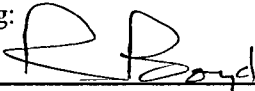


NGU Rapport 96.137
Geokjemisk atlas over bekkesedimenter i
Sør-Norge
*(A Geochemical Atlas of Stream Sediments in
Southern Norway)*

Rapport nr.: 96.137		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Geokjemisk atlas over bekkersedimenter i Sør-Norge (A Geochemical Atlas of Stream Sediments in Southern Norway)				
Forfatter: Rolf Nilsen og Clemens Reimann		Oppdragsgiver: NGU		
Fylke:		Kommune:		
Kartblad (M=1:250.000)		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)		
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 147	Pris: 210,-	
Feltarbeid utført: 1970 - 1989		Rapportdato: 23.01.97	Prosjektnr.: 2651.00	Ansvarlig: 
Sammendrag:				
<p>Atlaset omfatter de aller fleste eksisterende bekkesedimentdata fra Sør-Norge som finnes ved NGU, prøver fra 5271 lokaliteter i alt. De er slått sammen til et nytt stort datasett. Det har vært et ønske å gjøre denne gamle datamassen kjent og lettere tilgjengelig for publikum. En ny samlet bearbeiding av datamaterialet er derfor gjennomført med et nytt geokjemisk atlas for Sør-Norge basert på bekkersedimenter som mål. En oversikt over disse gamle data, hvilke elementer som er analysert og hvilke nivåer som ble funnet den gang, kan være et bidrag i den pågående debatt om bakgrunnsverdier, naturgrunnlag, naturressurser og miljøvern. En spesiell teknikk - Exploratory Data Analysis - (EDA)-teknikk, som er særlig godt egnet for behandling av data med ukjent kvalitet, er anvendt ved kartfremstilling og statistisk behandling.</p> <p>Det foreliggende datamateriale kan med god grunn mistenkes for å være inhomogent. Det ville derfor være interessant å undersøke hva som kan oppnås fra et slikt datasett ved bruk av egnet teknikk. Men med de generelle problemer med hensyn til dataenes opprinnelse og kvalitet i minne bør tolkninger og kart studeres med omtanke.</p> <p>Atlaset tar for seg 18 grunnstoffer, Al, Ba, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Sr, Ti, V, Zn, med kart, figurer og tabeller. Det viser seg, at i noen områder kan det observeres overraskende gode korrelasjoner mellom geokjemi og regional geologi, mens andre strøk ikke viser noen slik sammenheng.</p> <p>Markante nivåforskjeller mellom subdatasett opptrer sjelden, men i noen tilfeller kan slike tendenser observeres langs fylkesgrenser, som ofte også er grenser mellom ulike deldatasett.</p> <p>Et antall "anomalier" som muligens kan ha interesse for eventuell fremtidig prospektering kommer frem på kartene. Mest overraskende er de høye molybdenverdier over store områder i Sør-Norge, riktig nok kjent som en Mo-provins blant geologer, men anomalierne som avtegner seg er imidlertid så store at en kontroll kunne være velbegrunnet, kanskje ikke minst ut fra helse- og miljøsynspunkt.</p> <p>Leserne anmodes om selv å studere kart og grafiske fremstillinger for deretter å gjøre seg opp en mening om verdien av å repressere og kartfremstille gamle data med moderne teknikk.</p>				
Emneord: geokjemi		bekkesedimenter		Sør-Norge
fagrapport				

INNHold/ CONTENTS

1.	INNLEDNING/ INTRODUCTION.....	10
	1.1 Datagrunnlaget	10
	1.2 Hva er bekkersediment	10
	1.3 Prøvepreparering og kjemisk analyse.....	10
	1.4 Atlasets innhold	11
2.	STATISTISK ANALYSE AV FORELIGGENDE ATLAS-DATA -	14
	- <i>STATISTICAL ANALYSIS OF THE PRESENT ATLAS DATA</i>	
	2.1 Data sammendrag/ <i>Summary of data</i>	15
	2.2 Sammenligning av box-plot ved bruk av deldatasett/	16
	- <i>Comparison of data boxplots using data subsets</i>	
	2.3 Kartfremstilling/ <i>Map presentation</i>	16
	2.4 Noen generelle kommentarer vedrørende tolkning av kart/	18
	- <i>Some general comments on interpretation of maps</i>	
3.	GEOKJEMISKE ASSOSIASJONER/ <i>GEOCHEMICAL ASSOCIATIONS</i>	20
4.	KONKLUSJONER/ <i>CONCLUSIONS</i>	21
5.	ALUMINIUM.....	22
	kort omtale/ <i>short description</i>	
	tabell over de viktigste data/ <i>table of most important data</i>	
	frekvensfordelingsdiagram med tetthetsplot og boxplot/ <i>frequency distribution diagram with density plot & boxplot</i>	
	fargekart med boxplot over Al-innhold i bekkersedimenter i Sør-Norge/ <i>map and boxplot of Al in stream sediments in southern Norway</i>	
	boxplot over Al-innhold i bekkersedimenter fordelt på fylker i Sør-Norge/ <i>boxplot of Al in stream sediments in southern Norway by county</i>	
	boxplot over Al-innhold fordelt på litologi i Sør-Norge/ <i>boxplot of Al in stream sediments in southern Norway by lithology</i>	
	tabell over Al-innhold i bekkersedimenter fordelt på fylker og litologisk bakgrunn i Sør-Norge/ <i>table of Al in stream sediments in southern Norway by county and lithological background</i>	
6.	BARIUM.....	27
	kort omtale/ <i>short description</i>	
	tabell over de viktigste data/ <i>table of most important data</i>	
	frekvensfordelingsdiagram med tetthetsplot og boxplot/ <i>frequency distribution diagram with density plot & boxplot</i>	
	fargekart med boxplot over Ba-innhold i bekkersedimenter i Sør-Norge/ <i>map and boxplot of Ba in stream sediments in southern Norway</i>	
	boxplot over Ba-innhold i bekkersedimenter fordelt på fylker i Sør-Norge/ <i>boxplot of Ba in stream sediments in southern Norway by county</i>	
	boxplot over Ba-innhold fordelt på litologi i Sør-Norge/ <i>boxplot of Ba in stream sediments in southern Norway by lithology</i>	
	tabell over Ba-innhold i bekkersedimenter fordelt på fylker og litologisk bakgrunn i Sør-Norge/ <i>table of Ba in stream sediments in southern Norway by county and lithological background</i>	

7.	KALSIUM 32 kort omtale/ <i>short description</i> tabell over de viktigste data/ <i>table of most important data</i> frekvensfordelingsdiagram med tetthetsplot og boxplot/ <i>frequency distribution diagram with density plot & boxplot</i> fargekart med boxplot over Ca-innhold i bekkersedimenter i Sør-Norge/ <i>map and boxplot of Ca in stream sediments in southern Norway</i> boxplot over Ca-innhold i bekkersedimenter fordelt på fylker i SørNorge/ <i>boxplot of Ca in stream sediments in southern Norway by county</i> boxplot over Ca-innhold fordelt på litologi i Sør-Norge/ <i>boxplot of Ca in stream sediments in southern Norway by lithology</i> tabell over Ca-innhold i bekkersedimenter fordelt på fylker og litologisk bakgrunn i Sør-Norge/ <i>table of Ca in stream sediments in southern</i> <i>Norway by county and lithological background</i>
8.	KOBÖLT 37 kort omtale/ <i>short description</i> tabell over de viktigste data/ <i>table of most important data</i> frekvensfordelingsdiagram med tetthetsplot og boxplot/ <i>frequency distribution diagram with density plot & boxplot</i> fargekart med boxplot over Co-innhold i bekkersedimenter i Sør-Norge/ <i>map and boxplot of Co in stream sediments in southern Norway</i> boxplot over Co-innhold i bekkersedimenter fordelt på fylker i SørNorge/ <i>boxplot of Co in stream sediments in southern Norway by county</i> boxplot over Co-innhold fordelt på litologi i Sør-Norge/ <i>boxplot of Co in stream sediments in southern Norway by lithology</i> tabell over Co-innhold i bekkersedimenter fordelt på fylker og litologisk bakgrunn i Sør-Norge/ <i>table of Co in stream sediments in southern</i> <i>Norway by county and lithological background</i>
9.	KROM 42 kort omtale/ <i>short description</i> tabell over de viktigste data/ <i>table of most important data</i> frekvensfordelingsdiagram med tetthetsplot og boxplot/ <i>frequency distribution diagram with density plot & boxplot</i> fargekart med boxplot over Cr-innhold i bekkersedimenter i Sør-Norge/ <i>map and boxplot of Cr in stream sediments in southern Norway</i> boxplot over Cr-innhold i bekkersedimenter fordelt på fylker i SørNorge/ <i>boxplot of Cr in stream sediments in southern Norway by county</i> boxplot over Cr-innhold fordelt på litologi i Sør-Norge/ <i>boxplot of Cr in stream sediments in southern Norway by lithology</i> tabell over Cr-innhold i bekkersedimenter fordelt på fylker og litologisk bakgrunn i Sør-Norge/ <i>table of Cr in stream sediments in southern</i> <i>Norway by county and lithological background</i>

10. KOBBER 47
 kort omtale/ *short description*
 tabell over de viktigste data/ *table of most important data*
 frekvensfordelingsdiagram med tetthetsplot og boxplot/
frequency distribution diagram with density plot & boxplot
 fargekart med boxplot over Cu-innhold i bekkersedimenter i Sør-Norge/
map and boxplot of Cu in stream sediments in southern Norway
 boxplot over Cu-innhold i bekkersedimenter fordelt på fylker i SørNorge/
boxplot of Cu in stream sediments in southern Norway by county
 boxplot over Cu-innhold fordelt på litologi i Sør-Norge/
boxplot of Cu in stream sediments in southern Norway by lithology
 tabell over Cu-innhold i bekkersedimenter fordelt på fylker og litologisk
 bakgrunn i Sør-Norge/ *table of Cu in stream sediments in southern
 Norway by county and lithological background*
11. JERN..... 52
 kort omtale/ *short description*
 tabell over de viktigste data/ *table of most important data*
 frekvensfordelingsdiagram med tetthetsplot og boxplot/
frequency distribution diagram with density plot & boxplot
 fargekart med boxplot over Fe-innhold i bekkersedimenter i Sør-Norge/
map and boxplot of Fe in stream sediments in southern Norway
 boxplot over Fe-innhold i bekkersedimenter fordelt på fylker i SørNorge/
boxplot of Fe in stream sediments in southern Norway by county
 boxplot over Fe-innhold fordelt på litologi i Sør-Norge/
boxplot of Fe in stream sediments in southern Norway by lithology
 tabell over Fe-innhold i bekkersedimenter fordelt på fylker og litologisk
 bakgrunn i Sør-Norge/ *table of Fe in stream sediments in southern
 Norway by county and lithological background*
12. KALIUM..... 57
 kort omtale/ *short description*
 tabell over de viktigste data/ *table of most important data*
 frekvensfordelingsdiagram med tetthetsplot og boxplot/
frequency distribution diagram with density plot & boxplot
 fargekart med boxplot over K-innhold i bekkersedimenter i Sør-Norge/
map and boxplot of K in stream sediments in southern Norway
 boxplot over K-innhold i bekkersedimenter fordelt på fylker i SørNorge/
boxplot of K in stream sediments in southern Norway by county
 boxplot over K-innhold fordelt på litologi i Sør-Norge/
boxplot of K in stream sediments in southern Norway by lithology
 tabell over K-innhold i bekkersedimenter fordelt på fylker og litologisk
 bakgrunn i Sør-Norge/ *table of K in stream sediments in southern
 Norway by county and lithological background*
13. MAGNESIUM 62
 kort omtale/ *short description*
 tabell over de viktigste data/ *table of most important data*
 frekvensfordelingsdiagram med tetthetsplot og boxplot/
frequency distribution diagram with density plot & boxplot

	fargekart med boxplot over Mg-innhold i bekkersedimenter i Sør-Norge/ <i>map and boxplot of Mg in stream sediments in southern Norway</i>	
	boxplot over Mg-innhold i bekkersedimenter fordelt på fylker i SørNorge/ <i>boxplot of Mg in stream sediments in southern Norway by county</i>	
	boxplot over Mg-innhold fordelt på litologi i Sør-Norge/ <i>boxplot of Mg in stream sediments in southern Norway by lithology</i>	
	tabell over Mg-innhold i bekkersedimenter fordelt på fylker og litologisk bakgrunn i Sør-Norge/ <i>table of Mg in stream sediments in southern Norway by county and lithological background</i>	
14.	MANGAN.....	67
	kort omtale/ <i>short description</i>	
	tabell over de viktigste data/ <i>table of most important data</i>	
	frekvensfordelingsdiagram med tetthetsplot og boxplot/ <i>frequency distribution diagram with density plot & boxplot</i>	
	fargekart med boxplot over Mn-innhold i bekkersedimenter i Sør-Norge/ <i>map and boxplot of Mn in stream sediments in southern Norway</i>	
	boxplot over Mn-innhold i bekkersedimenter fordelt på fylker i SørNorge/ <i>boxplot of Mn in stream sediments in southern Norway by county</i>	
	boxplot over Mn-innhold fordelt på litologi i Sør-Norge/ <i>boxplot of Mn in stream sediments in southern Norway by lithology</i>	
	tabell over Mn-innhold i bekkersedimenter fordelt på fylker og litologisk bakgrunn i Sør-Norge/ <i>table of Mo in stream sediments in southern Norway by county and lithological background</i>	
15.	MOLYBDEN.....	72
	kort omtale/ <i>short description</i>	
	tabell over de viktigste data/ <i>table of most important data</i>	
	frekvensfordelingsdiagram med tetthetsplot og boxplot/ <i>frequency distribution diagram with density plot & boxplot</i>	
	fargekart med boxplot over Mo-innhold i bekkersedimenter i Sør-Norge/ <i>map and boxplot of Mo in stream sediments in southern Norway</i>	
	boxplot over Mo-innhold i bekkersedimenter fordelt på fylker i SørNorge/ <i>boxplot of Mo in stream sediments in southern Norway by county</i>	
	boxplot over Mo-innhold fordelt på litologi i Sør-Norge/ <i>boxplot of Mo in stream sediments in southern Norway by lithology</i>	
	tabell over Mo-innhold i bekkersedimenter fordelt på fylker og litologisk bakgrunn i Sør-Norge/ <i>table of Mo in stream sediments in southern Norway by county and lithological background</i>	
16.	NATRIUM.....	77
	kort omtale/ <i>short description</i>	
	tabell over de viktigste data/ <i>table of most important data</i>	
	frekvensfordelingsdiagram med tetthetsplot og boxplot/ <i>frequency distribution diagram with density plot & boxplot</i>	
	fargekart med boxplot over Na-innhold i bekkersedimenter i Sør-Norge/ <i>map and boxplot of Na in stream sediments in southern Norway</i>	
	boxplot over Na-innhold i bekkersedimenter fordelt på fylker i SørNorge/ <i>boxplot of Na in stream sediments in southern Norway by county</i>	

	boxplot over Na-innhold fordelt på litologi i Sør-Norge/ <i>boxplot of Na in stream sediments in southern Norway by lithology</i>	
	tabell over Na-innhold i bekkersedimenter fordelt på fylker og litologisk bakgrunn i Sør-Norge/ <i>table of Na in stream sediments in southern Norway by county and lithological background</i>	
17.	NIKKEL.....	82
	kort omtale/ <i>short description</i>	
	tabell over de viktigste data/ <i>table of most important data</i>	
	frekvensfordelingsdiagram med tetthetsplot og boxplot/ <i>frequency distribution diagram with density plot & boxplot</i>	
	fargekart med boxplot over Ni-innhold i bekkersedimenter i Sør-Norge/ <i>map and boxplot of Ni in stream sediments in southern Norway</i>	
	boxplot over Ni-innhold i bekkersedimenter fordelt på fylker i SørNorge/ <i>boxplot of Ni in stream sediments in southern Norway by county</i>	
	boxplot over Ni-innhold fordelt på litologi i Sør-Norge/ <i>boxplot of Ni in stream sediments in southern Norway by lithology</i>	
	tabell over Ni-innhold i bekkersedimenter fordelt på fylker og litologisk bakgrunn i Sør-Norge/ <i>table of Ni in stream sediments in southern Norway by county and lithological background</i>	
18.	BLY	87
	kort omtale/ <i>short description</i>	
	tabell over de viktigste data/ <i>table of most important data</i>	
	frekvensfordelingsdiagram med tetthetsplot og boxplot/ <i>frequency distribution diagram with density plot & boxplot</i>	
	fargekart med boxplot over Pb-innhold i bekkersedimenter i Sør-Norge/ <i>map and boxplot of Pb in stream sediments in southern Norway</i>	
	boxplot over Pb-innhold i bekkersedimenter fordelt på fylker i SørNorge/ <i>boxplot of Pb in stream sediments in southern Norway by county</i>	
	boxplot over Pb-innhold fordelt på litologi i Sør-Norge/ <i>boxplot of Pb in stream sediments in southern Norway by lithology</i>	
	tabell over Pb-innhold i bekkersedimenter fordelt på fylker og litologisk bakgrunn i Sør-Norge/ <i>table of Pb in stream sediments in southern Norway by county and lithological background</i>	
19.	STRONTIUM	92
	kort omtale/ <i>short description</i>	
	tabell over de viktigste data/ <i>table of most important data</i>	
	frekvensfordelingsdiagram med tetthetsplot og boxplot/ <i>frequency distribution diagram with density plot & boxplot</i>	
	fargekart med boxplot over Sr-innhold i bekkersedimenter i Sør-Norge/ <i>map and boxplot of Sr in stream sediments in southern Norway</i>	
	boxplot over Sr-innhold i bekkersedimenter fordelt på fylker i SørNorge/ <i>boxplot of Sr in stream sediments in southern Norway by county</i>	
	boxplot over Sr-innhold fordelt på litologi i Sør-Norge/ <i>boxplot of Sr in stream sediments in southern Norway by lithology</i>	
	tabell over Sr-innhold i bekkersedimenter fordelt på fylker og litologisk bakgrunn i Sør-Norge/ <i>table of Sr in stream sediments in southern Norway by county and lithological background</i>	

