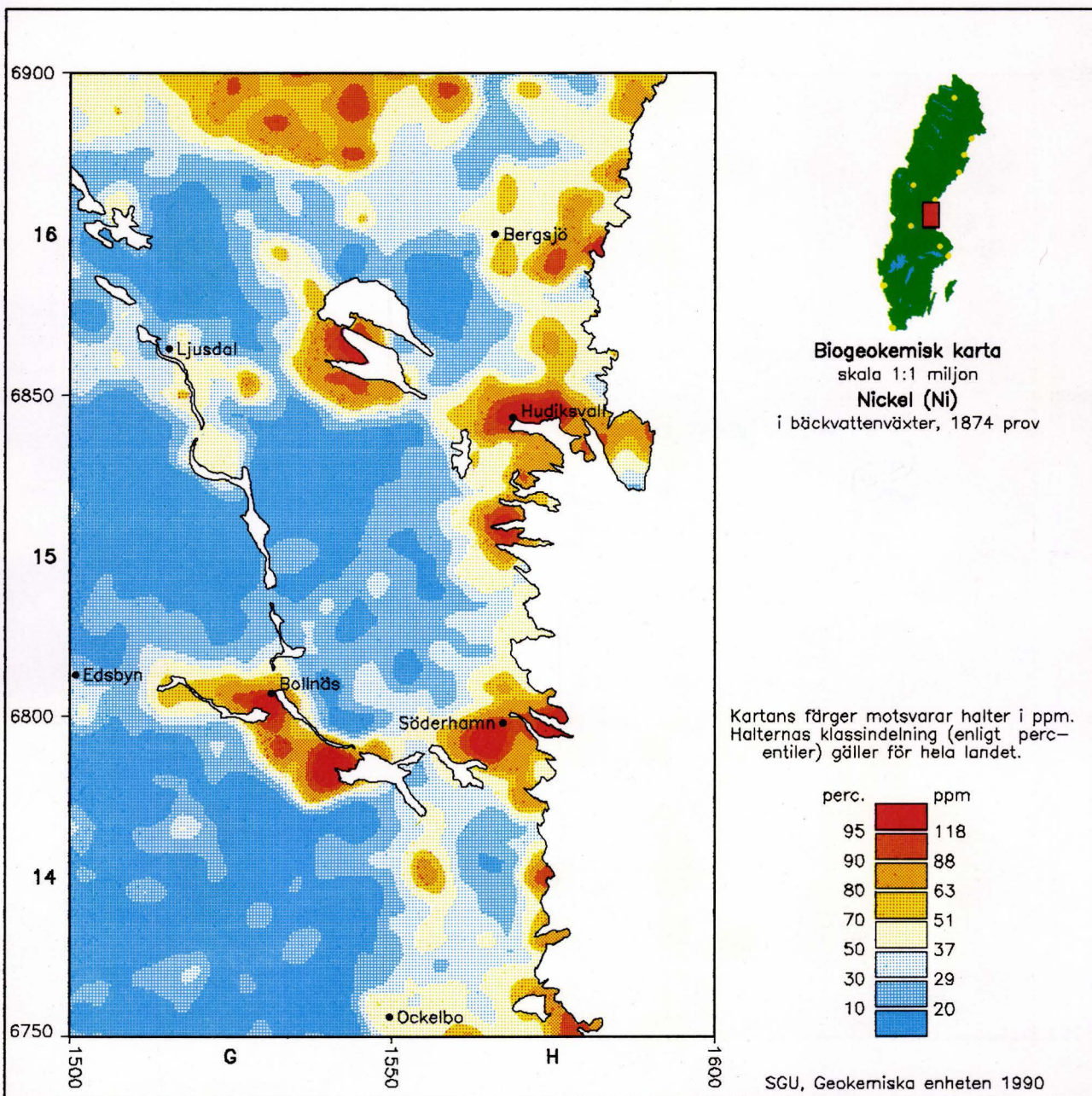


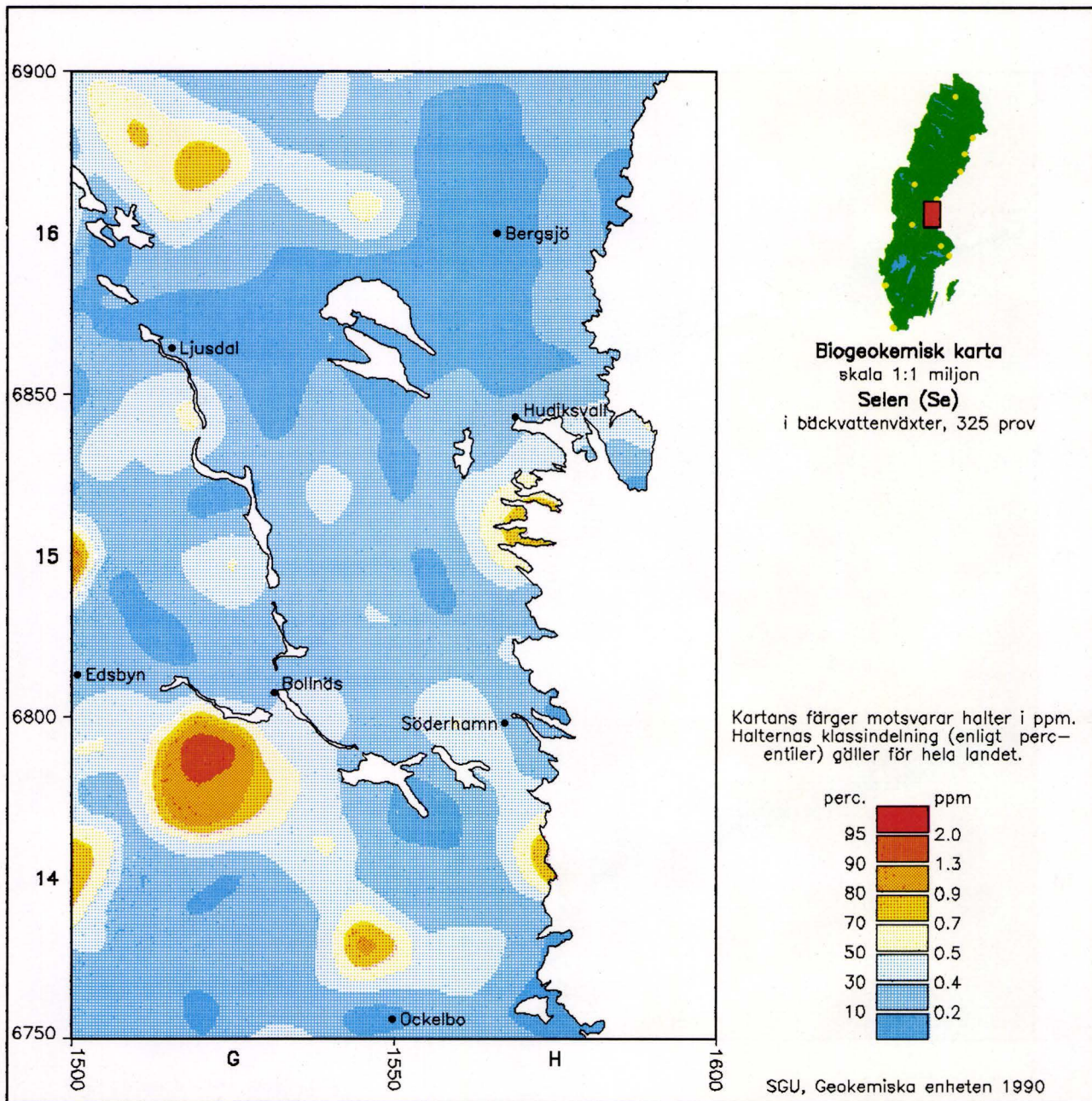
**Biogeochemisk karta**  
skala 1:1 miljon  
**Molybden (Mo)**  
i bäckvattenväxter, 1874 prov