20.	<p>TITAN 97</p> <p>kort omtale/ <i>short description</i></p> <p>tabell over de viktigste data/ <i>table of most important data</i></p> <p>frekvensfordelingsdiagram med tetthetsplot og boxplot/ <i>frequency distribution diagram with density plot & boxplot</i></p> <p>fargekart med boxplot over Ti-innhold i bekkersedimenter i Sør-Norge/ <i>map and boxplot of Ti in stream sediments in southern Norway</i></p> <p>boxplot over Ti-innhold i bekkersedimenter fordelt på fylker i SørNorge/ <i>boxplot of Ti in stream sediments in southern Norway by county</i></p> <p>boxplot over Ti-innhold fordelt på litologi i Sør-Norge/ <i>boxplot of Ti in stream sediments in southern Norway by lithology</i></p> <p>tabell over Ti-innhold i bekkersedimenter fordelt på fylker og litologisk bakgrunn i Sør-Norge/ <i>table of Ti in stream sediments in southern Norway by county and lithological background</i></p>	97
21.	<p>VANADIUM.....102</p> <p>kort omtale/ <i>short description</i></p> <p>tabell over de viktigste data/ <i>table of most important data</i></p> <p>frekvensfordelingsdiagram med tetthetsplot og boxplot/ <i>frequency distribution diagram with density plot & boxplot</i></p> <p>fargekart med boxplot over V-innhold i bekkersedimenter i Sør-Norge/ <i>map and boxplot of V in stream sediments in southern Norway</i></p> <p>boxplot over V-innhold i bekkersedimenter fordelt på fylker i SørNorge/ <i>boxplot of V in stream sediments in southern Norway by county</i></p> <p>boxplot over V-innhold fordelt på litologi i Sør-Norge/ <i>boxplot of V in stream sediments in southern Norway by lithology</i></p> <p>tabell over V-innhold i bekkersedimenter fordelt på fylker og litologisk bakgrunn i Sør-Norge/ <i>table of V in stream sediments in southern Norway by county and lithological background</i></p>	102
22.	<p>SINK.....107</p> <p>kort omtale/ <i>short description</i></p> <p>tabell over de viktigste data/ <i>table of most important data</i></p> <p>frekvensfordelingsdiagram med tetthetsplot og boxplot/ <i>frequency distribution diagram with density plot & boxplot</i></p> <p>fargekart med boxplot over Zn-innhold i bekkersedimenter i Sør-Norge/ <i>map and boxplot of Zn in stream sediments in southern Norway</i></p> <p>boxplot over Zn-innhold i bekkersedimenter fordelt på fylker i SørNorge/ <i>boxplot of Zn in stream sediments in southern Norway by county</i></p> <p>boxplot over Zn-innhold fordelt på litologi i Sør-Norge/ <i>boxplot of Zn in stream sediments in southern Norway by lithology</i></p> <p>tabell over Zn-innhold i bekkersedimenter fordelt på fylker og litologisk bakgrunn i Sør-Norge/ <i>table of Zn in stream sediments in southern Norway by county and lithological background</i></p>	107

FIGURER/ FIGURES

Figur 1	Forklaring til BOXPLOT/ - <i>explanation of the BOXPLOT</i>	112
Figur 2	DRAFTMAN'S DISPLAY - scatterdiagram for alle mot alle grunnstoffer som inngår i atlaset/ - <i>scatter diagram encompassing all elements in the atlas</i>	113

TABELLER/ TABLES

Tabell 1	Oversikt over antall prøver i hvert fylke/ - <i>summary of total sample numbers in each county</i>	114
Tabell 2	Litologisk inndeling med tilhørende bergartskoder/ - <i>lithological classification with corresponding lithological code</i>	115
Tabell 3	Interkorrelasjon mellom grunnstoffer i det samlede datasett/ - <i>intercorrelation between elements in the total data set</i>	117
Tabell 4	Sammenligning av grunnstoffinnhold i bekkersedimenter, flomsedimenter og noen andre utvalgte store datasett/ - <i>comparison of element content in stream sediments, flood plain sediments and some other selected large data sets</i>	118
Tabell 5	Gjennomsnittlig innhold av noen utvalgte grunnstoffer i endel bergarter / - <i>average content of selected elements in various lithologies</i>	119
Tabell 6	Liste over filer med opprinnelige data lagret permanent ved NGU / - <i>list of original data files used to compile this atlas and permanently stored at NGU</i>	122
Tabell 7	Kilder til informasjon som gjengis på faktasidene for hvert grunnstoff/ <i>Information sources for element fact-sheets</i>	123

REFERANSER/ REFERENCES

VEDLEGG/ APPENDICES

KART/ MAPS

Berggrunnskart over Sør-Norge/ - *Bedrock Map - Southern Norway*
Malmforekomster i Sør-Norge/ - *Ore Deposits - Southern Norway*

TRANSPARENTER/ TRANSPARENCIES

Svart-hvitt kart med boxplot, 19 i alt, for innhold av grunnstoffer i bekkersedimenter i Sør-Norge tilsvarende fargekartene/ - *black & white maps with boxplots (19 total) for content of elements in stream sediments in southern Norway, corresponding to coloured maps*

Berggrunnskart over Sør-Norge/ - *Bedrock Map - Southern Norway*

Malmforekomster i Sør-Norge/ - *Ore Deposits - Southern Norway*

1 INNLEDNING

1.1 Datagrunnlaget

Grunnlaget for det foreliggende atlas er 5271 bekkседimentprøver samlet inn gjennom en årrekke fra midten av 1970- til slutten av 1980-årene. Formålet med arbeidet har vært å gi en samlet fremstilling og bearbeiding av hele dette materiale, som tidligere bare har vært rapportert enkeltvis eller for mindre serier. En oversikt over en stor del av disse tidligere arbeider finnes i Nilsen (1985) og Wolden (1992). Videre har Ekremsæter, Finne og Wolden samlet analyseresultatene fra ovennevnte arbeider, Wolden (1992) for hvert fylke og overført dem til permanent EDB-lagring ved NGU. Dette har vært til stor hjelp ved utarbeidelsen av det foreliggende atlas. En oversikt over permanent lagrede filer ved NGU, som er med i datagrunnlaget for atlasen er gitt i tabell 6.

1.2 Hva er bekkседiment ?

Bekkesedimenter er en egen type geokjemisk prøvetakingsmedium, som har vært mye brukt i ressursletning, og de fleste av våre prøver er tatt i forbindelse med slik letning. Med bekkседiment menes geologisk materiale, fortrinnsvis uorganisk, som er avsatt på bunnen av en bekk. Prøvene skal være tatt minimum 30 meter ovenfor veier, dyrket mark og/eller andre forurensningskilder. Den skal tas midt i bekken eller minst 1 meter fra bredden. Materialet i en prøve skal samles inn over en 10 til 50 meter lang strekning langs bekken.

1.3 Prøvepreparering og kjemisk analysemetodikk

Innsamlingsteknikk, prøvepreparering og kjemisk analyse av prøvene har prinsipielt vært den samme hele tiden. Etter prøvetaking ble prøvene transportert til NGUs laboratorium i Trondheim. Her ble de først tørket ved 105 °C. Deretter ble ca 50 gram av prøvene siktet ut på nylonsikt med maskevidde 0.180 mm. Dette materiale ble benyttet til kjemisk analyse. Det øvrige materiale (dvs. <0.18 mm) ble lagret ved NGU.

Den kjemiske analysemetoden bygger på oppløsning av prøvene med 7N salpetersyre og påfølgende spektrometrisk ICP-analyse dvs. spektralanalyse med induktivt koblet plasma.

1.0 gram prøvemateriale behandles med 5 ml 7 N HNO₃ i 3 timer ved 110 °C. Oppløsningen fortynnes til 20.3 ml og sentrifugeres. Den klare løsningen fra sentrifugeringen oppbevares så på små plastflasker til den er ferdig analysert med ICP-analyse.

Metoden er i første rekke beregnet for prospekteringsanalyser og legger ikke altfor stor vekt på nøyaktigheten for hovedelementene, mens sporelementenes innbyrdes forhold kommer relativt godt ut. Metoden er i første hånd beregnet på å synliggjøre områder som skiller seg ut og derfor kan være av interesse for malmløst. Den er fremfor alt beregnet på et stort antall prøver til en overkommelig pris. Av hovedelementene er det aluminium, jern og silisium som er minst reproduerbare ved oppløsning i 7N HNO₃. Kongevann - aqua regia - gir sammenlignbare resultater med 7N HNO₃. For å få best mulige data vedrørende totalsammensetningen av bekkesedimenter og andre bergartsprøver burde XRF-analyser eller totaloppløsning av prøvene med HF-HNO₃-HClO₄ vært benyttet. I Finne (1985) er det gitt en sammenligning av analyseresultater for XRF- og 7N HNO₃-oppløsning .

1.4 Atlasets innhold

Atlasen omfatter kart, statistikk og en kortfattet tekst for hvert element som det finnes brukbare data for. Det er tatt sikte på likhet i fremstillingen fra element til element. Teksten er delvis to-språklig, norsk og/eller engelsk. Prøvematerialet dekker store deler av Sør-Norge, men likevel er det store områder uten tilfredsstillende dekning. For eksempel foreligger det ingen prøver fra fylkene Rogaland og Hordaland, og fra Vest-Agder og Møre og Romsdal eksisterer det bare noen få prøver. I Aust-Agder er det bare kyststripen som er dekket. Dessuten er prøvene som regel tatt i nærheten av kjørbar veg, slik at uveisomme strøk er dårlig dekket.

En oversikt over antall prøver i hvert fylke er vist i tabell 1, mens de forskjellige kart viser den geografiske fordeling av prøvene.

Under arbeidet med atlasen er analyseresultatene for materialet vurdert med hensyn til pålitelighet og egnethet for samlet fremstilling over større arealer. En har funnet at grunnstoffene Al, Ba, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Sr, Ti, V, Zn er egnet for presentasjon, mens Si og Cd er utelatt på grunn av usikre analyseresultater og muligheter for feiltolkning.

I utgangspunktet forelå ingen opplysninger om litologisk bakgrunn (dvs. underliggende fast-fjellsgeologi) for prøvematerialet. For å kompensere for dette har en prøvd å skaffe seg slik oversikt ved å plote koordinatene for de enkelte prøver inn på berggrunnskart (Sigmond 1993). Dette arbeidet har vært meget tidkrevende, men har til gjengjeld gitt grunnlag for sammenligning av grunnstoffkonsentrasjoner med bakenforliggende litologi, slik at en ikke bare har vært henvist til statistikk i forhold til geografiske og administrative grenser. Den litologiske inndeling med tilhørende koder er den samme som i Sigmond (1993), og er gjengitt i tabell 2.

En faggeologisk betraktning av Nordgulen (1996) påpeker at "for de fleste grunnstoffers vedkommende kan forekomsten av høy- og lavområder forklares med bakgrunn i litologien".

Men noen geologiske provinser skiller seg ut ved mangel på slik samvariasjon, enten for grupper eller også for de fleste grunnstoffer som omfattes av atlasen. Det gjelder

- gneiser og andre omdannede bergarter av proterozoisk alder i Telemark - Buskerud, og i Østfold - Akershus - sørlige del av Hedmark.
- sedimentære bergarter i det kaledonske skyvedekke i Hedmark og østlige deler av Trøndelag.
- kaledonske skyvedekke, hvorav to hovedgrupperinger er representert i atlasen: Omdannede bergarter av prekambrisk alder i Jotundekket i nordlige Buskerud - midtre Oppland - østlige Sogn og Fjordane, og omdannede sedimentære og vulkanske bergarter og gneiser i Sør-Trøndelag.
- dyp- og gangbergarter av permisk alder i Oslofeltet (regionen Oslo Graben)

Mange grunnstoffer viser stor variasjon i forekomst innenfor områder som nevnt ovenfor. Noen ganger kan dette forklares med henvisning til bakenforliggende litologi, men det er også mange eksempler på at en enkel forklaring ikke er mulig (eventuelle maskeringseffekter forårsaket av kvartæravsetninger er her ikke tatt i betraktning). Oslofeltet fremstår generelt som en komplisert blanding av høg- og lavområder som sannsynligvis gjenspeiler den sammensatte naturen av underliggende bergarter i provinsen (svartskifer, kalkstein, basiske til sure og delvis sterkt alkaliske vulkanske og intrusive bergarter).

Meningen er at atlasen i første rekke skal dokumentere fakta. Men likevel har en av og til tillatt seg enkelte spekulasjoner vedrørende potensielle muligheter for forekomster av særlig interesse. Dette er i tilfelle gjort i forbindelse med kommentarer til de enkelte grunnstoffer.

For hvert enkelt grunnstoff er det laget oversiktskart i målestokk 1: 3 mill. I tillegg er det laget gjennomslåtte kartoverlegg for sammenligning med underliggende berggrunn og malmforekomster basert på Sigmond (1993) og Juve og Gust (1984).

Ved sammenligning av kartene vil en ofte se kartbilder som ligner hverandre. For eksempel kalsium og strontium, og på samme måte aluminium, jern og kobolt. Dette skyldes at grupper av grunnstoffer ofte følger hverandre i naturen, i det de inngår i de samme bergarter og mineraler. På grunnlag av analyseresultater kan omfanget av slik samvariasjon beregnes statistisk, og resultatet av slike beregninger er vist i tabell 3.

Fra tidligere undersøkelser finnes tre landsomfattende homogene prøvesett for geokjemiske prøver: humus- og moseprøver fra naturlig jord 1977, (Njåstad et al. 1994), humus- B- og C-

sjikt 1985, (Njåstad et al. 1994), og flomsedimentprøver med gjennomsnittlig 1 prøve pr 450 km², (Ottesen et al. in prep).

En sammenligning av bekkersedimenter, flomsedimenter og andre store datasett tatt fra forskjellige kilder, viser mange likhetstrekk. Leseren kan selv se dette ved å studere tabell 4.

De statistiske metoder som er brukt under arbeidet med atlasen tar hensyn til at geokjemiske data som regel ikke er normalfordelt. I tidligere geokjemiske undersøkelser har bruk av klassisk statistikk som forutsetter normalfordeling ofte vært regelen. Da slike forutsetninger kan gi opphav til feiltolkninger, har en valgt å bruke metoder som bygger på "ranking" (rekkefølge) istedet for normalfordeling. I kapittel 2 drøftes forøvrig de aktuelle metoder for statistikk og data-analyse, som atlasen bygger på.

2 STATISTISK ANALYSE AV FORELIGGENDE ATLAS-DATA

De fleste geokjemikere av eldre årgang har fått sin opplæring i klassisk statistisk analyse som de også i dag benytter til å løse sine arbeidsoppgaver. De tenker sjelden over, at disse metodene i utgangspunktet forutsetter en normalfordeling, eller i alle fall en lognormal fordeling av datastrukturen. Det er imidlertid vel kjent, at geokjemiske datasett nesten aldri viser normalfordeling (Davies 1980, McBratney et al. 1982). For å kompensere for dette fenomen utføres ofte en logtransformasjon. Men forbausende ofte overses samtidig behovet for å utføre de nødvendige statistiske kontrolltester for å undersøke om de resulterende data følger Gauss' lover. Dersom slike tester ble gjennomført - slik det f.eks. er gjort av McGrath og Loveland (1992) under arbeidet med "Geochemical atlas of England and Wales" - ville man innse at logtransformasjon som regel ikke gir normalfordeling. Å gå videre med slike transformerte datasett kan derfor lett føre til feilaktige slutninger. Dersom geokjemikere ble klar over dette, ville de sannsynligvis hurtig gå over til mer moderne metoder (Rock 1988).

Som en følge av ovenstående betraktninger er de statistiske analyser og kartfremstillingen i det foreliggende atlas i alt overveiende grad gjennomført ved bruk av dataprogrammet DAS, utviklet ved Institute for Technical Statistics, University of Vienna (Dutter et al. 1992). Denne programpakken er basert på metoder som benevnes "Exploratory Data Analysis" (EDA), (Tukey 1977, Velleman og Hoaglin 1981, Kuerzl 1988, O'Connor et al. 1988, O'Connor og Reimann 1993, Rock 1988). Den er spesielt godt egnet for behandling av ikke-normalfordelte data, som samtidig kan antas å inneholde et stort antall feil - dette er typisk for de fleste geokjemiske datasett. Feilkildene kan for eksempel være: prøvetaking - (feil prøvetakingssted, prøvetakerne følger ikke prøvetakingsforskriftene eller de utvikler sine egne metoder), prøvepreparering - (kan være forurensning av prøven, feil rekkefølge for prøver som lastes inn i et instrument, prøveforveksling, ufullstendig oppløsning av prøven, temperaturvariasjoner ved oppløsning av prøvene), feil ved databehandling - (kan være punchefeil ved prøvenummer, laboratorienummer, koordinater). Slike feil vil aldri helt kunne unngås ved gjennomføring av en stor geokjemisk undersøkelse, og vil erfaringsmessig nesten alltid påvirke 1-5 % av den totale prøvemengde.

Data analyseteknikk som kan kompensere for ovennevnte vansker, dvs. metoder som passer for bearbeiding av prospekteringsdata, bør derfor foretrekkes fremfor metoder som er basert på klassisk statistikk. En moderne geokjemisk undersøkelse vil i dag utvilsomt bli gjennomført med utstrakt bruk av kvalitetskontroll og sikringsprosedyrer som omtalt i McGrath (1987), Reimann og Wurzer (1986) og Reimann (1989). For våre egne data slik de inngår i atlaset må vi i tillegg overvinne problemer med mulig inkonsistens mellom ulike del-datasett. Det har derfor vært en utfordring å se hvordan EDA-metoder klarer å behandle et slikt mulig "worst case" scenario med hensyn til datakvalitet. For prøver som gir analyseresultat "mindre enn deteksjonsgrensen for analysemetoden" er verdien satt lik deteksjonsgrensen.

2.1 Data sammendrag

Databehandlingen som er grunnlaget for det foreliggende atlas er gjennomført med bruk av EDA-metoder velegnet for geokjemiske datasett. Den forutsetter ingen antagelser vedrørende datastruktur, og er sterkt basert på "rekkefølge-statistikk (order statistics)" og bruken av grafikk for å oppdage data med uvanlig avvik. EDA bygger utelukkende på den foreliggende innbyrdes struktur i dataene. Dette har flere viktige fordeler, som f.eks. en klar beskrivelse av spredning og skjevhet og en objektiv definisjon av data-"outliers". Erfaring fra bruk av disse metoder har vist, at dataanalyse med EDA-teknikk lett anskueliggjør relasjoner mellom kjemiske målinger og geografiske og geologiske egenskaper (O'Connor et al. 1988, McGrath og Loveland 1992, O'Connor og Reimann 1993). Vi starter med å presentere et klassisk histogram for hvert analysert element. Alle som er fortrolig med histogrammer vet imidlertid, at det optiske inntrykket av datafordelingen styres av valget av klasser som anvendes ved konstruksjonen av histogrammet. Vi kombinerer derfor histogrammet med et tetthetsplot, et boxplot og et endimensjonalt scatterdiagram (Velleman og Hoaglin 1981). I tillegg viser vi et kumulativt frekvensfordelingsdiagram, som er meget velegnet for oppsummering av data. Konstruksjonen av boxplot med bruk av et aktuelt datasett er vist i fig.1. Som eksempel på hvordan diagrammene kan brukes i evaluering og tolkning, vil vi her i korthet vise noen av egenskapene som kommer frem for to utvalgte grunnstoffer.

Den kombinerte figur for Al (histogram - tetthetsplot - boxplot - scatterdiagram) på s. 23 viser en iøynefallende skjev datafordeling. Boxplottet synliggjør et ganske stort antall uventet høye Al-verdier. Den kumulative frekvensfordelingen viser, at de log-transformerte data bare er tilnærmet normalfordelt (normalfordeling ville gitt en helt rett linje i diagrammet). Men totalinntrykket er, at Al-dataenes kvalitet er ganske god. Det er ingen åpenbare brudd i fordelingen, slik det ville blitt, hvis det hadde vært store nivåforskjeller mellom de forskjellige deldatasett. Konklusjonen blir derfor at resultatet av de kjemiske analysene for aluminium "anses pålitelig".

Den grafiske fremstilling for Na på s. 78 viser at EDA-teknikk passer godt for våre data og at den kan avsløre svakheter i datakvaliteten. Histogrammet ser i seg selv ganske bra ut, men det fremgår av tetthets-plot og scatterdiagram, at det opptrer sammenslåtte del-datasett av meget varierende kvalitet. Den kraftige "segmentering" som er lett synlig i scatterdiagrammet, viser at Na-verdiene til forskjellige tider er blitt rapportert med forskjellige deteksjons-grenser. Noen ganger trinnvis i 1 eller 10 mg/kg pr.trinn, andre ganger avrundet til 100 mg/kg. Også frekvensfordelings-diagrammet viser det samme med trappetrinn på fordelingslinjen. Kvaliteten for Na-dataene er derfor mer tvilsom, men ble likevel forsøksvis klassifisert som "brukbar".

2.2 Sammenligning av box-plot ved bruk av deldatasett

Under forarbeidet til atlasen ble hver enkelt prøve kodet med fylkesnavn og litologi fra prøvetakingstedet. Litologibetegnelser og bergartskode er tatt fra "Berggrunnskart Norge med havområder 1:3.000.000" av Sigmond (1993) og er vist i tabell 2. Da det ofte kan være aktuelt å sammenligne hvordan forskjellige grunnstoffer opptrer i ulike deldatasett, omtales to av mange mulige varianter med bruk av boxplot i det følgende:

I den ene varianten er elementinnholdet i hvert fylke i Sør-Norge fremstilt med ett plot for hvert grunnstoff. I diagrammet kan brukeren lese av minimum, 25-prosentil, median-verdi, 75-prosentil og maksimum for hvert fylke. Samtidig oppnås visuell informasjon om type data-distribusjon og innbyrdes variasjon mellom fylkene.

Den andre varianten tar for seg litologi og geologi som fremstilt på geologiske kart. Her sammenlignes elementnivå for hvert grunnstoff med litologi og geologi. I tillegg til at bergartskodene viser litologien, øker bergartenes alder fra topp til bunn i tabell 2, slik at samme litologi ofte kan forekomme flere steder med forskjellig geologisk alder og derfor med forskjellig bergartskode. Her gir boxplottene mulighet for studium av variasjon i kjemi over tid for ulike bergarter.

Det understrekes at ovenstående bare er eksempler på hva som kan gjøres for å oppnå brukervennlige data, og at vårt store resulterende datasett er av begrenset kvalitet. Derfor må resulterende diagrammer leses og brukes med forsiktighet og med tanke på eksisterende begrensninger forårsaket av flere sammenslåtte del-datasett. Ytterligere en ulempe ved våre data er, at analysemetoden er basert på oppslutning i 7N HNO₃ istedet for totaloppslutning eller røntgen-analyse. Det er også noe av bakgrunnen for at vi ikke har foretatt ytterligere oppsplitting av dataene ned til for eksempel kommune-nivå.

2.3 Kartfremstilling

Bruk av glattede konturer eller raster, eventuelt i kombinasjon med store fargelagte flater er en klassisk metode for fremstilling av geokjemiske kart. Kartene har ofte et tiltalende ytre og har derfor vært velsett blant saksbehandlere og politikere. Det er imidlertid sjelden tatt hensyn til at inntrykket fra kartet i høy grad er avhengig av glattingsmetode og valg av farger, såvel som klasseinndeling av de aktuelle data.

Men da McGrath og Loveland (1992) arbeidet med utgivelsen av "The Soil Geochemical Atlas of England and Wales" besluttet de, at de ikke ville glatte sine data i atlasen fordi en detaljert gjennomgang av datagrunnlaget viste at konsentrasjonen for enkelte grunnstoffer noen steder

kunne være uventet høy sammenlignet med lokal bakgrunn. Glatting under slike omstendigheter ville medføre tap av informasjon. Eller enda verre, der hvor det var høye verdier i noen celler, medførte glatting en alarmerende verdiøkning i tomme naboceller, som ikke var prøvetatt i det heletatt. En lignende økning ble også observert der celler med høye verdier hadde et fåtall naboer.

En videre ulempe for kart med fargelagte flater er at de ubevisst antyder pålitelighet der slik ikke finnes i det heletatt. De tilordner egenskaper til områder der fornyet prøvetaking vil kunne gi totalt forskjellig resultatet, selv om prøvene ble tatt ved de samme lokaliteter som tidligere. Dette faktum er velkjent for praktiserende geokjemikere - men ikke for vanlige brukere eller politikere som tar sine beslutninger på grunnlag av slike kart. Den politiske virkning og de økonomiske konsekvenser av slike kart blir ofte oversett av forskere som begeistres av vakre farger og delikate mønstre.

Den eneste pålitelige metoden for fremstilling av fargekart er kriging med samtidig presentasjon av tilleggskart som viser varians for krigingen, og dermed verdien av estimatene på det originale kart. Dette krever imidlertid en god del kjennskap til statistikk og vilje til ettertanke, og ikke minst et relativt pålitelig datasett som utgangspunkt. Men kart med tilleggskart vil ikke lenger være så enkelt å forstå, og dette kan være noe av årsaken til at krigingskart brukes forholdsvis sjelden ved fremstilling av kart med store fargelagte flater. Som kompromiss kan bruken av glattede verdier som fargede flater sammen med de aktuelle prøvepunkter i riktige farger som i Ottesen et al. (in prep.) være et godt alternativ. For vårt atlas har vi med henvisning til McGrath og Loveland (1992) besluttet bare å bruke fargekodede punktkart i vår kartfremstilling.

Påliteligheten av et geokjemisk kart basert på inndeling i dataklasser er sterkt avhengig av valgte klassegrenser og fargeskala. Tester basert på regionale geokjemiske datasett viser at vilkårlig definerte klasser i motsetning til regelmessige intervaller som f.eks. 10, 20, eller 100 mg/kg kan gi meget forskjellige inntrykk av den geografiske fordeling, og ha liten direkte sammenheng med geokjemiske prosesser.

Klasseinndelingen i vår kartfremstilling er valgt ut fra analyser av box-plot (Fig.1) som foreslått av Kuerzl (1986). Dette gir vanligvis 6 klasser.

- klasse 1: lave utliggere,
- klasse 2: nedre grense for utliggere til lave 25-prosentil
- klasse 3: lave 25-prosentil til median (50-prosentil)
- klasse 4: median til høge 75-prosentil
- klasse 5: høge 75-prosentil til grense for utliggere
- klasse 6: høge utliggere

Avhengig av datafordelingen vil ovenstående klasseinndeling noen ganger resultere i tomme dataklasser: For våre data sammenfaller for eksempel grensen mellom klasse 1 og klasse 2 med

minimum, slik at lave utliggere per definisjon er eliminert og antall kartklasser blir fem. Dette er i virkeligheten et vink om for høye deteksjonsgrenser kombinert med analytiske problemer for lave verdiers vedkommende.

Bruken av farger i klassekodingen på kartene resulterer igjen i en viss grad av subjektivitet. Den menneskelige hjerne er trent til å reagere sterkere på rødt enn f.eks. på blått og grønt. Derfor er øvre utliggere tegnet i rødt for å tildra seg oppmerksomhet.

Andre metoder kan også være brukbare, f.eks. den ofte benyttede "growing dot"-metoden (kladaskart) som ble innført av Bjørklund og Gustavsson (1987), med kartklasser i samsvar med aksjons-nivåer eller i samsvar med klare brudd i datastrukturen. Også glattede kart kan noen ganger være aktuelle.

De første utkast til regional dataanalyse bør alltid ha som mål å vise hele datastrukturen, slik det kan gjøres med "box- og whisker"-metoden. Den er et meget kraftig verktøy, men forutsetter at en er villig til å bruke litt tid på å fordøye all den informasjon som slike kart inneholder. I motsetning til "box- og whisker"-konsentrerer "growing dot"-metoden seg om den "analytiske verdi" på hvert prøvetakingssted. "Growing dots" har derfor størst verdi for prospekteringsformål, der hensikten er å markere områder av potensiell interesse for malmløsing.

2.4 Noen generelle kommentarer vedrørende tolkning av kart

Som en del av kartgrunnlaget i atlasen følger transparentkart i samme målestokk som de øvrige:

- kart over fylkesgrenser
- et forenklet geologisk kart
- kart over malmbeforekomster

Elementkartene i atlasen gir bakgrunnsinformasjon og kan brukes for å lete etter brede sammenhenger. Transparentkartene brukes som overlegg for å forenkle bruken og tolkningen. Vi vil også oppmuntre brukere av atlasen til å lage egne transparenter over aktuelle tema. Det kan f.eks. være vegetasjonskart, vannkjemi, plantevekst eller regionale helserelevante data. Som nevnt tidligere inneholder atlasen et antall statistiske diagrammer som er ment å brukes sammen med kartene. Hvert grunnstoff har fått sitt frekvensfordelingsdiagram med en rekke statistiske parametre.

La oss se for eksempel på frekvensfordelingen for nikkell (Ni) på s. 83: Vi kan se at Ni: (i) medianen (50-prosentil) er 9 mg/kg, (ii) cirka 98% av alle Ni-verdier er mindre enn 75 mg/kg, (iii) linjen er tilnærmet rettlinjet over et stort midlere konsentrasjonsområde, men bøyer noe av i begge ender, dvs. tilnærmet lognormal fordeling, (iv) nedre deteksjonsgrense for analysemetoden fremgår også av diagrammet og ligger på ca 0.6 mg/kg. Trappetrinn på linjen er

geokjemisk interessant, og i tilfelle de ikke sammenfaller med boxplot-klassene, vil kanskje utarbeidelse av et nytt kart med klasser som sammenfaller med trappetrinnene gi verdifulle opplysninger.

En kort sammendrag i tabellform med generell informasjon om hvert elements forekomst i naturen følger kartene sammen med opplysninger om utvalgte gjennomsnittsverdier fra andre store datasett (Adriano 1986, Holleman-Wiberg 1971, Koljonen 1992, McGrath og Loveland 1992, Merian 1991, Njåstad & al. 1994, Ottesen & al. in print)

Det bør nevnes at total kjemisk oppløsning eller røntgenanalyse istedet for oppslutning av prøvene med 7N HNO₃ nesten alltid vil gi høyere verdier for hovedelementene. Særlig gjelder dette for aluminium, jern og silisium som ofte er låst fast i mineralenes uløselige silikatmatrise. For mange sporelementer derimot gir 7N HNO₃ og totaloppløsning som oftest sammenlignbare verdier. Kongevann (aqua regia) i forhold til 7N HNO₃ gir ofte, men ikke alltid, likeverdige resultater.

For å gjøre det enda mer komplisert: forskere seg imellom er ofte tilbøyelig til å velge ulik kornstørrelse ved prøvetaking og videre analysearbeid, slik at sammenligning mellom ulike undersøkelser blir vanskeliggjort. I praksis er det ofte slik at tungmetallinnholdet vil være betraktelig høyere i en finkornet fraksjon, <0.63mm, enn i en grovkornet, <2mm. Men for hovedbestanddeler som Na, Si og Ca vil det omvendte være tilfelle for mange mineralers vedkommende. Likevel gjelder dette ikke alltid for Al, som er en viktig bestanddel i finstoffet i leire. For våre bekkersedimenter gjelder imidlertid generelt at kornfraksjonen er < 0.180 mm.

En sammenfattende tekst for hvert element gir en kortfattet tolkning av kart og diagrammer. Den utgir seg ikke på noen måte for å være den endelige sannhet, men er ment som en inspirasjon og oppfordring til å studere kartene sammen med egenproduserte transparenter for å kunne trekke egne slutninger. Et geokjemisk atlas bør de facto mer brukes som en arbeidsbok enn som et klassisk oppslagsverk.

3 GEOKJEMISKE ASSOSIASJONER

Helt siden Goldschmidt er det velkjent, at en ofte kan påvise sterk geokjemisk samvariasjon mellom grunnstoffer i magma og berggrunn. For bekkersedimenter derimot, som er en sammensatt blanding av forvitret og transportert materiale, kan det ikke forventes den samme grad av samvariasjon som i de opprinnelige bergarter som tilsammen utgjør bekkersedimentene. Men fordi mange grunnstoffer reagerer likt overfor kjemisk påvirkning og forvitring, vil det også her kunne påvises sammenhenger. Det kan også noen ganger opptre nye kombinasjoner, f.eks. for tungmetaller med jern og mangan, hvor "scavenging" (utfellings) effekter kan lede til falske geokjemiske anomalier, eller med tungmetaller som ofte med forkjærlighet binder seg til organisk materiale. For vårt eget datamateriale finnes det uheldigvis ingen opplysninger om pH-verdier i vannet på prøvetakingssteder eller innhold av organisk materiale i prøvene, slik at vi ikke har noe grunnlag for å lete etter korrelasjoner med disse parametrene.

For å påvise eventuelle samvariasjoner i vårt eget datamateriale er det utført korrelasjonsberegninger for $\log(10)$ -transformerte verdier for hele materialet under ett. Det opptrer da et antall sterkt positive korrelasjoner med verdier $\gg 0.5$ som det fremgår av tabell 3. Disse finner lett en geokjemisk forklaring som f.eks. Ca/Mg, Ca/Sr og Fe/Co. Andre som kunne forventes av geokjemiske årsaker, kan ikke påvises i bekkersedimentene. Forklaringen på disse observasjoner kan være forskjell i forvittringshastighet for ulike komponenter i noen mineraler i bekkersedimentene, slik at forholdstallet mellom komponentene forandres over tid.

Det er alltid fornuftig å sammenligne beregnede korrelasjoner med grafisk fremstilling. EDA - pakken inneholder slikt verktøy, det såkalte "Draftsman's display", som er vist i fig. 2. Det viser seg, at det som regel er overraskende god overensstemmelse mellom observerte mønstre og beregnede korrelasjoner, særlig når en tar dataenes inhomogene natur i betraktning. Men for noen av grunnstoffene blir det klart synlig at dataene er av dårlig kvalitet - f.eks. oppsplitting i grupper. Dette indikerer at forskjellige deler av det samlede datasett sannsynligvis er prøvetatt og/eller analysert til forskjellige tider, noe som også er tilfelle.

4 KONKLUSJONER

De aller fleste eksisterende bekkersedimentdata fra Sør-Norge som finnes lagret ved NGU, data fra 5271 lokaliteter i alt, er samlet og slått sammen til et nytt stort datasett. Med ønske om å gjøre denne gamle datamassen kjent og lettere tilgjengelig for publikum, har målet vært å presentere et geokjemisk atlas for Sør-Norge basert på bekkersedimenter. I den forbindelse er det gjennomført en samlet bearbeiding av hele datagrunnlaget. Dette har ikke vært en udelte takknemlig oppgave. Men i den pågående debatt om naturgrunnlag, ressurser og miljøvern har en følt, at det kunne være gagnlig å få en oversikt over disse gamle data, hvilke elementer som er analysert, og hvilke nivåer som ble funnet den gang.

For kartfremstilling og statistisk behandling er det anvendt en spesiell teknikk - EDA-teknikk, som i særlig grad tar sikte på behandling av data med dårlig kvalitet. Det foreliggende datasett kan med god grunn mistenkes for å være inhomogent, og det ville også av den grunn være interessant å finne ut hva en kunne få ut av et slikt "dårlig" datasett ved bruk av egnet teknikk.

Datasammendrag og kart bør leses med omtanke og med de generelle problemer med hensyn til datasettets opprinnelse og kvalitet i minne. Det må også påpekes at noe av hensikten med det foreliggende arbeid har vært å utprøve og demonstrere verktøy og metoder for moderne geokjemisk kartfremstilling og dataanalyse. Mange ganger kan det observeres overraskende gode korrelasjoner mellom geokjemi og regional geologi. Men av og til fremtrer motsetninger, heldigvis ikke ofte, og i aktuelle tilfelle bare innenfor enkelte del-datasett.

Datasett-"feil" som alvorlig nivåforskjell mellom enkelte subdatasett opptrer sjelden. Men noen ganger kan en se slike tendenser langs fylkesgrensene, som også ofte er grenser mellom ulike deldatasett.

Et antall "anomalier" som muligens kan ha interesse for eventuell fremtidig prospektering kommer frem på kartene. Mest overraskende er de høye molybdenverdiene over store områder i Sør-Norge. Områdene er kjent som en Mo-provins blant geologer, men anomalierne som avtegner seg er imidlertid så utbredt og med slik størrelsesorden at en kontroll kunne være velbegrunnet, kanskje ikke minst på grunn av helsemessige årsaker.

Leserne blir bedt om selv å studere kartene og de grafiske fremstillinger, og selv gjøre seg opp en mening om verdien av å reprocessere og kartfremstille gamle data med moderne teknikk.

Og så til slutt - hva kunne ikke vært gjort med et godt, moderne, multielement datasett over de tettest befolkede områder av Norge !!

5 ALUMINIUM

Bare en brøkdel av det totale aluminiuminnholdet i bekkesedimenter ekstraheres vanligvis ved bruk av 7N HNO₃ som løsningsmiddel. Dette kan en lett se ved sammenligning av medianverdien for aluminium for hele datasettet, 8300 mg/kg, med gjennomsnittsinholdet for aluminium i "continental crust", ca. 81.300 mg/kg

På fylkesbasis finnes høyeste medianverdi, 11600 mg/kg , i Oppland, mens laveste verdi, 5600 ppm, er i Telemark.

Sortert på litologisk bakgrunn gir sandstein og konglomerat (BA-kode 67) høyeste medianverdi, 15900 mg/kg, mens granitt til tonalitt (BA-kode 92) har laveste verdi, 5200 ppm.

Den regionale fordeling av aluminiuminnholdet i prøvene har likhetstrekk med flere andre grunnstoffer. For datasettet som helhet er likheten størst for jern og magnesium, men det kan også observeres likhet med kobolt, nikkel o.fl.

Visuelt er det ikke vanskelig å legge merke til denne likheten ved sammenligning av kartene for de nevnte grunnstoffer.

På aluminiumskartet observeres et kraftig høyområde over den nordlige delen av Oslofeltet mot nordligste del av Buskerud og videre til den syd-østligste del av Sogn og Fjordane. Også i Sør-Trøndelag opptrer et høyområde. Lavområder er Hedmark og Telemark.

Ut fra eksisterende berggrunn kan det med dagens teknikk og prisnivå ikke forventes drivverdige aluminiums-forekomster i Norge. Men det er i de senere år gjort et betydelig forsknings- og utviklingsarbeid med sikte på å kunne utnytte anortosittforekomsten ved Gudvangen i Sogn som aluminiumskilde. Prosessen er imidlertid fremdeles for dyr i forhold til dagens aluminiumspris. Likevel har Norge en betydelig aluminiumsindustri for produksjon av råaluminium basert på billig elektrisk energi og importert råstoff. Videreforedling av aluminium metall til bildeler er også en betydelig industri. Det største aluminiumsverket i Norge er Årdal og Sunndal Verk på Sunndalsøra som eies av Norsk Hydro.