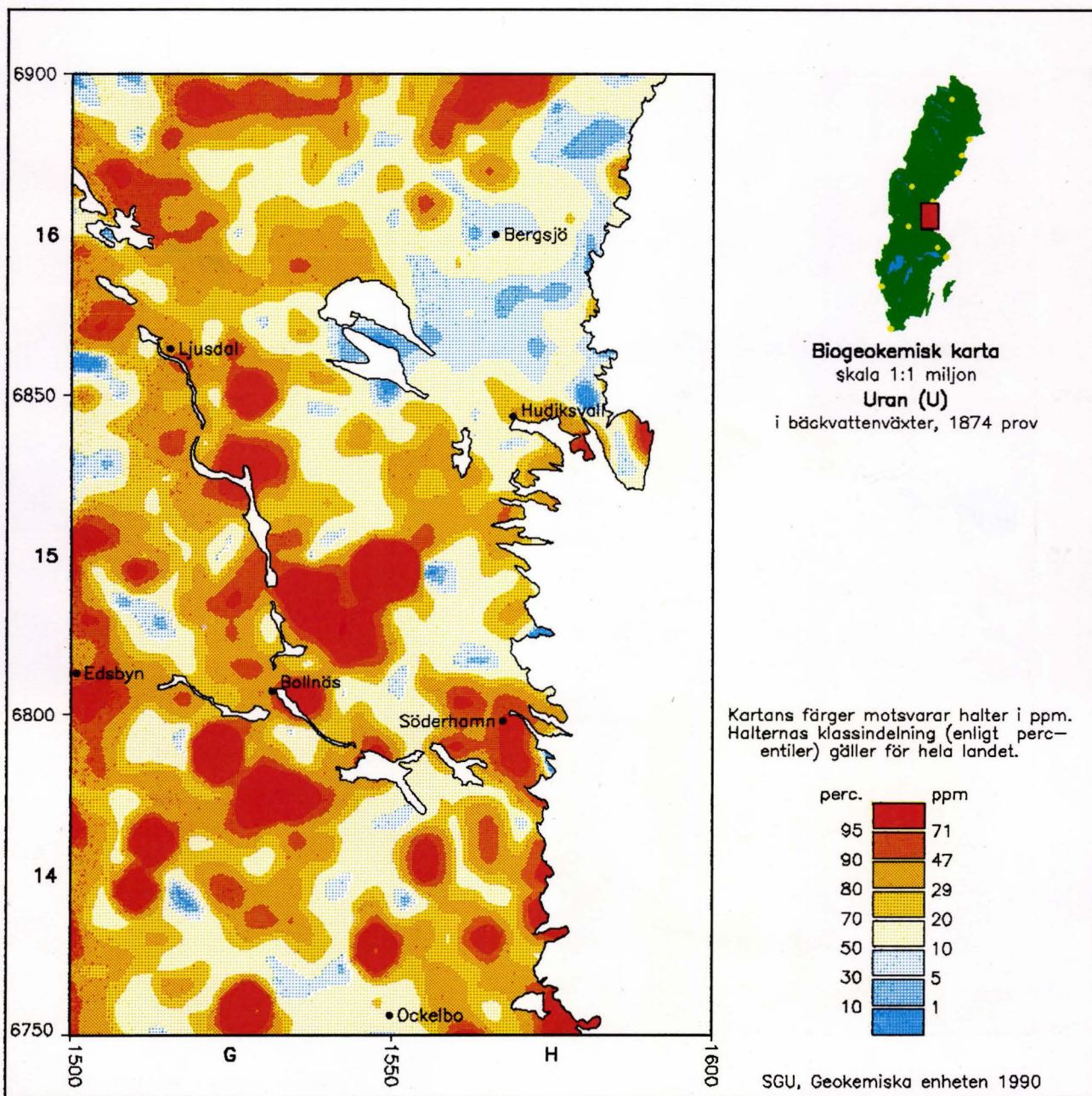
Kartans färger motsvarar halter i ppm. Halternas klassindelning (enligt