Al

ALUMINIUM

atomic number:
13
density (g/cm³)
2.79

atomic weight
26.98
oxidation states
3+

atomic radius (Å)
1.43
average content, continental crust(mg/kg)
81300

ionic radius (Å)
0.50 (+3)

Al-content in some common rock types (mg/kg):

Al-ore	shale, ocean ridge	gabbro,	granite,	sandstone	ultramafic	limestone	
bauxite	schist	basalt	granodiorite		rock		
>300000	91000	89000	83000	73000	37000	20000	4000

MEDIAN Al-content in selected surficial materials (mg/kg)

sample medium:	stream sediment	overbank sediment	O-horizon forest soil	till	soil	soil
country of origin:	S-Norway	Norway	Norway	Finland	England & Wales	worldwide
grain size fraction:	<0.18mm	<0.063mm	<2mm	<0.063mm	<2mm	<2mm
extraction used:	7N-HNO3	7N-HNO3	7N-HNO3	aqua regia	aqua regia	total cont.
median content:	8300	16000	1700	13000	27917	80000

important Al-containing minerals: feldspars, micas, clay minerals

environmental geochemistry:

available Al may be toxic to many plants at pH<5
toxic to fish at low pH
action level, soil: not defined
contamination pathway: release from soils, sediments, rocks under acid precipitation

toxicity normally low
free Al-ions toxic to humans

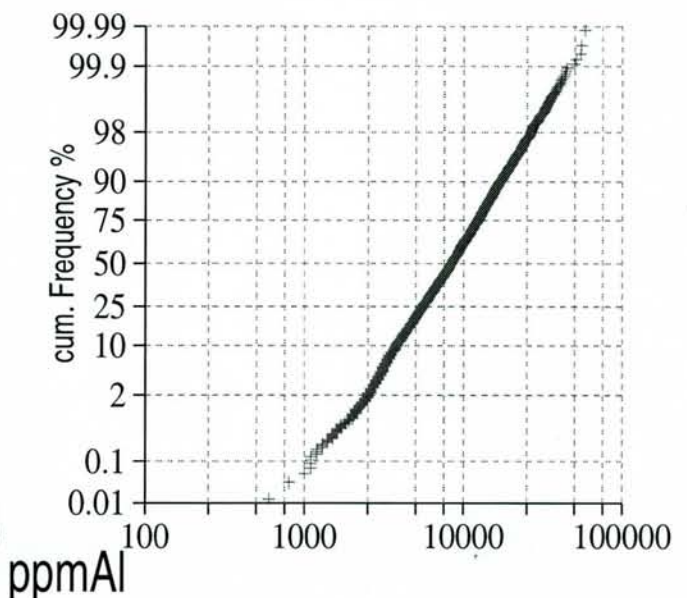
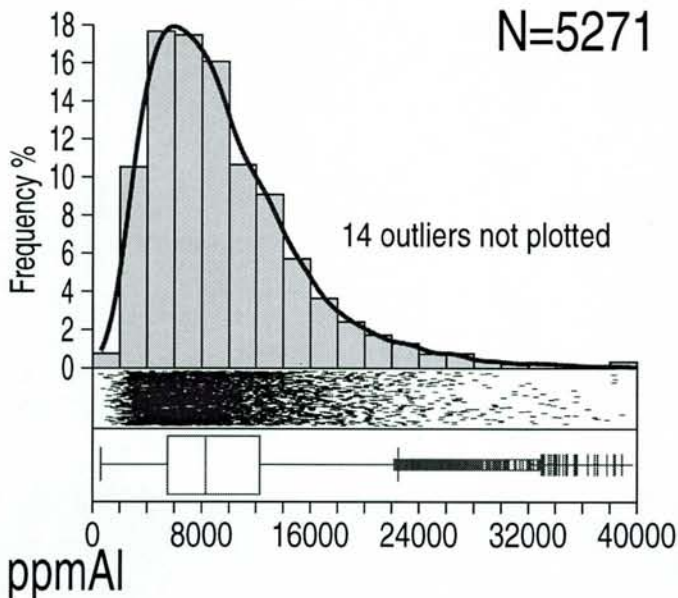
action level, drinking water : 200 µg/L

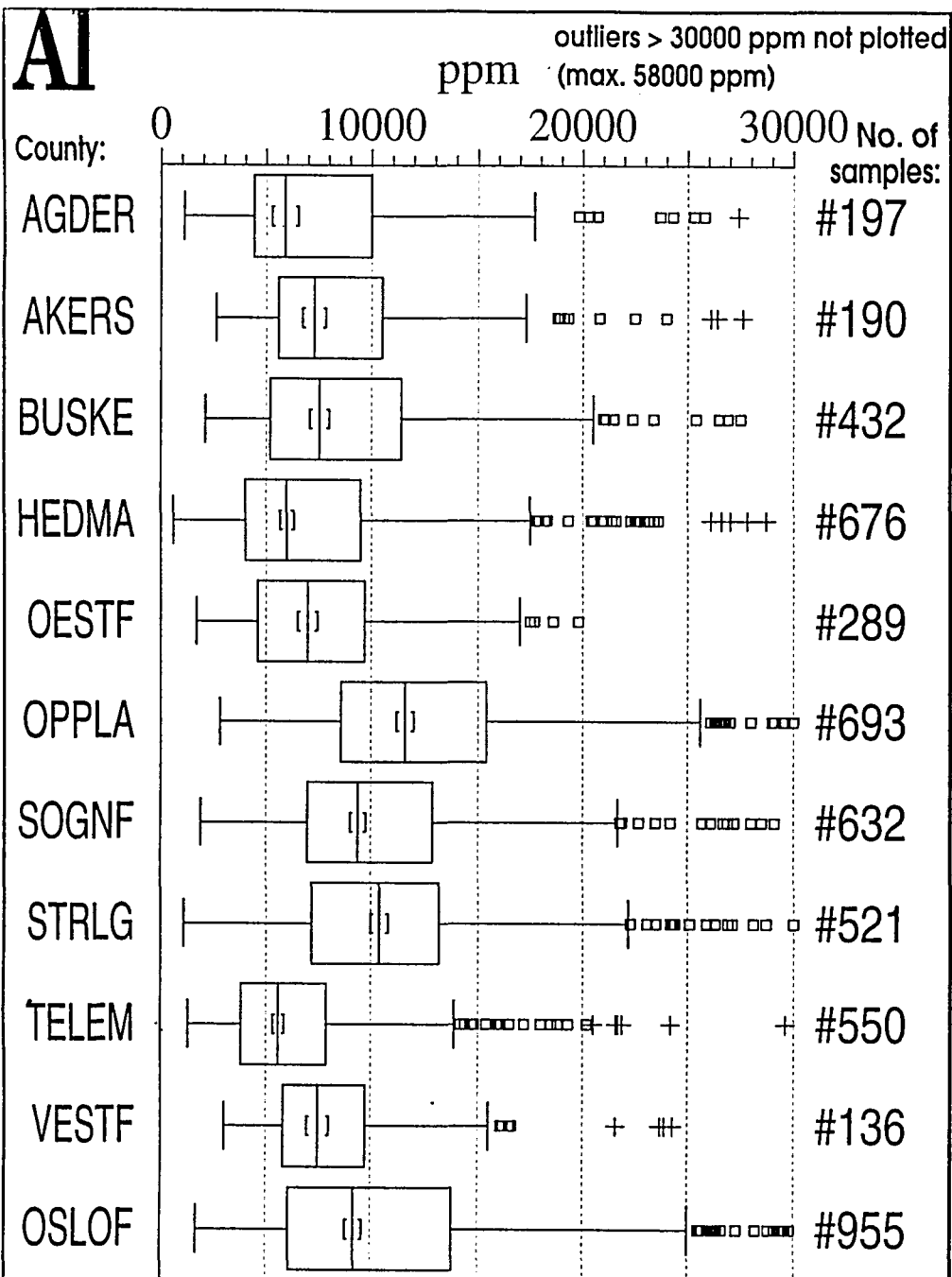
industrial use: packaging industry, transportation, electrical industry, consumer goods

comments on dataset:

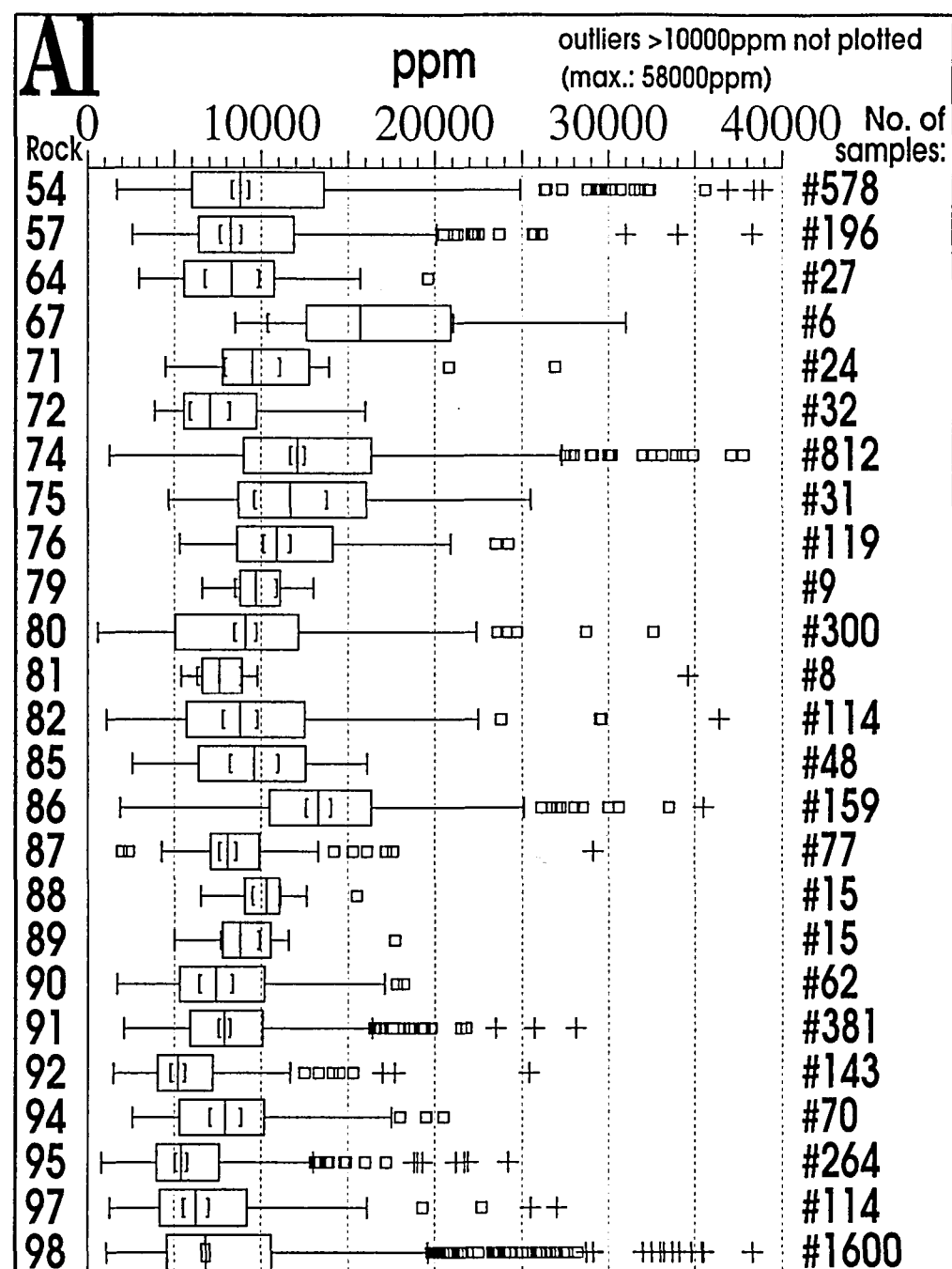
note that there is generally no good correlation between total Al and Al as measured in a 7N HNO₃-extraction

data quality considered good





Stream sediments, 7N HNO₃-extraction
Element content and variation in different counties



Stream sediments, 7N HNO₃-extraction
Element content and variation in different lithologies

ALUMINIUMINNHold I PRØVER
fordelt på FYLKER og LITOLOGISK BAKGRUNN
MEDIAN-verdier angitt i PPM
(minimum 4 lokaliteter i et fylke)

BERGART BA-kode		Agder-kyst	Akershus	Buskerud	Hedmark	Oppland	Oslofeltet	Sogn og Fjordane	Østfold	Telemark	Sør-Trøndelag	Vestfold
Dypbergarter 54				9600			9300			6100		6900
Vulkanske 57				9500			8800					7500
Sedimentære 64								7400			7100	
Sedimentære 67					13900							
Dypbergarter 72												
Granitt 71											9100	
Gabbro 72											6800	
Gabbro 73												
Fyllitt 74				11000	11000	12600	11200	12900		6600	11800	
Kalkstein 75					8100	11400	15500					
Grønnstein 76					9700	6500		13400			10800	
Metaryolitt 77												
Gardnosbreksjen 78												
Tillitt 79					9700							
Sandstein 80					5300	11700					7000	
Kalkstein 81					6200							
Sandstein 82					6000	10700		4700			9200	
Gneis 85					3400	7400		11400			6300	
Charnockittiske 86					10300		13200		13600			
Granitt 87								8100				
Gabbro 88								9400				
Ultramafiske 89								8300				
Vulkanske 90						6300		8600			6000	
Gneis 91						7300		8100			7700	
Granitt 92	5200		5900	5500	7800				5400	4300		
Charnockittiske 93												
Gabbro 94	8300		8000				6100			6400		
Sandstein 95	4000		6700	4800			5600			5400		
Metabasalt 96										6400		
Metaryolitt 97			9200	4700			9700			5700		
Gneis 98	6100	7300	6800	5300	10500	8500	12900	7100	5200			

6 BARIUM

Som regel ekstraheres bare en del av det totale bariuminnhold fra bekkersedimentene ved behandling med 7N HNO₃. Dette fremgår av medianverdien på landsbasis for dette datasettet som er 60 ppm, mens gjennomsnittsinholdet i jordskorpen er 500 ppm.

På fylkesbasis finnes høyeste medianverdi, 88 ppm, i Vestfold og laveste verdi langs Agderkysten, 15 ppm.

Sortert på litologisk bakgrunn gir sandstein og konglomerat (BA-kode 67) høyeste medianverdi, 288 ppm, og granitt-tonalitt (BA-kode 64) laveste, 31 ppm. Dette står i kontrast til det som kunne forventes ut fra sammenligning med det totalinnholdet av barium i forskjellige litologier på global basis.

På kartet observeres en storregional anrikning av barium over Oslofeltet - Hedmark - Oppland - østlige del av Sogn og Fjordane. Lavområder for barium er Agderkysten, Telemark, Østfold og vestlige delen av Sogn og Fjordane.

Den regionale fordeling av bariuminnholdet i prøvene har likhetstrekk med jern, kobolt og vanadium.

De viktigste bariummineraler er barytt og bariumkarbonat.

Det er ingen kjente drivverdige bariumforekomster i Norge.

Ba

atomic number:
56
density (g/cm³)
3,5

atomic mass:
137,36
oxidation states
2+

atomic radius (Å)
2,22
average content, continental crust (ppm)
500

BARIUM

ionic radius (Å)
1.35(+2)

Ba-content in some common rock types (ppm):

Baryt	granite, granodiorite	shale, schist	gabbro, basalt	sandstone	limestone	ocean ridge basalt	ultramafic rock
580000	600	550	330	300	90	60	5

MEDIAN Ba-content in selected surficial materials (ppm)

sample medium:	stream sediment	overbank sediment	O-horizon forest soil	till	soil	soil
country of origin:	S-Norway	Norway	Norway	Finland	England & Wales	worldwide
grain size fraction:	<0.18mm	<0.063mm	<2mm	<0.063mm	<2mm	<2mm
extraction used:	7N-HNO3	7N-HNO3	7N-HNO3	aqua regia	aqua regia	total cont.
median content:	60	63	61	51	121	500

important Ba-containing minerals:

baryte (BaSO₄), witherite (BaCO₃)
K-feldspar can contain several wt.-% Ba, micas

environmental geochemistry:

soluble compounds toxic to humans, animals and plants

action level, soil: not defined

Dutch A, B, C-levels for contaminated soils: 200, 400, 2000 ppm

contamination pathway: poorly understood, probably mostly windblown dust, weathering

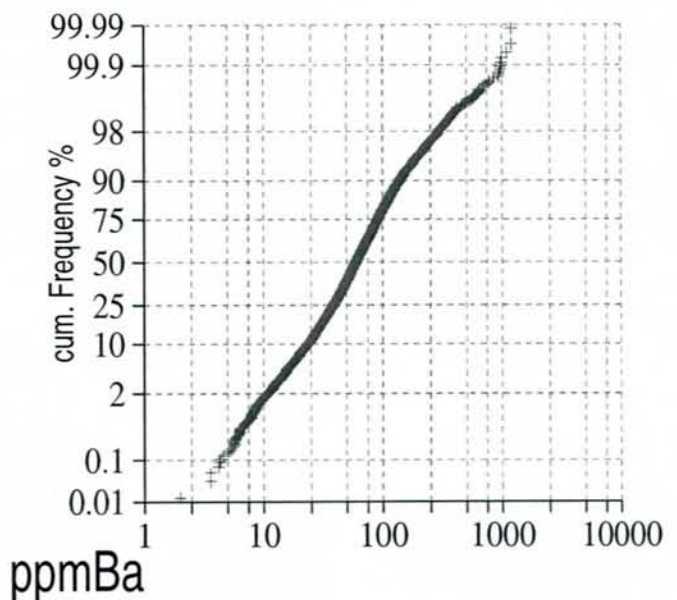
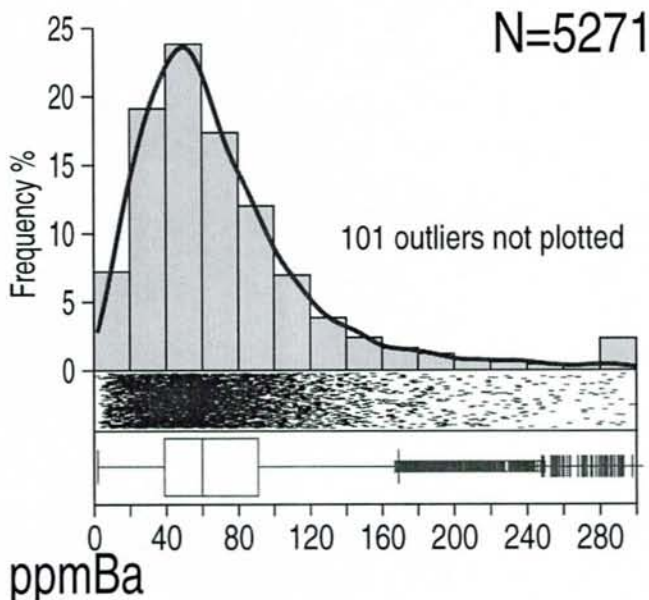
geogenic sources much more important than antropogenic sources