procentiler) gäller för hela landet.

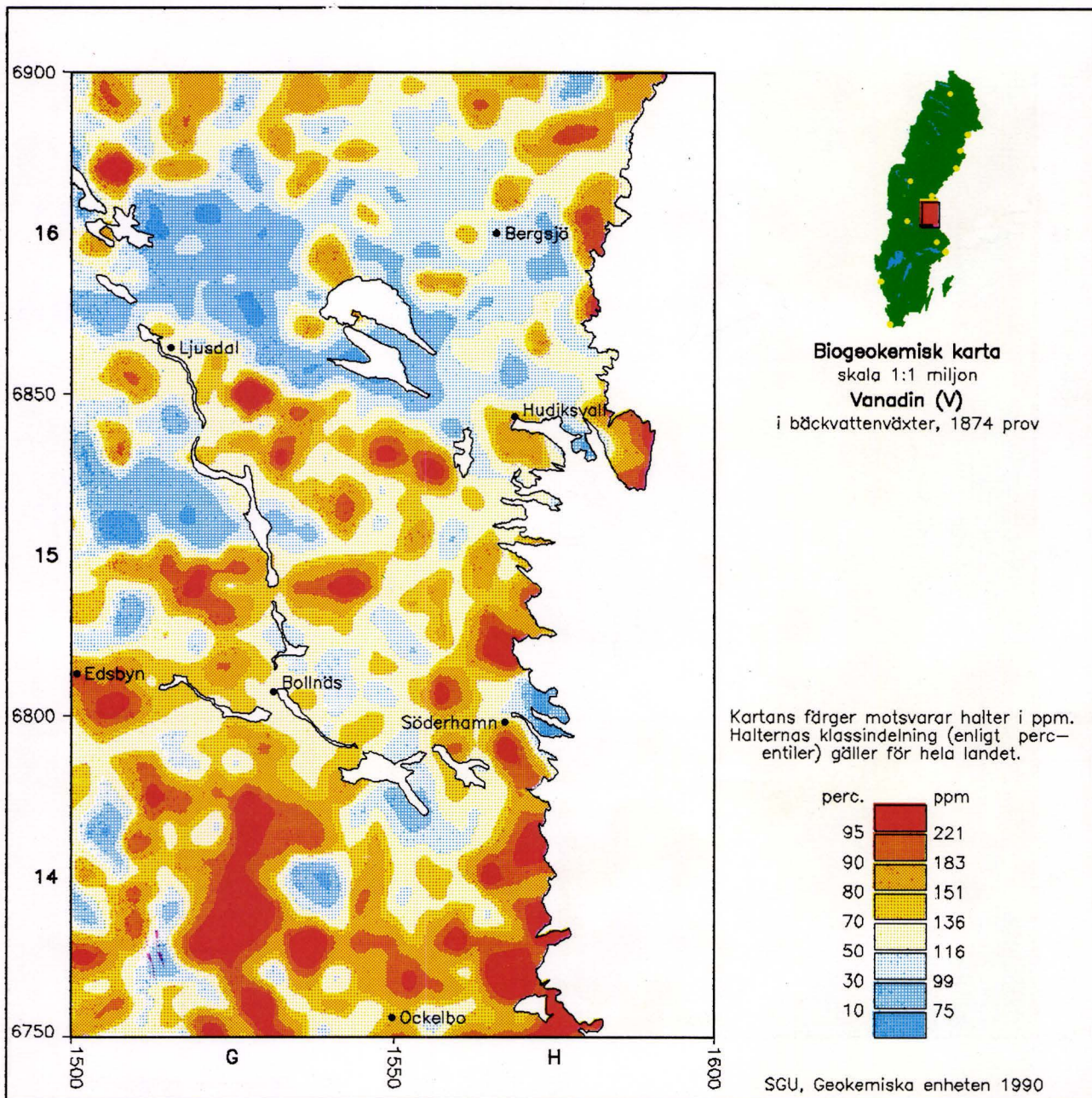
perc.	ppm
95	46
90	34
80	22
70	16
50	10
30	7
10	4

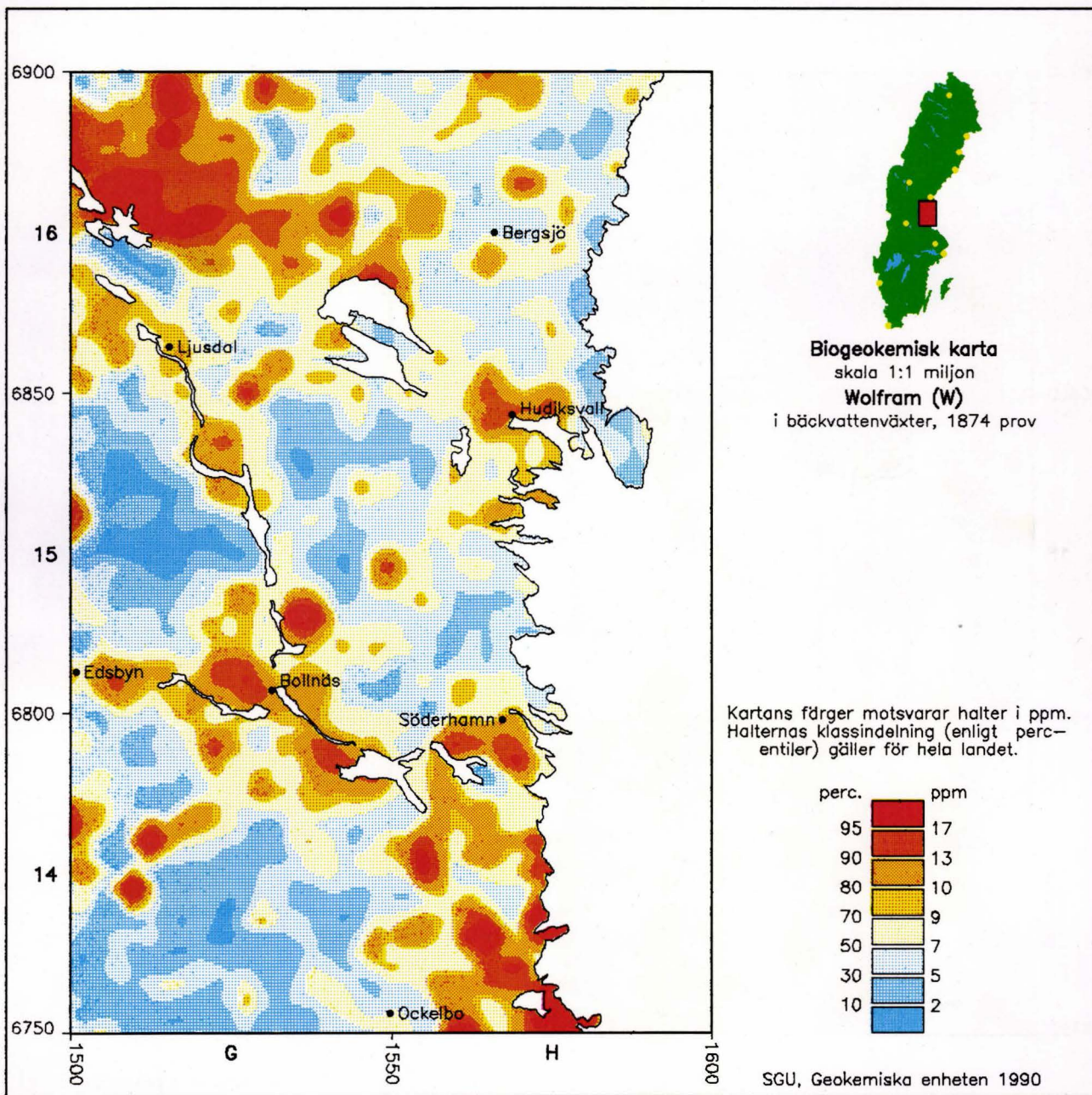
SCU, Geokemiska enheten 1990

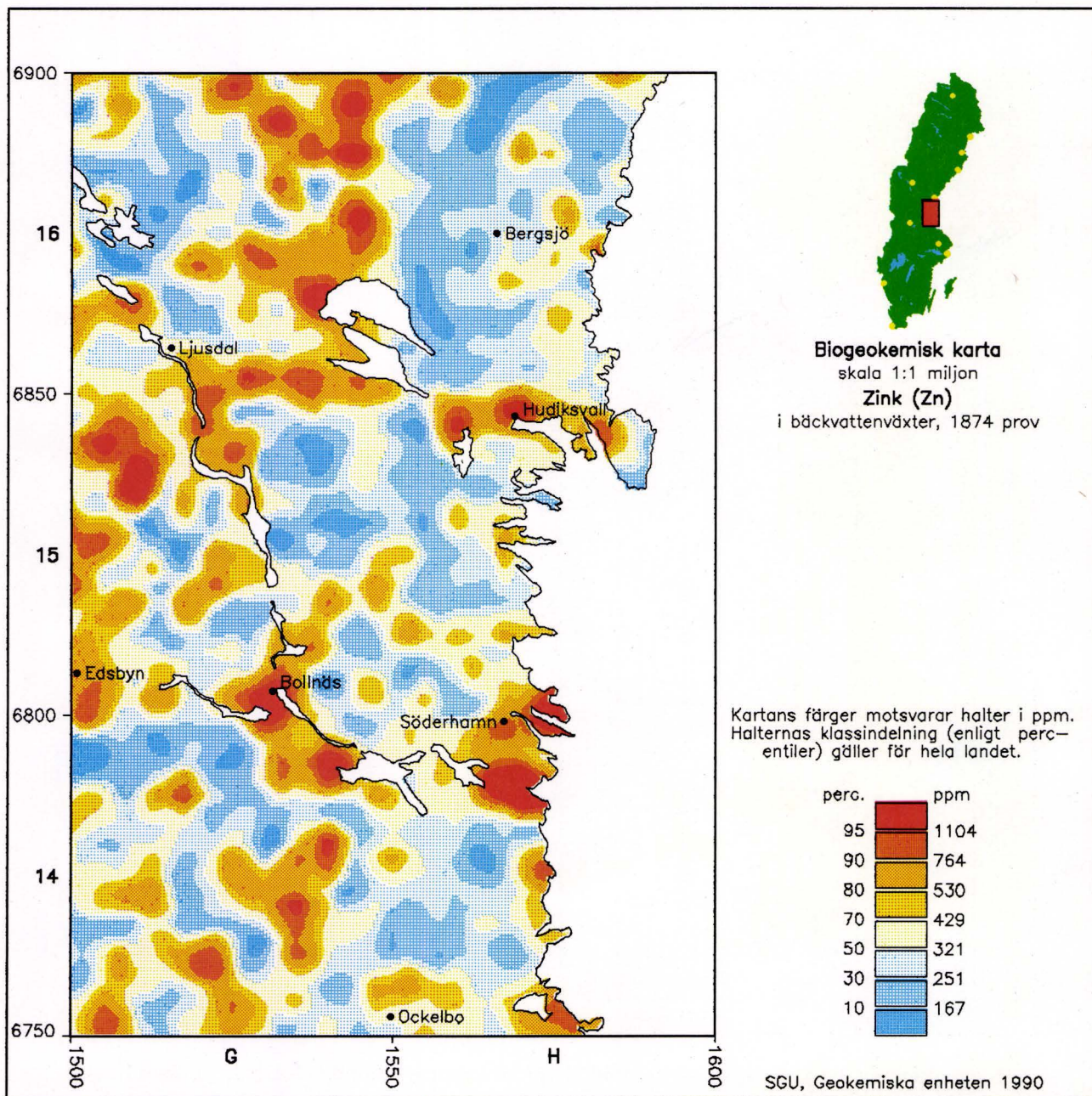


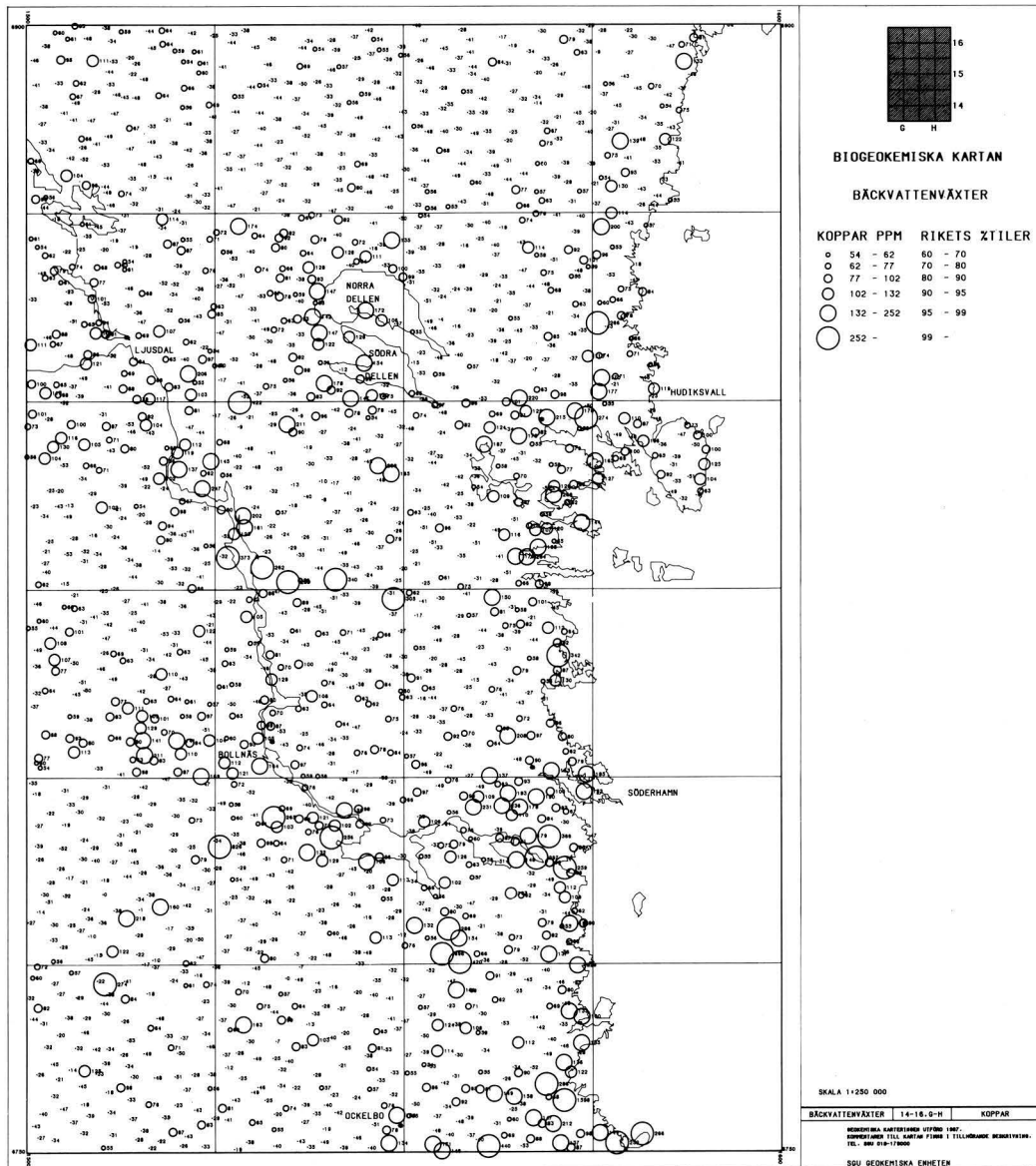












Biogeochemisk haltkarta av cirkelmodell för elementet koppar. Kartan är förminskad 4 ggr till 1:1 miljon.

## BIOGEOKEMISKA KARTPRODUKTER

De biogeokemiska färgkartorna i denna rapport i skala 1:1 miljon omfattar 14 spårelement (sid. 10–23). 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. 24) 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 35 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 biogeokemiska 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 miljövardsdiskussioner. De biogeokemiska 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 elementtassociationer man kan förvänta sig i olika bergarter. Man måste ta i

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 sandsten, skiffer 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.

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 biogeokemiska kartorna, eftersom dessa utsläpp ofta sker i större vattendrag. Upp-

gifter 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.

#### KOMMENTARER TILL BIOGEOKEMISKA KARTAN 14–16, G–H

I områdets nordliga delar framträder ett sammanhängande område med förhöjda halter av arsenik, krom, nickel och zink som sammanfaller väl med utbredningen av områdets sedimentgnejser. På ett flertal platser inom sedimentgnejsen har sulfidmineraliseringar påträffats. Baståfältet norr om Bergsjö är den mest kända. I de nordvästra delarna av området finns även förhöjda halter av kvicksilver och selen. Dessa områden ligger i anslutning till det sedan länge prospekteringsintressanta Ramsjöområdet dit bl.a. Enåsen med sin kända guldförekomst i samma typ av gnejser hör.

Norr om kartbladet återfinns stora diabasområden med förhöjda halter av bl.a. kobolt, krom, nickel och vanadin. Material från dessa diabaser har med inlandsisen förts åt sydost och påträffas i moränerna inom kartbladets nordligaste delar.