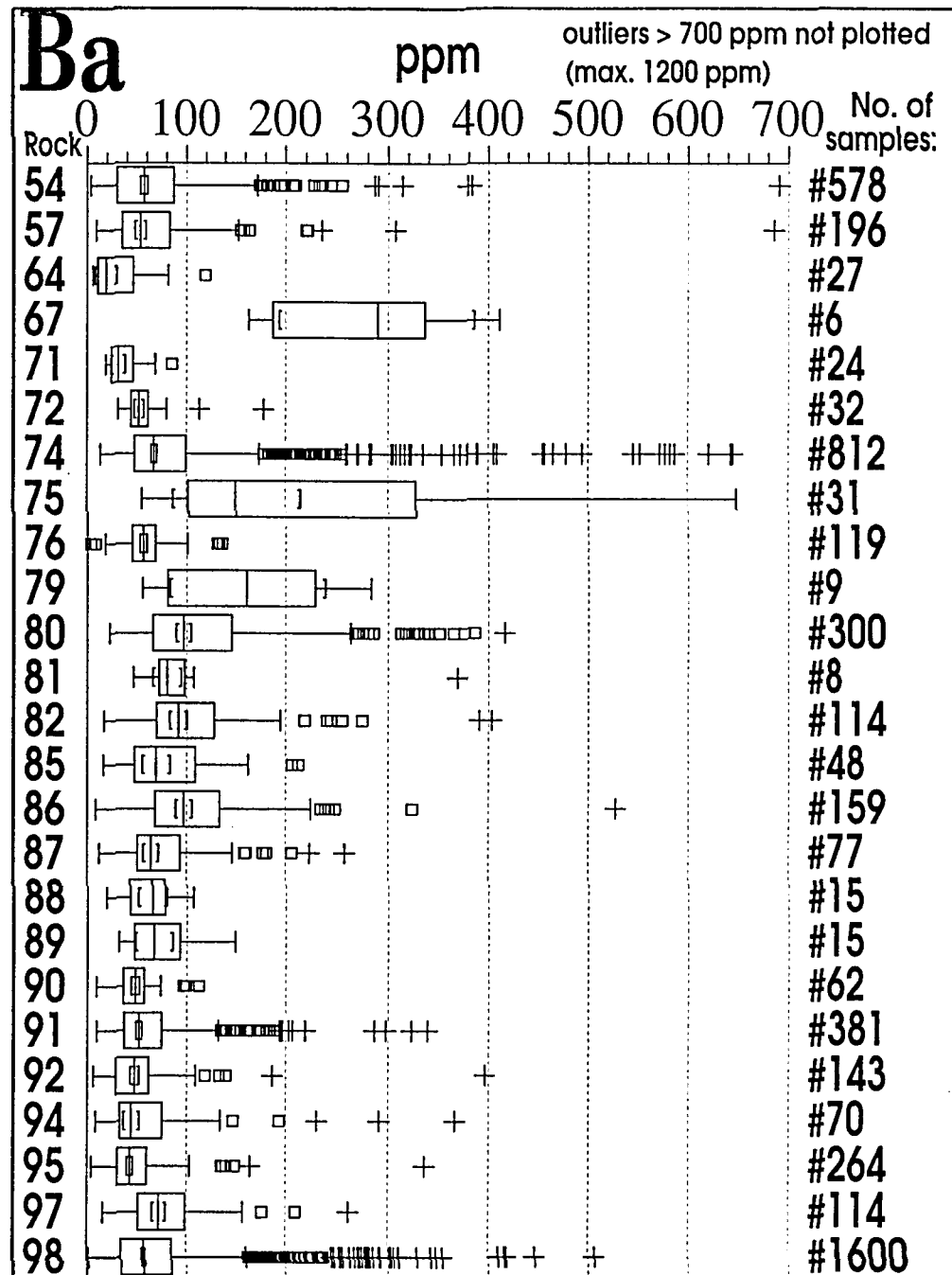
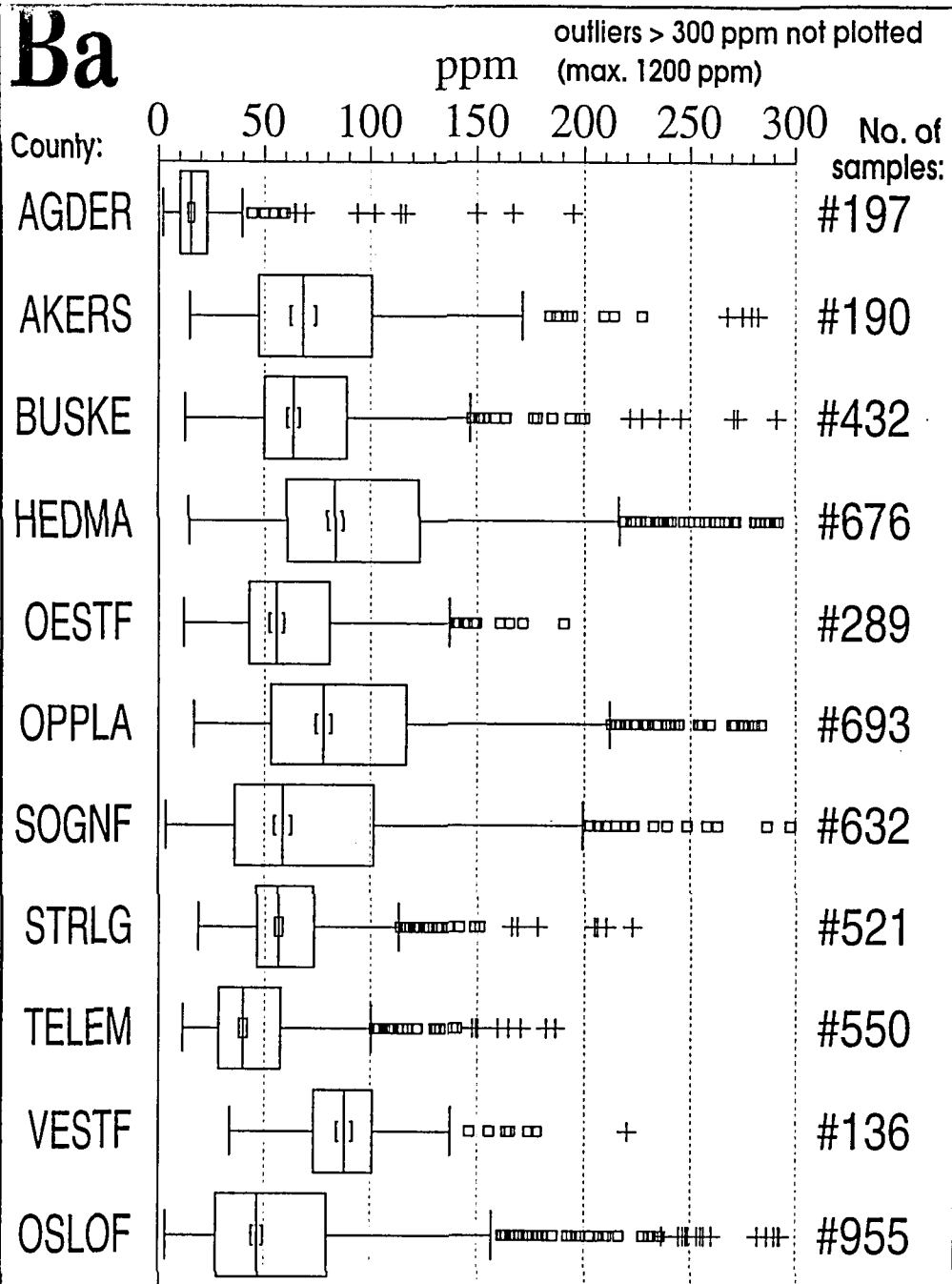
industrial use:

drill mud, Ba-chemicals, glass-, paint-, rubber-, paper industry

comments on dataset:

data quality considered good





Stream sediments, 7N HNO₃-extraction

Element content and variation in different counties

Stream sediments, 7N HNO₃-extraction

Element content and variation in different lithologies

BARIUM-INNHOLD I PRØVER
fordelt på FYLKER og BERGART
MEDIAN-verdier angitt i PPM
(minimum 4 lokaliteter i et fylke)

BERGART BA-kode	Agder-kyst	Akershus	Buskerud	Hedmark	Oppland	Oslofeltet	Sogn og Fjordane	Østfold	Telemark	Sør-Trøndelag	Vestfold
Dypbergarter 54			70			43.2			69.5		88.4
Vulkanske 57			68.7			42.1					84.7
Sedimentære 64								16.4			53.4
Sedimentære 67				288							
Dypbergarter 72											
Granitt 71										30.8	
Gabbro 72										51.7	
Gabbro 73											
Fyllitt 74			72.9	88.4	70	70.8	38.5		106.8	61.2	
Kalkstein 75				154.2	122.9	292.5					
Grønnstein 76				49.9	38		18			57	
Metaryolitt 77											
Gardnosbrestsjen 78											
Tillitt 79				161.2							
Sandstein 80				103.8	93.7					55.6	
Kalkstein 81				85.1							
Sandstein 82				91.6	99.2		23			69	
Gneis 85				91.8	68.4		69.8			46.7	
Charnockittiske 86			74.3		98.1		92.6				
Granitt 87							61.8				
Gabbro 88							60.2				
Ultramafiske 89							62.3				
Vulkanske 90					28.8		44.6			46.4	
Gneis 91					40.2		53.7			54.2	
Granitt 92	12		57.5	76.4	50.3			54.8	32.6		
Charnockittiske 93											
Gabbro 94	21.4		60.8			32.9			39.9		
Sandstein 95	9.6		57.9	42.8		30.3			39.3		
Metabasalt 96									52.8		
Metaryolitt 97			85.5	77.5		82.8			49.8		
Gneis 98	15.3	66.3	60.6	75.8	80.8	48.4	100.8	55.8	32.6		

7 KALSIMUM

Registrert kalsiuminnhold er meget lavt, medianverdi 3600 ppm på landsbasis, i forhold til hva en kunne vente ut fra totalanalyse for de forskjellige bergarter. Gjennomsnittsinholdet i jordskorpen er 30000 ppm. Det lave kalsiuminnhold kan skyldes at 7N HNO₃ bare klarer å løse opp mindre mengder av kalsiumholdige silikatmineraler, og da fortrinnsvis de samme komponenter som angripes ved vanlig forvitring. Men årsaken kan også være forvitring av Ca i bekkesedimentene, for eksempel vil kalksten være sterkt utsatt for forvitring. Eventuelt kalsiumkarbonatinnhold i bergarter vil forøvrig øve stor innflytelse på pH-forholdene i bekker og mindre elver.

På fylkesbasis finnes høyeste medianverdi, 6100 ppm, i Sogn og Fjordane, og laveste medianverdi, 2700 ppm, i Hedmark.

Sortert på litologisk bakgrunn gir charnockittiske til anortosittiske bergarter (BA-kode 86) høyeste medianverdi, 9000 ppm. Lavest kalsiuminnhold har prøver med kalkstein - slamskifer - sandstein (BA-kode 81) som bakgrunn, medianverdi 2600 ppm. Dette siste kan muligens være forårsaket av forvitningsprosesser, der kalsium i kalsiumkarbonatholdige mineraler er gått i oppløsning ved reaksjon med H⁺-ioner i vannet. De lave kalsiumverdier står forøvrig igjen i motsetning til det som kunne forventes ut fra det totale kalsiuminnholdet i de forskjellige bergarter.

En anrikning av høye kalsiumverdier i prøvene observeres storregionalt over Sogn og Fjordane og nordlige deler av Buskerud og Oppland. En annen anomali ligger i Oslofeltet. Lavområder er Hedmark, Akershus og Østfold.

Den regionale fordeling av kalsiuminnholdet i prøvene har likhetstrekk med strontium, magnesium og kalium.

Kalsium i form av kalkstein, marmor og dolomitt gir grunnlaget for mange drivverdige forekomster i Norge for produksjon av kalk, fyllstoff for diverse formål, sement og kunstgjødsel.

Ca

CALCIUM

atomic number	atomic weight	atomic radius (Å)	ionic radius (Å)
20	40,08	1,97	0.99(+2)
density (g/cm ³)	oxidation states	average content, continental crust (ppm)	
1,55	2+	30000	

Ca-content in some common rock types (ppm):

limestone	cean ridge basalt	gabbro, basalt	ultramafic rock	shale, schist	sandstone	granite, granodiorite
380000	84000	74000	25000	22000	13000	9000

MEDIAN Ca-content in selected surficial materials (ppm)

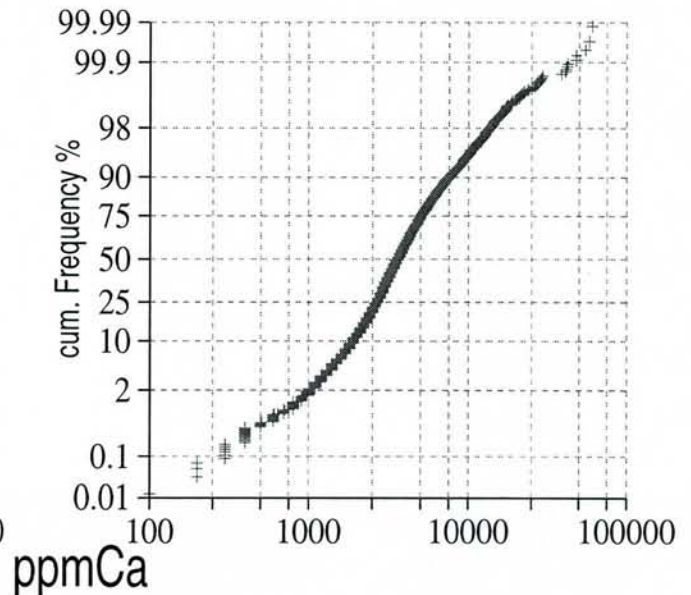
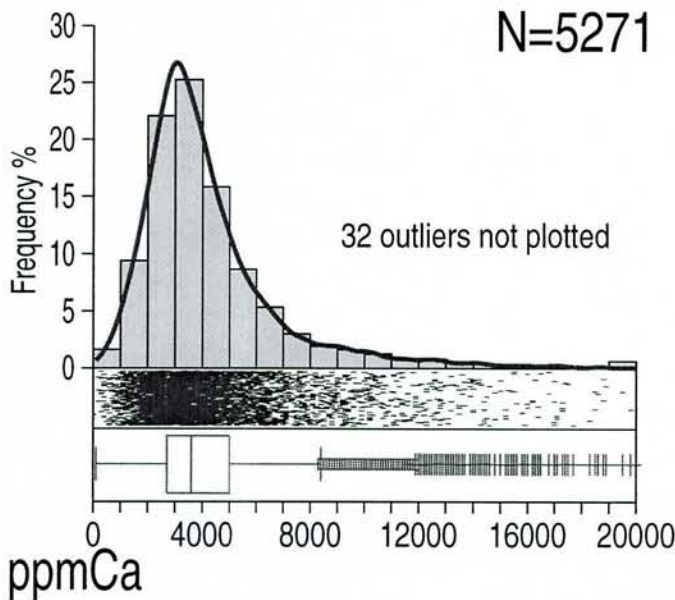
sample medium:	stream sediment	overbank sediment	O-horizon forest soil	till	soil England & Wales	soil worldwide
country of origin:	S-Norway	Norway	Norway	Finland		
grain size fraction:	<0.18mm	<0.063mm	<2mm	<0.063mm	<2mm	<2mm
extraction used:	7N-HNO ₃	7N-HNO ₃	7N-HNO ₃	aqua regia	aqua regia	total cont.
median content:	3600	4600	2200	1700	3278	14000

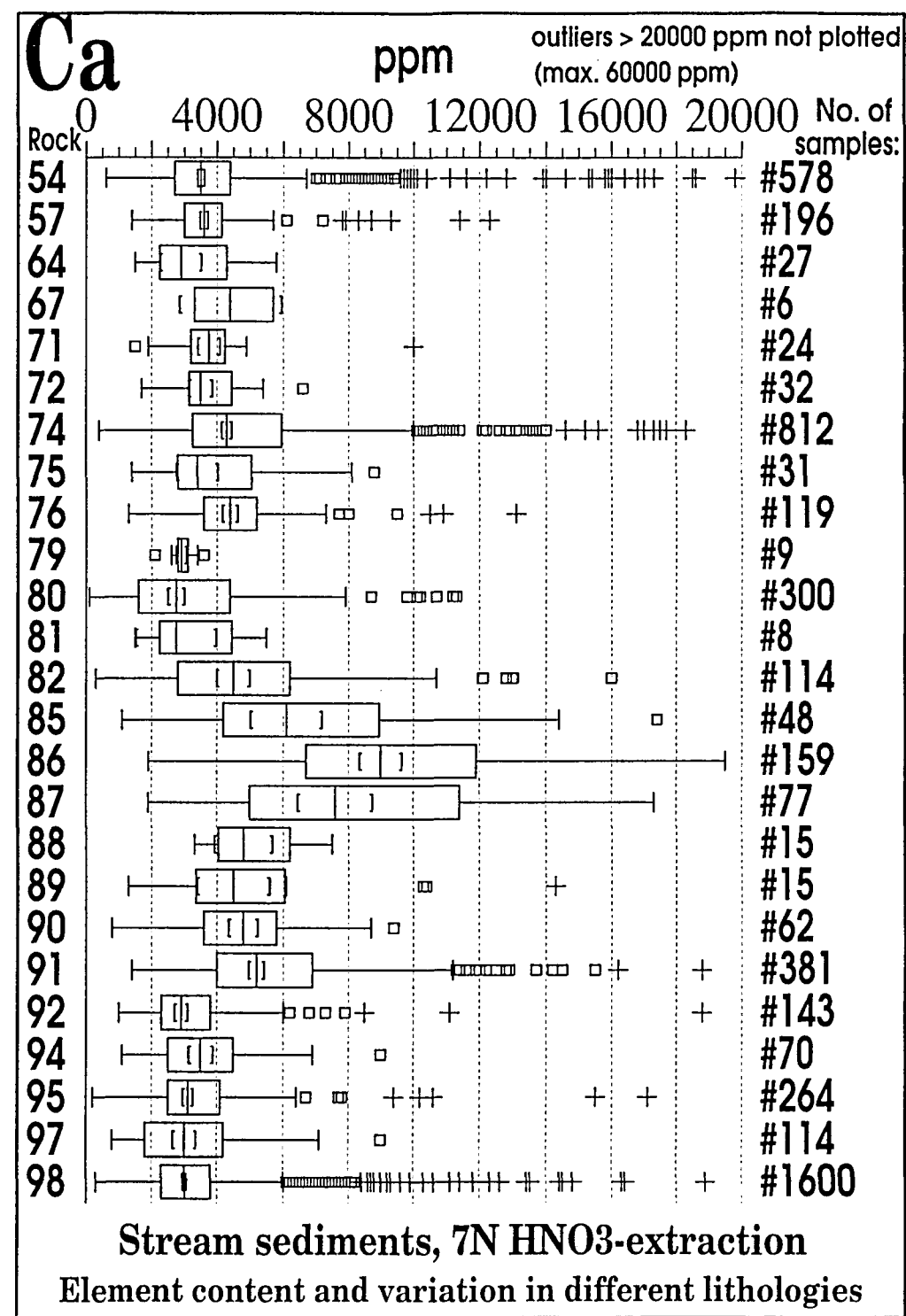
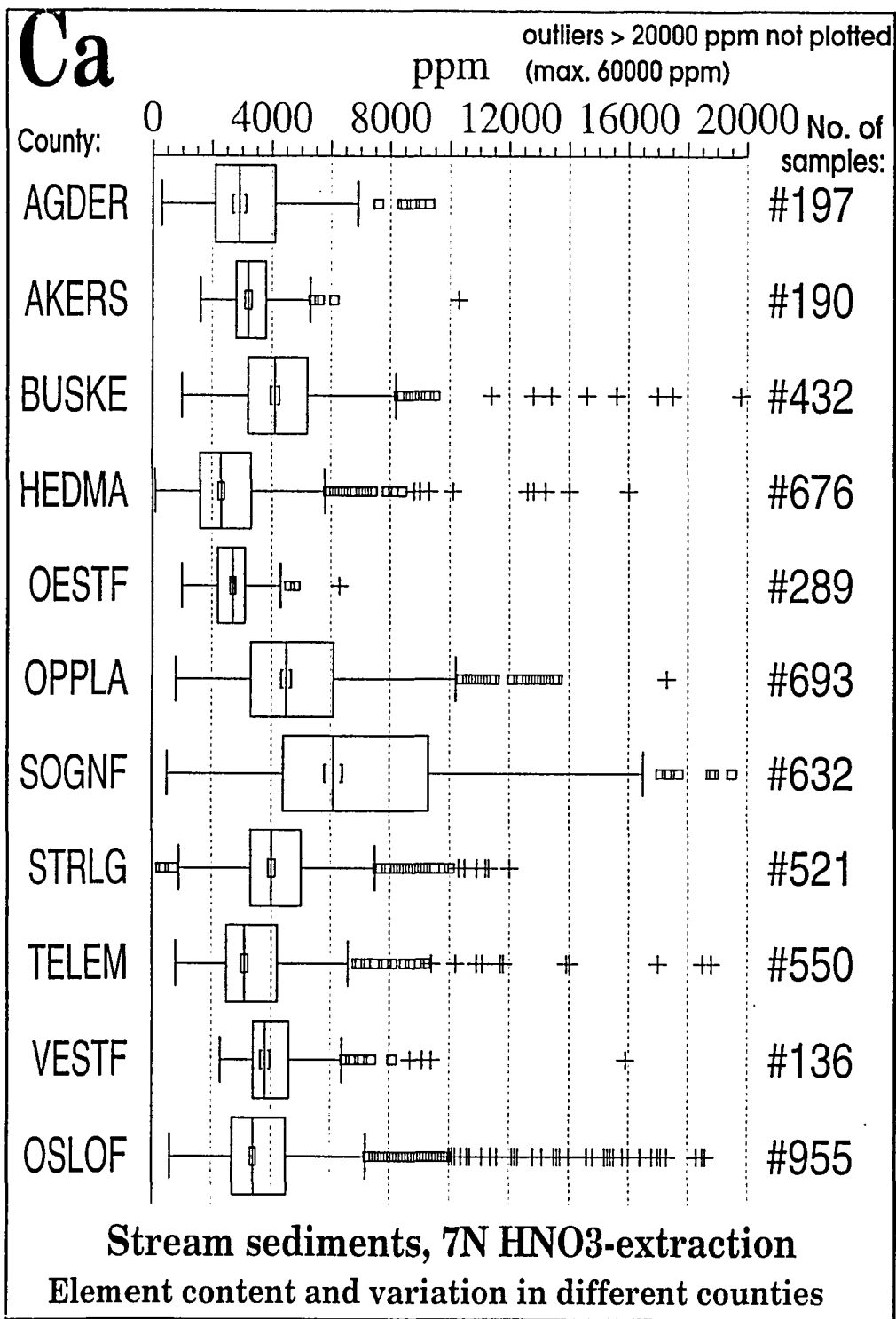
important Ca-containing minerals: calcite, dolomite, gypsum, Ca-feldspar, fluoride