Norr om Ljusdal framträder ett intressant område med markant förhöjda halter av wolfram och molybden samt i viss mån även uran, krom, koppar och kobolt. Berggrundskartan visar att området domineeras av urgranit vilket gör att man här skulle kunna förvänta sig låga halter av tungmetaller. Graniter och då främst yngre graniter kan dock innehålla höga uranhalter. Resultat från tidigare biogeokemiska kartläggningar har visat kraftigt förhöjda uranhalter inom granitområdena i södra Sverige, där även molybden förekommer i kombination med de höga uranhalterna.

Mindre avgänsade områden med förhöjda halter av arsenik, kobolt, krom, koppar, molybden, nickel, vanadin, wolfram, uran och zink återfinns i regionen mellan Järvsjö och Bergsjö, vilket i stora drag sammanfaller med kända förekomster av gabbro. Regionen i övrigt domineeras av äldre graniter som generellt sett är fattiga på tungmetaller i jämförelse med gabbro.

Uralkartan visar att i stort sett hela området domineras av förhöjda uranhalter i förhållande till riksgenomsnittet. Förhöjningarna är orsakade av uranhaltig berggrund som under åren 1978–79 var föremål för intensiv uranprospektering framför allt inom kartbladets södra halva. Flertalet av de områden med höga halter som syns på kartan har varit föremål för uppföljningar i fält och resultaten av undersökningarna har givit flera intressanta uppslag. Ett mindre antal provborrningar hann också utföras innan kärnkraftsomröstningen hösten 1979 satte stopp för vidare uranprospektering. Jämför man den biogeokemiska kartan över uran med de flygradiometriska kartorna som finns över vissa delar av området visar dessa god överensstämmelse med varandra. De biogeokemiska urankartorna kan därmed användas som underlagsmaterial vid lokalisering av riskområden för radioaktivitet, t.ex. radonriskområden. Någon påverkan av det radioaktiva nedfallet från Tjernobyl syns däremot inte på urankartan eftersom det nedfallet i huvudsak bestod av radioaktivt cesium.

Berggrunden söder om en tänkt linje mellan Bollnäs och Söderhamn består av en komplex samling bergarter. Urgraniter uppträder i mera sammanhängande partier medan sedimentgnejser, amfiboliter och leptiter bildar sliror i den omkringliggande berggrunden. Yngre graniter och gabbror bildar däremot avgränsade massiv och framträder som spridda öformationer. På ett flertal platser i området, i anslutning till leptitisk berggrund, har gruvbrytning bedrivits på främst järnmalm. Området är en nordlig förgrening av den gamla kända malmprovinsen Torsåkers bergslag.

Här finns förhöjda halter av ett flertal ämnen, bl.a. kadmium som i stort sett sammanfaller med leptitförekomsterna inom detta område. Sura vulkaniter, som leptiter, innehåller ofta naturligt förhöjda halter av olika tungmetaller. Inom regionen finns också flera kända sulfidmineraliseringar, vilket kan vara ytterligare en förklaring till de höga tungmetallhalterna.

Inom kartbladets sydöstra del samt längs den södra kustremsan (triangeln Söderhamn, Ockelbo och Hamrångefjärden) finns lokala förhöjningar av arsenik, kadmium, kobolt, krom, koppar, molybden, nickel, bly, uran, vanadin, wolfram och zink, vilka i huvudsak härstammar från spridda järn- och sulfidmineraliseringar. Vid Vallvik, söder om Söderhamn, finns tre mindre järngruvor där en leptitisk svartmalm har brutits. Här har även pechblände, ett uranradiumrikt mineral, påträffats vilket ger en förklaring till de höga uranhalterna som följer vissa mineraliseringar i området.

För landet som helhet gäller rent allmänt att höga värden för samtliga ämnen ofta återfinns i anslutning till städer och tätorter samt inom regioner belastade av utsläpp och nedfall. Här gäller det främst orterna utefter kusten och längs Ljusnans dalgång samt vid Delsbo. I de fall då höga tungmetallhalter inte är orsakade av inverkan från omgivande jordlager och berggrund måste orsaken till de höga halterna förklaras med någon form av tillförda pålagor. Med största sannolikhet är ovan nämnda förhöjningar resultat av lokala utsläpp i luften från industrier och värmeverk. Här tillkommer även spridning av metaller från jordbruket som transporteras via grundvattnet ut till bäcksystemen. Misstankar om mera långtransporterade föroreningar kan framför allt riktas mot de höga halter av bly och vanadin som framträder i kartans sydvästra hörn. För att säkerställa orsakerna till

denna typ av förhöjningar krävs i regel utökade undersökningar angående dräneringsförhållanden, inventeringar av de lokala utsläppen, uppgifter om vindförhållanden och nederbörd etc.