environmental geochemistry: non-toxic, essential - major nutrient
 action level, soil: not defined
 strong influence on pH-levels
 contamination pathway: dust, liming - geogenic sources more important than antropogenic input

industrial use: very widespread, e.g. lime, cement, fertilizers, metallurgical industry, paper industry

comments on dataset: data quality considered good
 note that there is a poor correlation between total Ca-contents and 7N HNO₃-extractable Ca





KALSIUM-INNHOLD I PRØVER
fordelt på FYLKER og LITOLOGISK BAKGRUNN
MEDIAN-verdier angitt i PPM
(minimum 4 lokaliteter i et fylke)

BERGART BA-kode	Agder-kyst	Akershus	Buskerud	Hedmark	Oppland	Oslofeltet	Sogn og Fjordane	Østfold	Telemark	Sør-Trøndelag	Vestfold
Dypbergarter 54			3600			3200			3900		4000
Vulkanske 57			3900			3600					3600
Sedimentære 64								2600		4800	
Sedimentære 67				4400							
Dypbergarter 72											
Granitt 71										3800	
Gabbro 72										3500	
Gabbro 73											
Fyllitt 74			6000	3900	4300	5200	5200		5600	3800	
Kalkstein 75				2100	3300	4500					
Grønnstein 76				3000	4600		4800			4400	
Metaryolitt 77											
Gardnosbrecsien 78											
Tillitt 79				2800							
Sandstein 80				1800	4300					2900	
Kalkstein 81				2100							
Sandstein 82				2800	5900		2100			6200	
Gneis 85				1800	4900		7600			4800	
Charnockittiske 86			7000		7800		10100				
Granitt 87							7500				
Gabbro 88							4500				
Ultramafiske 89							3900				
Vulkanske 90					5500		5900			4100	
Gneis 91					4700		5700			4000	
Granitt 92	4600		2900	2400	2200			2800	3000		
Charnockittiske 93											
Gabbro 94	2700		4000			2300			3900		
Sandstein 95	2800		4100	1900		3200			3000		
Metabasalt 96									4100		
Metaryolitt 97			4600	1900		3200			2900		
Gneis 98	2900	3200	3800	2100	3500	3100	9200	2700	2800		

8 KOBOLT

For hele datasettet er medianverdien for kobolt 7.2 ppm, med 9.1 ppm som gjennomsnitt, 241 ppm som høyeste og 0.3 ppm laveste verdi. Den høyeste verdien må anses som meget høy, i det gjennomsnittsinholdet i jordskorpen er 20 ppm og gjennomsnittsinholdet i ultramafiske bergarter 110 ppm.

På fylkesbasis finnes høyeste medianverdi, 9.1 ppm, både i Sogn og Fjordane og i Oppland, og laveste medianverdi, 3.9 ppm, i Østfold.

Sortert på litologisk bakgrunn gir granitt til tonalitt (BA-kode 92) høyeste medianverdi, 11.8 ppm. Lavest koboltinnhold har prøver med granitt til tonalitt (BA-kode 92) som bakgrunn, medianverdi 3.7 ppm.

En anrikning av høye koboltverdier observeres storregionalt som et bredt belte fra Sogn og Fjordane over Buskerud og Oppland mot Oslo - Akershus. En annen anomali ligger i Sør-Trøndelag. Lavområder er nordlige og sydlige del av Hedmark, Østfold og midtre deler av Sogn og Fjordane.

Den regionale fordeling av koboltinnholdet i prøvene har likhetstrekk fremfor alt med jern, dessuten med molybden og vanadium.

Den mest kjente koboltforekomsten i Norge ligger i Modum i Buskerud, som ga grunnlaget for driften av "Blåfarveverket". Navnet henspiller på fargepigmentet koboltblått, som tidligere var meget viktig ved blåfarging av glass. Kobolt brukes ellers i stållegeringer og inngår som nødvendig sporelement i mange biokjemiske forbindelser.

I helsemessig sammenheng er områder med lavt koboltinnhold og samtidig høyt molybdeninnhold av interesse, fordi drøvtyggende kveg kan bli utsatt for molybdenforgiftning (molybdenose) i slike områder. I Skottland er grensen for helserisiko satt ved 5 ppm Co/kg for slik forgiftning. Mer enn 25% av verdiene i vårt datasett viser så lave koboltverdier at de kommer innenfor denne risikogrense.

Co

atomic number:
27
density (g/cm³)
8,9

atomic weight
58,933
oxidation states
2+, (3+)

atomic radius (Å)
1,25
average content, continental crust (ppm)
20

COBALT

ionic radius (Å)
0.78(+2)

Co-content in some common rock types (ppm):

Co-ores	ultramafic rock	ocean ridge basalt	gabbro, basalt	shale, schist	granite, granodiorite	sandstone	limestone
>3500	110	50	45	20	4	0.3	0.1

MEDIAN Co-content in selected surficial materials (ppm)

sample medium:	stream sediment	overbank sediment	O-horizon forest soil	till	soil England & Wales	soil worldwide
country of origin:	S-Norway	Norway	Norway	Finland	England & Wales	worldwide
grain size fraction:	<0.18mm	<0.063mm	<2mm	<0.063mm	<2mm	<2mm
extraction used:	7N-HNO ₃	7N-HNO ₃	7N-HNO ₃	aqua regia	aqua regia	total cont.
median content:	7	12	2	7	10	10

important Co-containing minerals:

smaltite, cobaltine, linneite
constituent of many sulphidic ores, trace constituent of olivin, pyroxene, amphibole, mica, garnet

environmental geochemistry:

essential (component of vitamin B12)

Co-deficiency syndroms known to occur, Co is increasingly depleted in agricultural soils

Co-dust is carcinogenic (metal workers)

action level, soil: 50 ppm

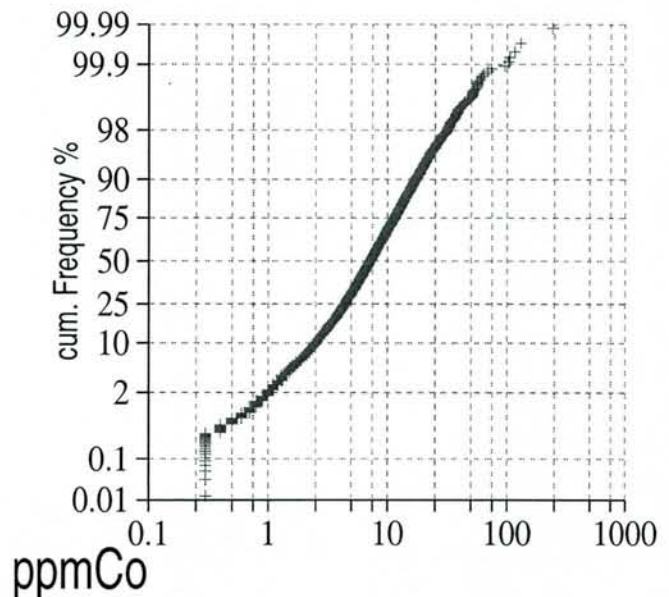
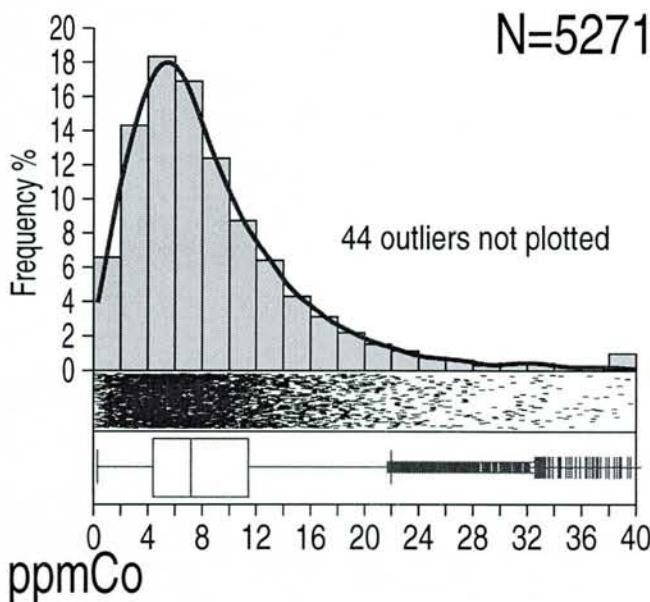
contamination pathway: industrial emissions (Ni-smelting, Co-industry), note that depletion is presently the larger threat to the environment, Co-cycling needs research

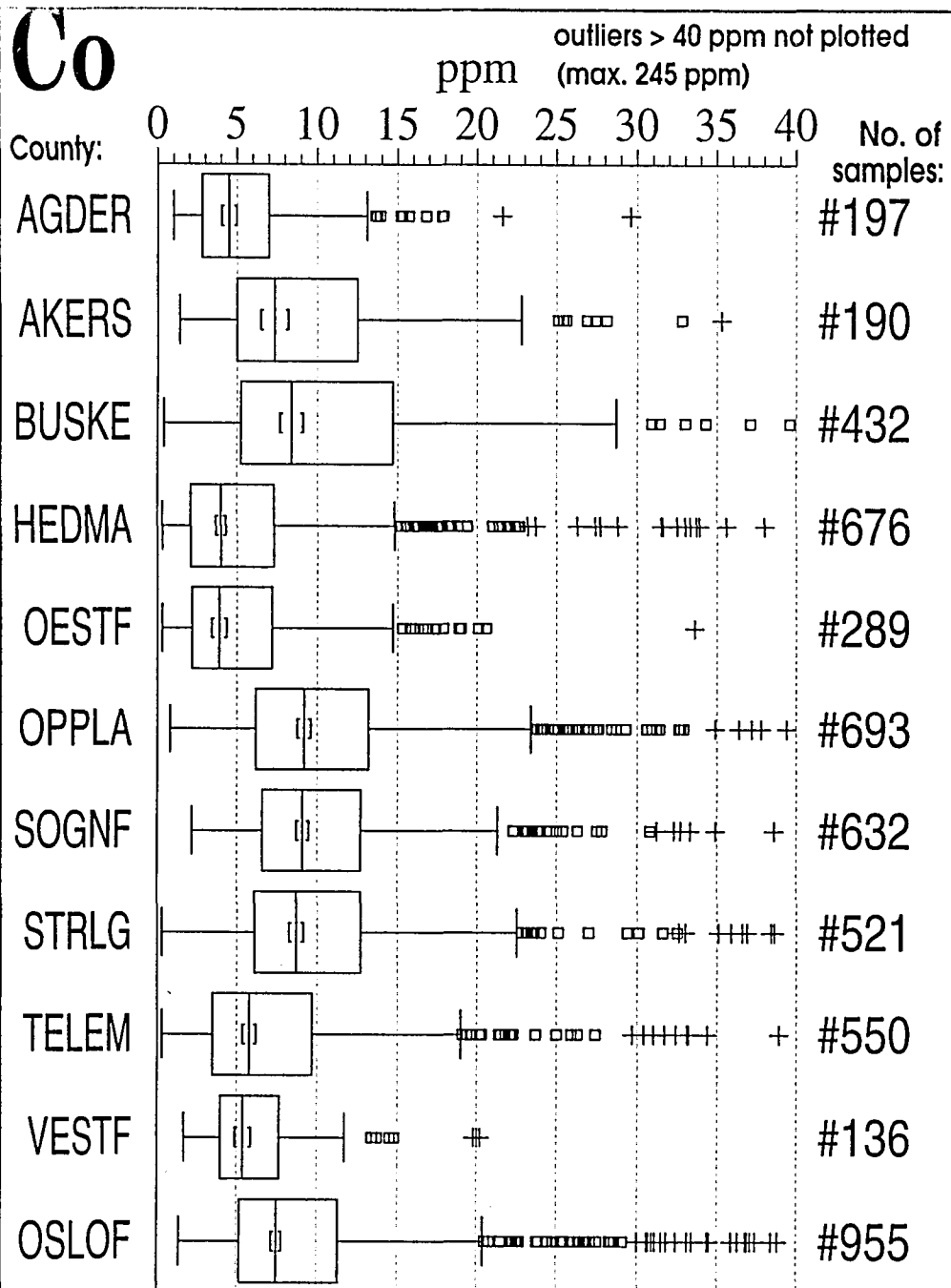
industrial use:

superalloys, aerospace industry, stainless steel, magnets, pigment

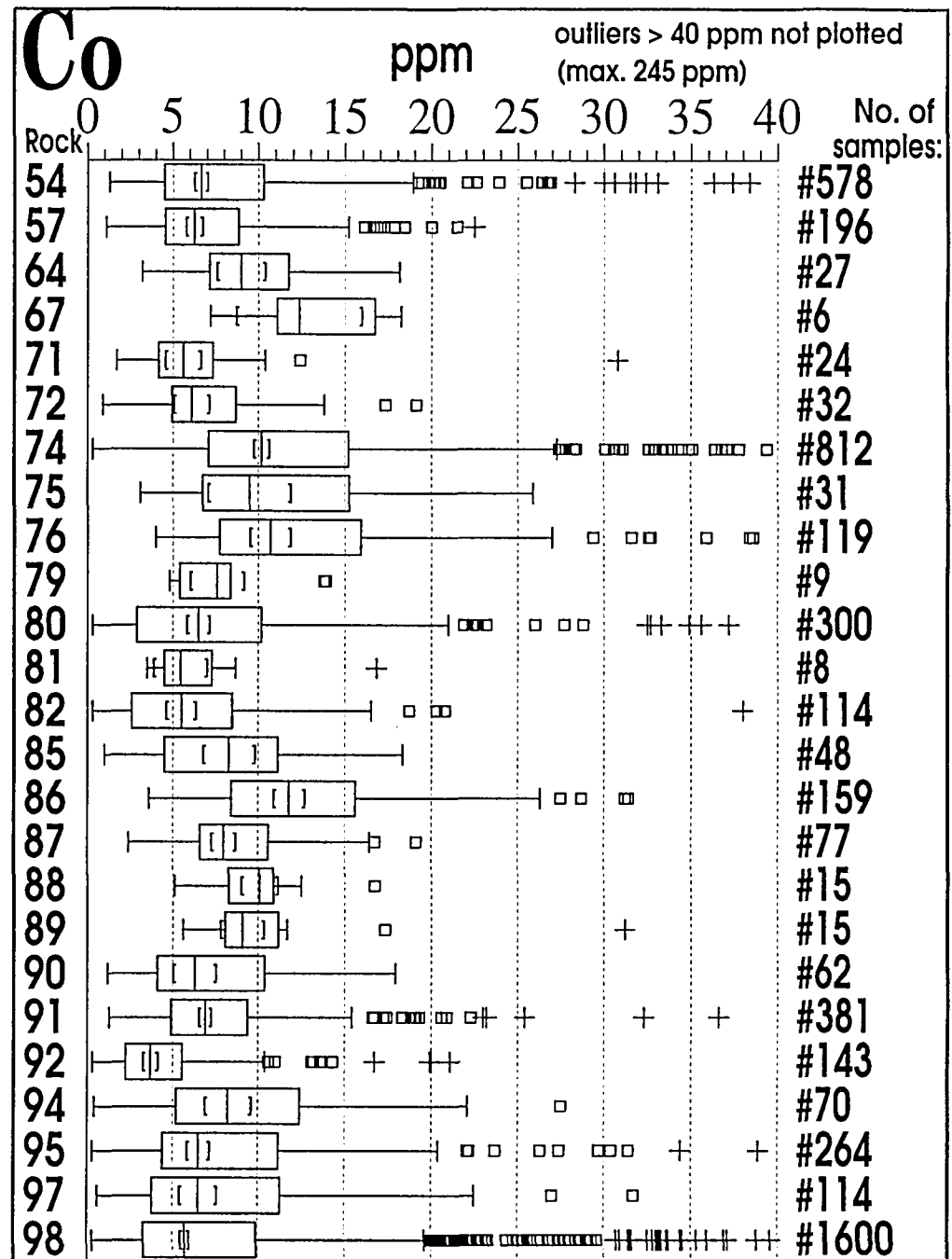
comments on dataset:

data quality considered good





Stream sediments, 7N HNO₃-extraction
Element content and variation in different counties



Stream sediments, 7N HNO₃-extraction
Element content and variation in different lithologies

KOBOLT-INNHOLD I PRØVER
fordelt på FYLKER og LITOLOGISK BAKGRUNN
MEDIAN-verdier angitt i PPM
(minimum 4 lokaliteter i et fylke)

BERGART BA-kode	Agder-kyst	Akershus	Buskerud	Hedmark	Oppland	Oslofeltet	Sogn og Fjordane	Østfold	Telemark	Sør-Trøndelag	Vestfold
Dypbergarter 54			6,5			7			4,5		5,6
Vulkanske 57			6,9			6,8					5
Sedimentære 64							8			7,8	
Sedimentære 67				11,1							
Dypbergarter 72											
Granitt 71										4,8	
Gabbro 72										6	
Gabbro 73											
Fyllitt 74			10,3	7,7	11,3	9,9	13,4		8,1	9,8	
Kalkstein 75				6,7	8,3	12,1					
Grønnstein 76				5,9	5,3		17,3			10,8	
Metaryolitt 77											
Gardnosbredsken 78											
Tillitt 79				7,6							
Sandstein 80				3,3	9					7,1	
Kalkstein 81				4,1							
Sandstein 82				2,6	7,7		5,5			5,2	
Gneis 85				1,3	8,1		9,8			4,3	
Charnockittiske 86			15,3		11,3		11,8				
Granitt 87							8				
Gabbro 88							8,8				
Ultramafiske 89							8,8				
Vulkanske 90					3		9,9			5,1	
Gneis 91					4,2		7,5			7,5	
Granitt 92	3,1		5,1	3,7	4,4			2,6	3,6		
Charnockittiske 93											
Gabbro 94	7		10,3			6,5			8		
Sandstein 95	2,9		8,2	2,9		5,7			7,2		
Metabasalt 96									10,2		
Metaryolitt 97			11	3,9		10,1			6,1		
Gneis 98	4,7	7,3	7,9	3,3	7,6	8	13,9	4,2	4,2		

9 KROM

For hele datasettet er medianverdien for krom 4.8 ppm, med 9.7 ppm som gjennomsnitt, 305 ppm som høyeste og 0.3 ppm laveste verdi. Den landbaserte del av jordskorpen - "continental crust" inneholder gjennomsnittlig 70 ppm krom

På fylkesbasis finnes høyeste medianverdi, 17.3 ppm, i Sør-Trøndelag, og laveste medianverdi, < 0.3 ppm, i fylkene Hedmark, Oppland, Telemark og Østfold.

Sortert på litologisk bakgrunn gir, bortsett fra metaryolitt (3 prøver), grønnstein, grønnskifer, amfibolitt, meta-andesitt (BA-kode 76) høyeste medianverdi, 22.3 ppm. Lavest krominnhold, med medianverdi < 0.3 ppm finnes i flere av de eldste bergartene.

Fylker med høyt innhold av krom i prøvene er Akershus med Oslofeltet, Sogn og Fjordane og Sør-Trøndelag. Store lavområder observeres i Buskerud, Hedmark, Oppland, Telemark og Østfold.

Den regionale fordeling av krominnholdet i prøvene har likhetstrekk med magnesium, nikkel og vanadium.

For tiden er ingen kromgruver i drift i Norge. Før og under siste krig har det tidvis vært drift på krom i Feragen ved Røros. En rekke mindre forekomster er kjent, særlig i den nordlige delen av Hedmark og Oppland. I den utstrekning disse områdene er prøvetatt, viser de ofte forhøyede verdier for krom i prøvene.

Store mengder krom brukes i stålindustrien som komponent i rustfritt stål. En annen viktig forbruker er galvanisk industri med stort behov til forkromning av jern og stål.

Krom brukes også i garveri-industrien og som fargestoff i forskjellige typer maling.

Cirka 1 prosent av kromverdiene i datasettet overstiger SFT's grense for forurenset jord i landbruket, 100 mg/kg (ppm).

Cr

CHROMIUM

atomic number:
24
density (g/cm³)
7,19

atomic weight
51,996
oxidation states
3+, (6+)

atomic radius (Å)
1,27
average content, continental crust (ppm)
70

ionic radius (Å)
0.69(+3)

Cr-content in some common rock types (ppm):

Cr-ores	ultramafic rock	ocean ridge basalt	gabbro, basalt	shale, schist	sandstone	granite, granodiorite	limestone
>300000	2300	300	250	100	35	10	5

MEDIAN Cr-content in selected surficial materials (ppm)

sample medium:	stream sediment	overbank sediment	O-horizon forest soil	till	soil	soil
country of origin:	S-Norway	Norway	Norway	Finland	England & Wales	worldwide
grain size fraction:	<0.18mm	<0.063mm	<2mm	<0.063mm	<2mm	<2mm
extraction used:	7N-HNO ₃	7N-HNO ₃	7N-HNO ₃	aqua regia	aqua regia	total cont.
median content:	5	27	3	28	39	80

important Cr-containing minerals:

chromite, krokoite
trace constituent of pyroxenes, amphiboles, micas, garnets

environmental geochemistry:

essential

Cr(III) considered relatively harmless, Cr(VI) highly toxic
action level, soil:100 ppm

contamination pathway: industrial emissions: dust, sludge, water - in increasing amounts

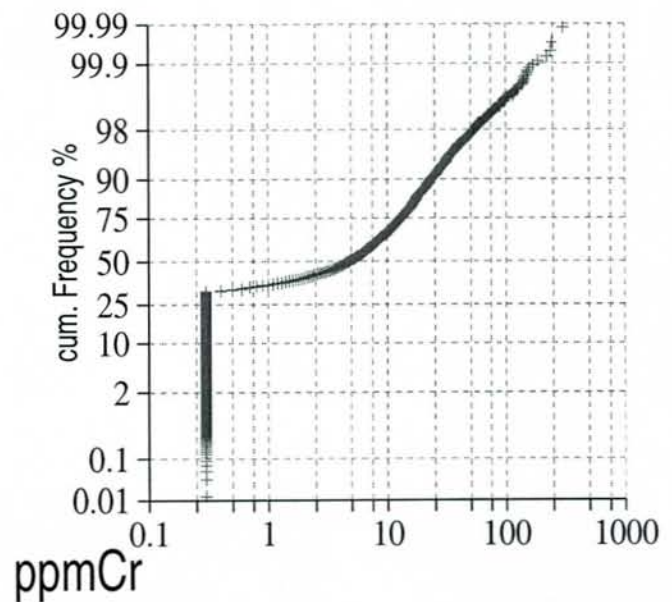
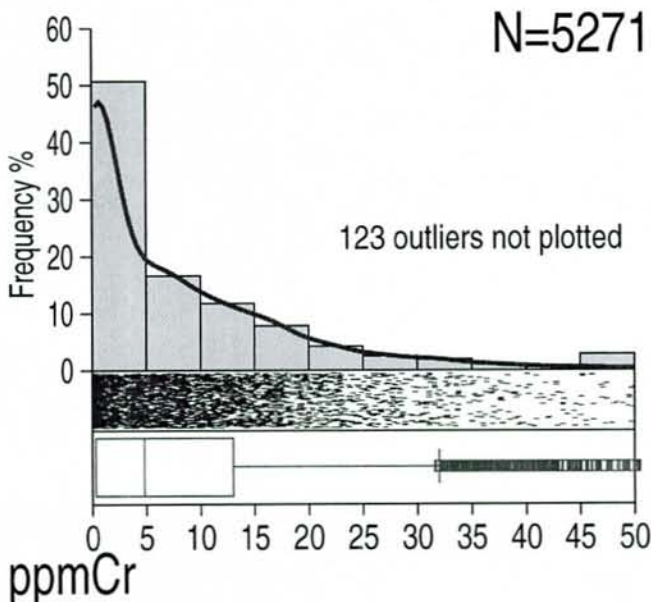
industrial use:

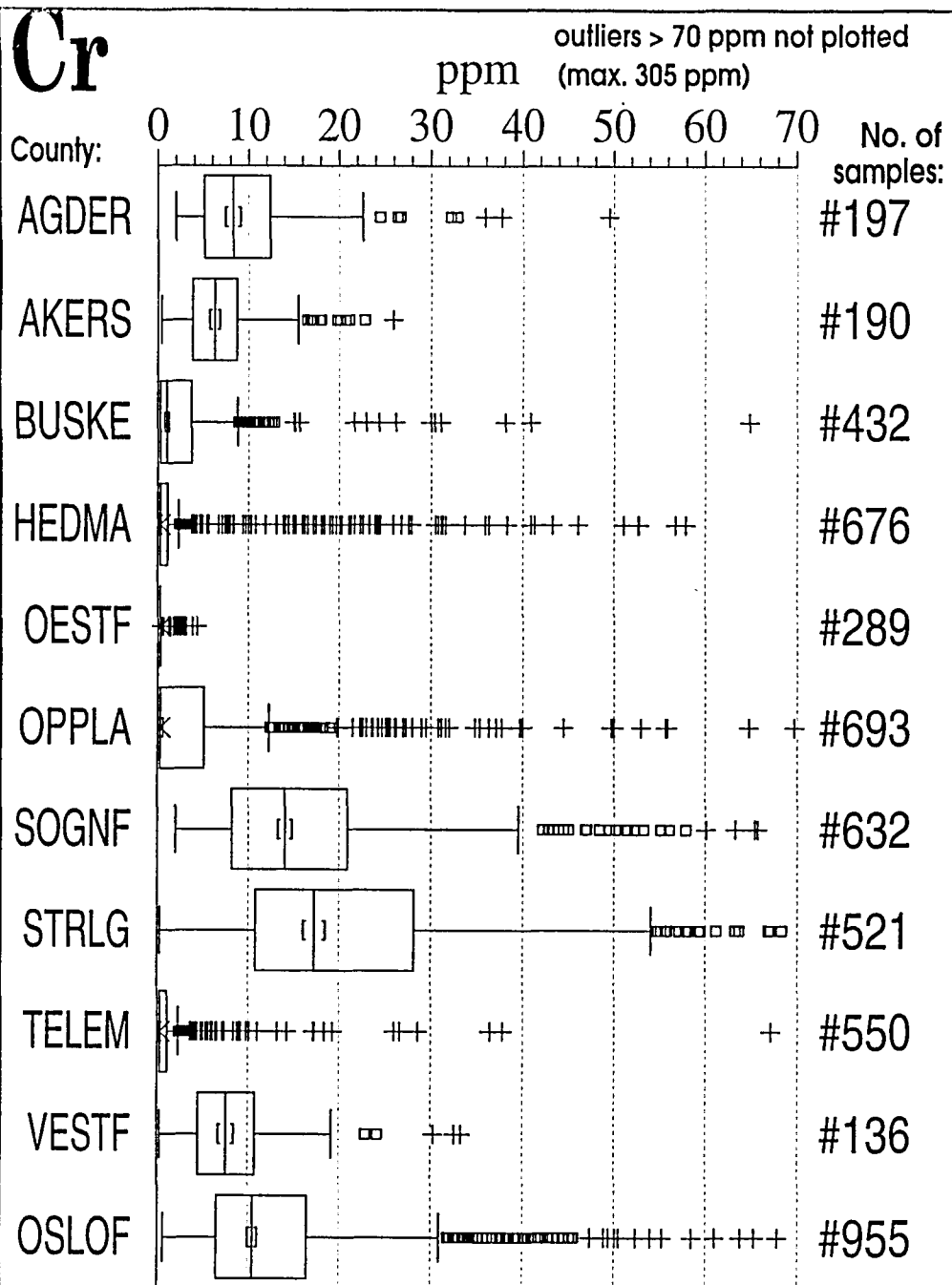
stainless steel, galvanizing (Cr-plating), pigment, catalyst, dyes,
magnetic tapes, tanning, wood impregnation

comments on dataset:

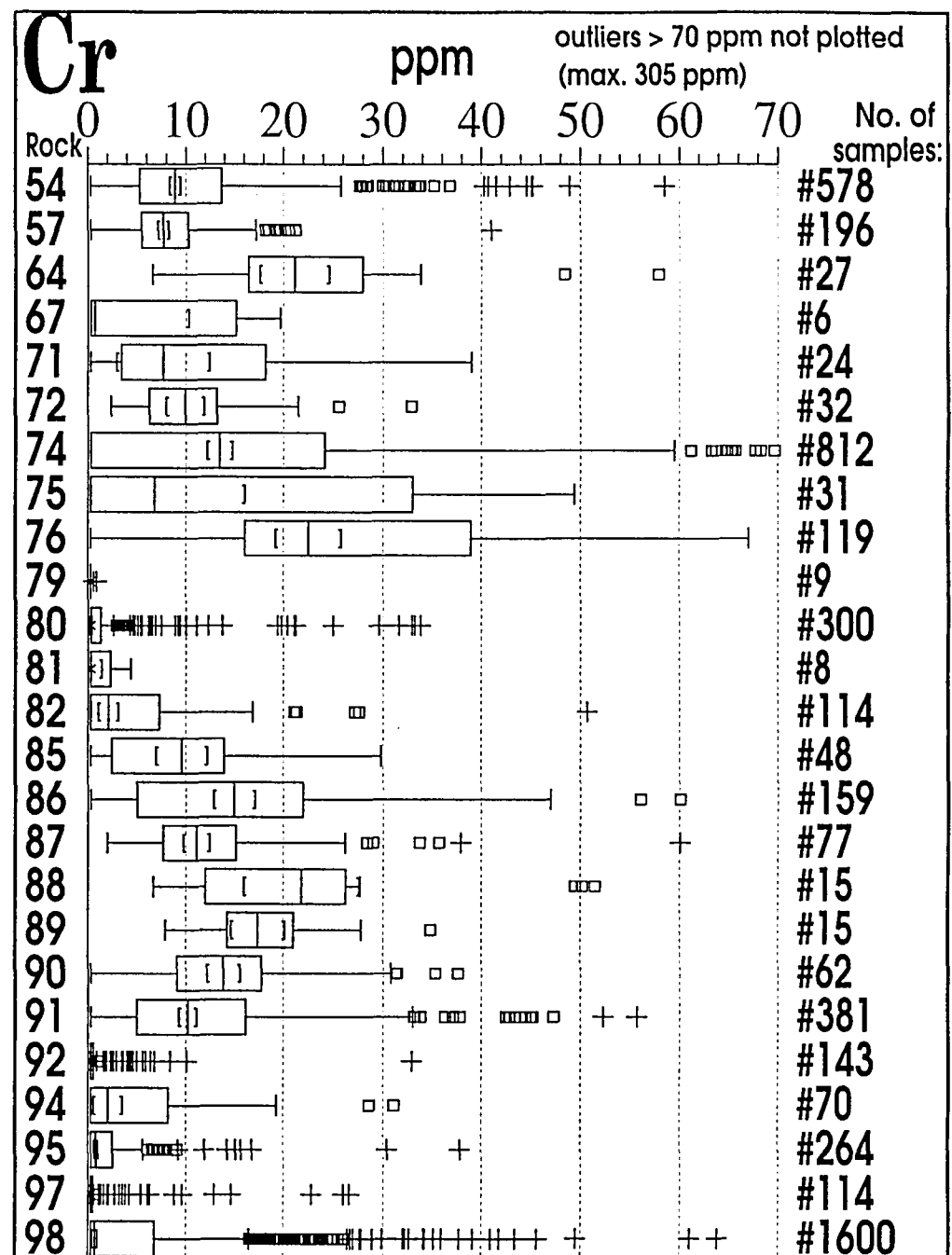
data quality considered acceptable, detection limit too high

note that chromite and many Cr-bearing minerals are not dissolved in 7N HNO₃





Stream sediments, 7N HNO₃-extraction
Element content and variation in different counties



Stream sediments, 7N HNO₃-extraction
Element content and variation in different lithologies

KROM-INNHOLD I PRØVER
fordelt på FYLKER og LITOLOGISK BAKGRUNN
MEDIAN-verdier angitt i PPM
(minimum 4 lokaliteter i et fylke)

BERGART BA-kode	Agder-kyst	Akershus	Buskerud	Hedmark	Oppland	Oslofeltet	Sogn og Fjordane	Østfold	Telemark	Sør-Trøndelag	Vestfold
Dypbergarter 54			3,3			10,2			0,3		7,9
Vulkanske 57			4			8,2					6,5
Sedimentære 64										20,8	12,7
Sedimentære 67				0,3							
Dypbergarter 72											
Granitt 71											4,4
Gabbro 72											9,7
Gabbro 73											
Fyllitt 74			7,3	7,5	0,3	17,5	15,9		11	20,1	
Kalkstein 75				0,3	1,5	36,8					
Grønnstein 76				16	0,3		34,9			22,8	
Metaryolitt 77											
Gardnosbreksjen 78											
Tillitt 79				0,3							
Sandstein 80				0,3	0,3					20,4	
Kalkstein 81				0,3							
Sandstein 82				1,6	0,9		7,3			11,5	
Gneis 85				0,3	0,3		14,3			2,6	
Charnockittiske 86			4,2		0,3		18,1				
Granitt 87							14,1				
Gabbro 88							21,4				
Ultramafiske 89							17,3				
Vulkanske 90					5		14,7			13,9	
Gneis 91					1,1		10,6			14,1	
Granitt 92	4,2		0,3	0,3	0,3			0,3	0,3		
Charnockittiske 93											
Gabbro 94	8,3		0,8			7,8			0,3		
Sandstein 95	4,7		1,6	0,9		5,4			0,3		
Metabasalt 96									0,3		
Metaryolitt 97			0,3	0,3		14,7			0,3		
Gneis 98	8,5	6,2	0,3	0,3	0,3	10,8	15,4	0,3	0,3		

10 KOBBER

På landsbasis er medianverdien for kobber 11,7 ppm med 16,9 ppm som gjennomsnitt, 1900 ppm som høyeste og <0.2 ppm (deteksjonsgrensen) laveste verdi. Gjennomsnittlig kobberinnhold i kontinentalskorpen er 30 ppm. Dette indikerer at 7N HNO₃ er godt egnet som oppløsningsmiddel for kobber i bekkersedimenter, og det er et av de sjeldne tilfeller der slik oppløsning gir resultater som samsvarer godt med hva som kan forventes av kobberinnhold i forskjellige bergarter.

På fylkesbasis finnes høyeste medianverdi, 25.7 ppm, i Sør-Trøndelag, mens laveste medianverdi, 4.9 ppm opptrer langs Agder-kysten.

Sortert på litologisk bakgrunn gir grønnstein og amfibolitt (BA-kode 76) høyeste medianverdi, 29,1 ppm, mens kalkstein - slamskifer - sandstein (BA-kode 81) og tillit (BA-kode 79) gir laveste.

På oversiktskartet for Cu observeres en storregional kobberanriktning langs den kaledonske fjellkjede med hovedretning NNØ-SSV, slik at det største antall prøver med høyt kobberinnhold ligger i fylkene Telemark, Buskerud, Oppland og Sør-Trøndelag.

Det laveste kobberinnhold finnes i prøver fra Hedmark, Sogn og Fjordane og langs Agderkysten. I disse fylkene dominerer gneis og sandstein (BA-koder 80, 90,98) som litologisk bakgrunn. En stor del av kjente og tidligere ofte drevne Cu-forekomster ligger nettopp i den kaledonske fjellkjede. På kartet kan en også se at det er forholdsvis store hull i prøvetakingen i nordre del av Oppland, der en overveiende del av prøvene gir kobberverdier over medianverdien på landsbasis. Det kan derfor spekuleres i om det muligens finnes uoppdagede kobberforekomster av økonomisk verdi i dette område.

Det finnes heller ikke prøvemateriale fra fylkene Hordaland, Rogaland, Vest-Agder og den midtre og nordlige del av Aust-Agder, slik at det ikke er mulig å se om kobberprovinser fortsetter mot SSV. En tidligere rapport vedrørende skogjord (humus) i Rogaland og Hordaland i forbindelse med Landskognakseringen (Nilsen 1988) indikerer en mulig fortsettelse av anrikningen. Undersøkelse av flomsedimenter (Ottesen in prep) antyder samme tendens.