#### REFERENSER

- Andersson, M., 1989: Markgeokemiska kartan 16–18, G–I. SGU Rapporter och meddelanden nr 59.
- Berg och malm i Gävleborgs län, SIND 1980:19: Sammanställning utförd av Statens Industriverk.
- Ek, J., Ohlsson, S.-Å. och Selinus, O., 1988: Bly, kadmium, selen – Hela Sverige kartläggs. Forskning och Framsteg 2/88.
- Grip, H. och Rodhe, A., 1985: Vattnets väg från regn till bäck. Forskningsrådets förlagstjänst.
- Monitor 1982: Naturvårdsverkets årsbok.
- Monitor 1987: Naturvårdsverkets årsbok.
- Luftvårdsutredning i Gävleborgslän: Länsstyrelse. (I tryck).
- Lundegårdh, P.H., 1967: Berggrundskarta över Gävleborgs län. SGU serie Ba nr 22.
- Lundqvist, Th., 1987: Berggrundskarta över Västernorrlands län. SGU Serie Ba nr 31.

## I SGU:s 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. Kommentar till SGU:s maringeologiska karta över Öresund. (Under tryckning.)
- \*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 — betonskikt. 1980.
18. **Karlqvist, L., och Qvarfort, U.** Gruvhanterings inverkan på Bersboområdet, Ätvidabergs kommun. 1980.
19. **Wilson, M. R., och 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.
21. **Olsson, T.** Ground-water-level fluctuations as a measure of the effective porosity and ground-water recharge. 1980.
22. **Bergström, J., och Shaikh, N.A.** Malmer, industriella mineral och bergarter i Kristianstads län. Projekt i länsplanering 1980. 1980.
23. **Lilja, A.** Störning av berggrundens temperaturförhållanden vid hammarborring. 1981.
24. **Agrell, H.** Gotska Sandöns kvartärgeologi. (Summary: The Quaternary geology of the island of Gotska Sandön in the Baltic.) 1981.
25. **Laufeld, S., (Ed.)** Proceedings of Project Ecostratigraphy Plenary Meeting, Gotland, 1981. 1981.
26. **Fredén, C., m fl.** Tuveskredet, 1977-11-30. Geologiska undersökningar. Särtryck av SGI Rapp. 11 B. 1981.
27. SWIM 81. Intruded and relict groundwater of marine origin. Proceedings of Seventh Salt Water Intrusion Meeting, Uppsala, Sweden, 14—17 September 1981. 1981.
28. **Aastrup, M., Aneblom, T., Henriksson, B., och Persson, G.** PMK-grundvatten. Lägesrapport mars 1982. 1982.
29. Energigeologi. Exempel på verksamhet inom energisektorn vid SGU. April 1982.

30. Åkerblom, G., and Wilson, C. Radon – geological aspects of an environmental problem. 1982.
31. Bergström, J., och Shaikh, N. A. Malmer, industriella mineral och bergarter i Malmöhus län. 1982.
32. Ericsson, B., och Grånäs, K. SGU:s grusdataarkiv. 1983.
33. Sivhed, U. Upper Cretaceous Ostracodes from the Malen Limestone quarry and the river Stensån, southern Sweden. 1983.
34. Berggrundsgeokemi som prospekteringsmetod i Sveriges urberg. Föredrag och inlägg från ett symposium i Uppsala den 17–18 mars 1983 anordnat av Sveriges geologiska undersökning och Svenska Gruvföreningen. O. Selinus (Red.). 1983.
35. Vanadin. 1984.
37. Andersson, M., och Ohlsson, S.-Å. Geokemisk kartering. 1984.
38. Lundqvist, Th. Färg- och teckenschema för SGU:s berggrundskartering. 1984.
39. Lindewald, H. Salt grundvatten i Sverige. 1985.
40. Guy-Ohlson, D., och Malmquist, E. Lower Jurassic biostratigraphy of the Oppegård 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 Wilhelmina. 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. Översiktskartbladen Göteborg och Borås. 1988.
52. Gustafsson, O., Jonasson, S.A. och Andersson, C. Grundvattenundersökningar på Kristianstadslätten 1976–1987. 1988.
53. Andersson, M. Markgeokemiska kartan 18–22, G–I. 1988.
54. Shaikh, N.A., Karls, L., Kumpulainen, R., Sundberg, A. och Wik, N.-G. Kalksten och dolomit i Sverige. Del 1. Norra Sverige. 1989.
55. Shaikh, N.A., Karls, L., Snäll, S., Sundberg, A. och N.-G. Wik. Kalksten och dolomit i Sverige. Del 2. Mellersta Sverige. 1989.
59. Andersson, M. Markgeokemiska kartan 16–18, G–I. 1989.

\* Utgången

Cirkelkartor i skala 1:250 000 kan köpas separat hos SGU, Uppsala. Kostnad 35 kr/element. Färgkartor och cirkelkartor med valfri skala kan erhållas till självkostnadspris.

Distribution  
 LIBER DISTRIBUTION  
 162 89 STOCKHOLM  
 Tel 08-739 96 60

ISBN 91-7158-470-6  
 ISSN 0340-2176