De grunnstoffene som viser best samvariasjon med kobber for hele datasettet er nikkel, magnesium og jern.

Cirka 1 % av prøvene i vårt datasett viser kobberverdier som overskrider SFT's grense for forurenset jord i landbruket, 100 mg/kg (ppm).

Cu

COPPER

atomic number: 29	atomic weight 63,54	atomic radius (Å) 1,28	ionic radius (Å) 0.69(+2)
density (g/cm³) 8,96	oxidation states 1+, 2+	average content, continental crust (ppm) 30	

Cu-content in some common rock types (ppm):

Cu-ore	gabbro, ocean ridge basalt	basalt	shale, schist	ultramafic rock	granite, granodiorite	limestone	sandstone
>5000	90	80	45	40	12	6	2

MEDIAN Cu-content in selected surficial materials (ppm)

sample medium:	stream sediment	overbank sediment	O-horizon forest soil	till	soil England & Wales	soil worldwide
country of origin:	S-Norway	Norway	Norway	Finland		
grain size fraction:	<0.18mm	<0.063mm	<2mm	<0.063mm	<2mm	<2mm
extraction used:	7N-HNO3	7N-HNO3	7N-HNO3	aqua regia	aqua regia	total cont.
median content:	12	22	7	21	18	25

important Cu-containing minerals:

chalcopyrite, bornite, chalcocite, malachite ...
can occur in traces in pyroxene, amphibole, mica

environmental geochemistry:

excess Mo can lead to Cu-deficiency
excess Zn can lead to Cu-deficiency
action level, soil: 100ppm

essential, potentially toxic (high doses)
excess Cu can lead to Zn-deficiency
important element in sheep farming

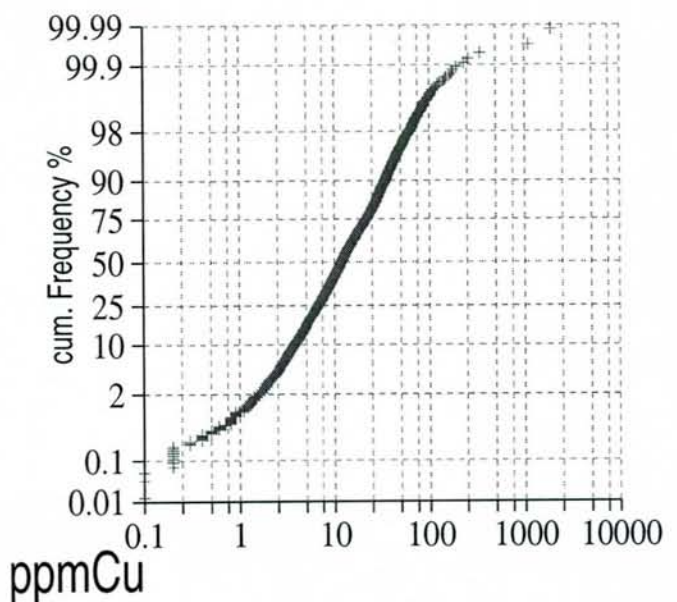
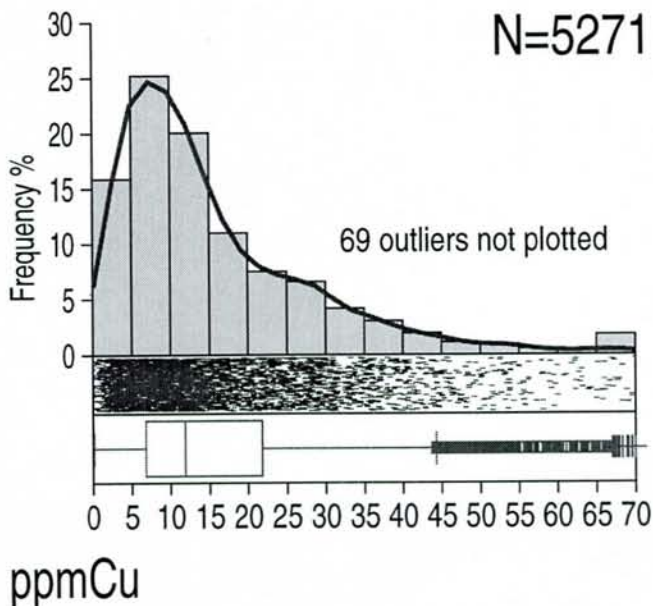
contamination pathway: airborne contamination from industry, sewage sludges, waste water,
mining, mine dumps behaviour in soils dependent on their C-cont., pH

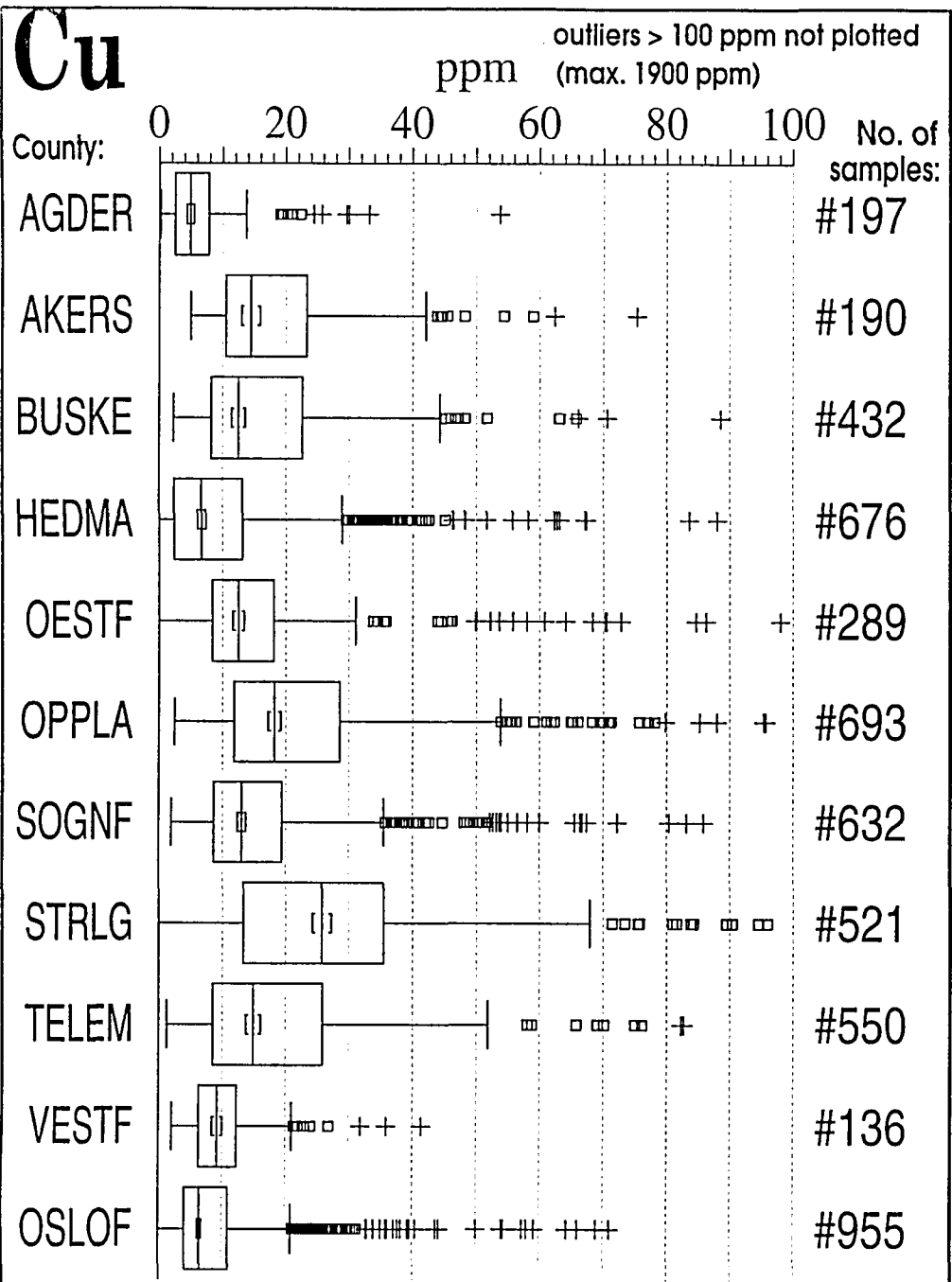
industrial use:

electrical industry, water piping, pigment, alloys, algicide, wood impregnation

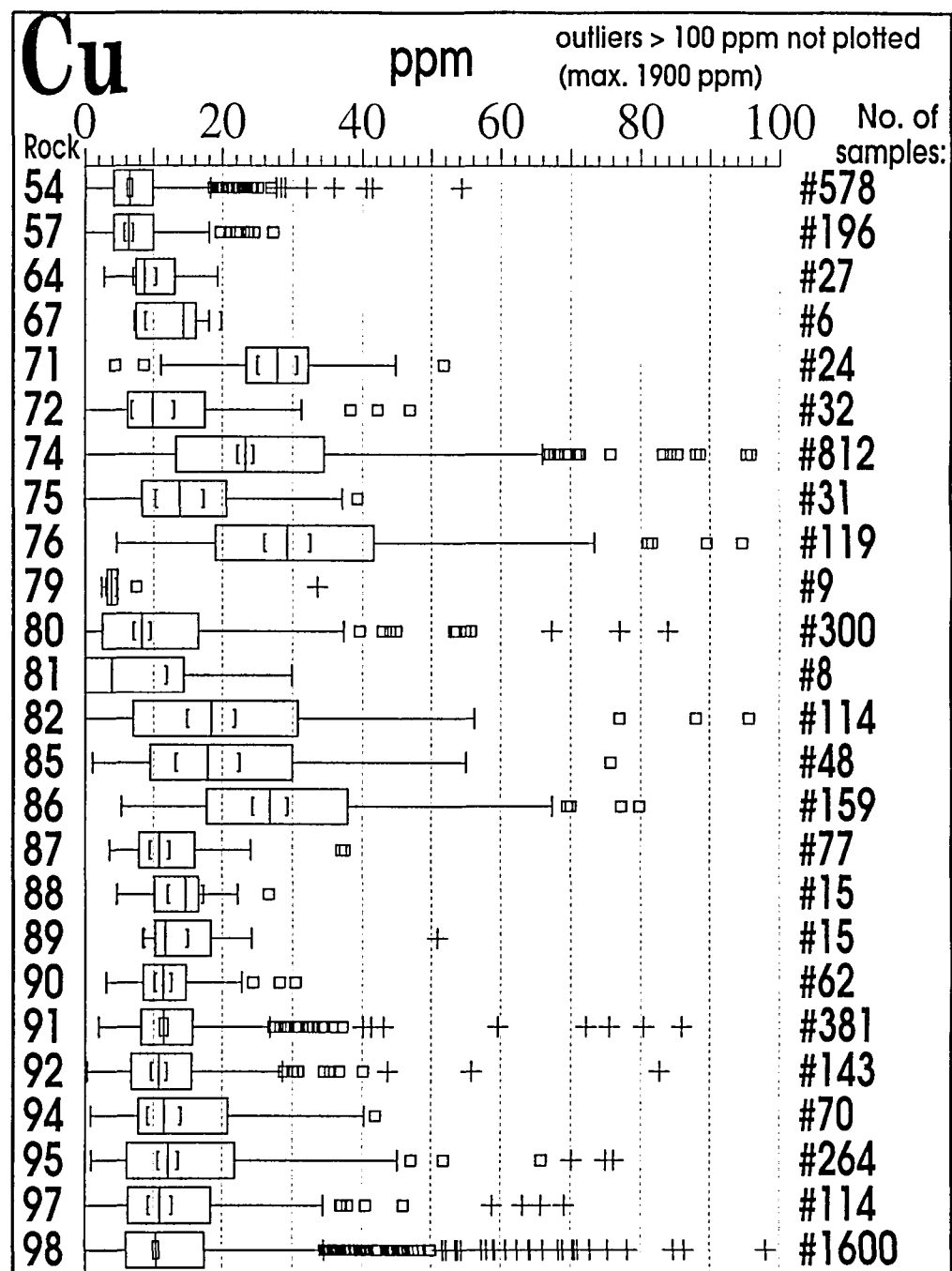
comments on dataset:

data quality considered good





Stream sediments, 7N HNO₃-extraction
Element content and variation in different counties



Stream sediments, 7N HNO₃-extraction
Element content and variation in different lithologies

KOBBER-INNHOLD I PRØVER
fordelt på FYLKER og LITOLOGISK BAKGRUNN
MEDIAN-verdier angitt i PPM
(minimum 4 lokaliteter i et fylke)

BERGART BA-kode	Agder-kyst	Akershus	Buskerud	Hedmark	Oppland	Oslofeltet	Sogn og Fjordane	Østfold	Telemark	Sør-Trøndelag	Vestfold
Dypbergarter 54			10.2			5.6			6.7		8.6
Vulkanske 57			11.7			5.3					9.2
Sedimentære 64								8.6		8.6	
Sedimentære 67				14.2							
Dypbergarter 72											
Granitt 71										27.8	
Gabbro 72										9.9	
Gabbro 73											
Fyllitt 74			15.9	25.9	23	13.3	20.3		10.7	28.3	
Kalkstein 75				5.4	13.8	16.1					
Grønnstein 76				33.7	13.3		16.7			28.8	
Metaryolitt 77											
Gardnosbreksjen 78											
Tillitt 79				3.2							
Sandstein 80				2.5	15.1					18	
Kalkstein 81				0							
Sandstein 82				7	19		16.4			35.8	
Gneis 85				2	21.2		13.1			18.1	
Charnockittiske 86			20.6		28.8		24.1				
Granitt 87							10.9				
Gabbro 88							13.4				
Ultramafiske 89							14.4				
Vulkanske 90					8.5		12.6			9.4	
Gneis 91					13.6		10.1			14.2	
Granitt 92	1.9		7.5	9.3	7.9			12.6	14.4		
Charnockittiske 93											
Gabbro 94	5.3		16.5			4.6			11.7		
Sandstein 95	3.2		14	4.3		4.3			13.8		
Metabasalt 96									20.1		
Metaryolitt 97			21.1	5.8		7.6			15.2		
Gneis 98	5.1	14.1	11.2	8.2	11.8	7.4	17	12.3	16.2		

For hele datasettet er medianverdien for jern 12700 ppm, med 14900 ppm som gjennomsnitt, 99000 ppm som høyeste og 400 ppm laveste verdi.

På fylkesbasis finnes høyeste medianverdi, 18700 ppm i Oppland, og laveste medianverdi, 8700 ppm i Østfold.

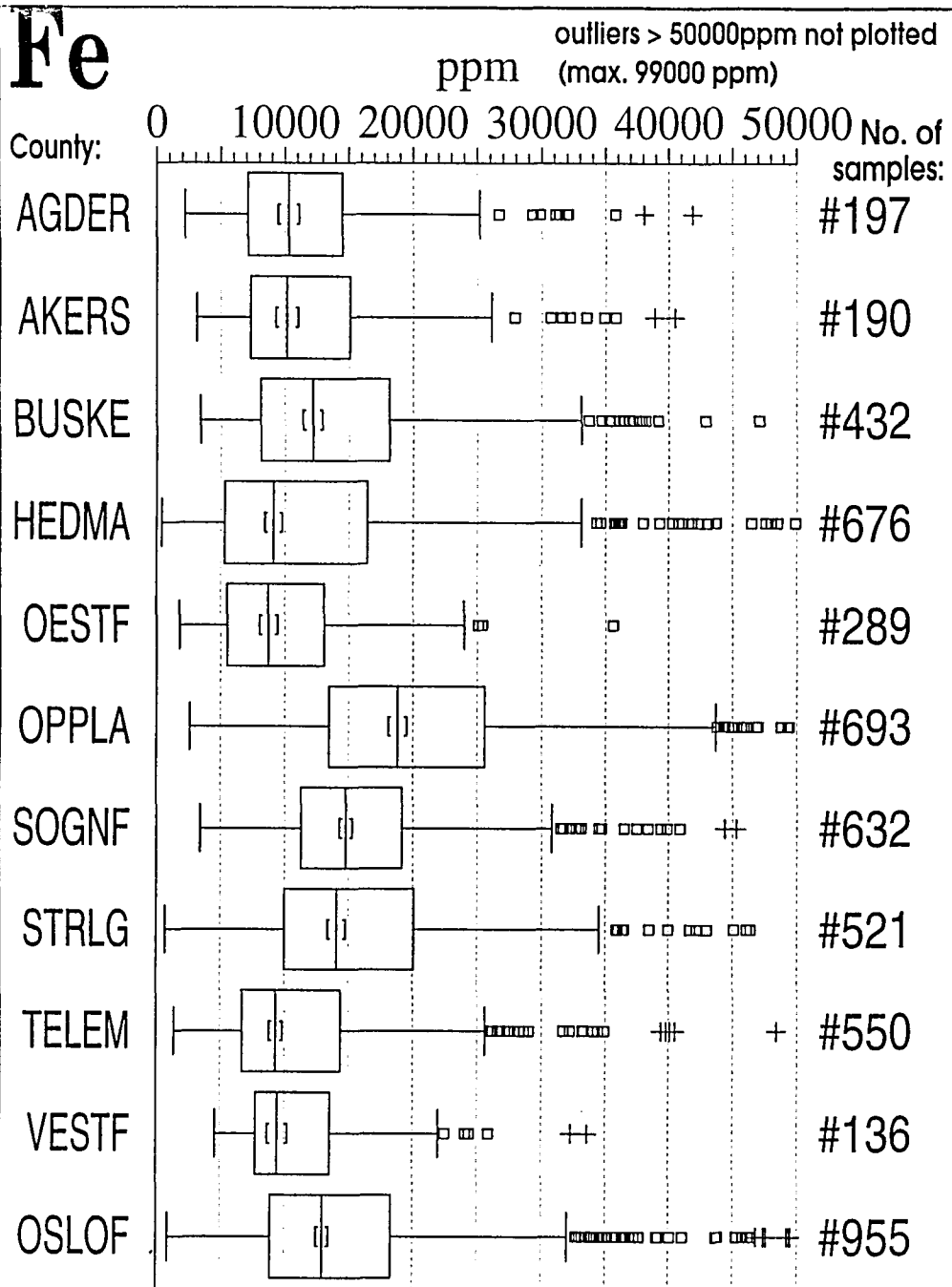
Sortert på litologisk bakgrunn gir sandstein og konglomerat (BA-kode 67) høyeste medianverdi, 24000 ppm. Lavest jerninnhold har prøver med med granitt til tonalitt som bakgrunn (BA-kode 92), medianverdi 7600 ppm. Som regel er sandsten og granitt blant de bergarter som viser lavest jerninnhold., men det finnes også enkelte unntak der jernhydroksyd er utfelt som belegg på sandkornene (rød sandstein). Jern er et av de elementer som ofte er kraftig anriktet i sekundære avsetninger, og forekomsten av jern i bekkesedimenter styres mere av pH-betingelsene i bekken enn av vertsbergartens litologi. Bekker som drenerer granittområder inneholder ofte jernutfellninger på overflaten av bunnmaterialet. Disse utfellingene kan gi opphav til kraftige "falske" anomalier.

For jern observeres en storregional anrikning over fylkene Akershus med Oslofeltet og over Oppland - Buskerud mot den vestlige delen av Sogn og Fjordane. Dessuten observeres en anrikning i Sør-Trøndelag. Den nordligste og sydligste delen av Hedmark er lavområder.

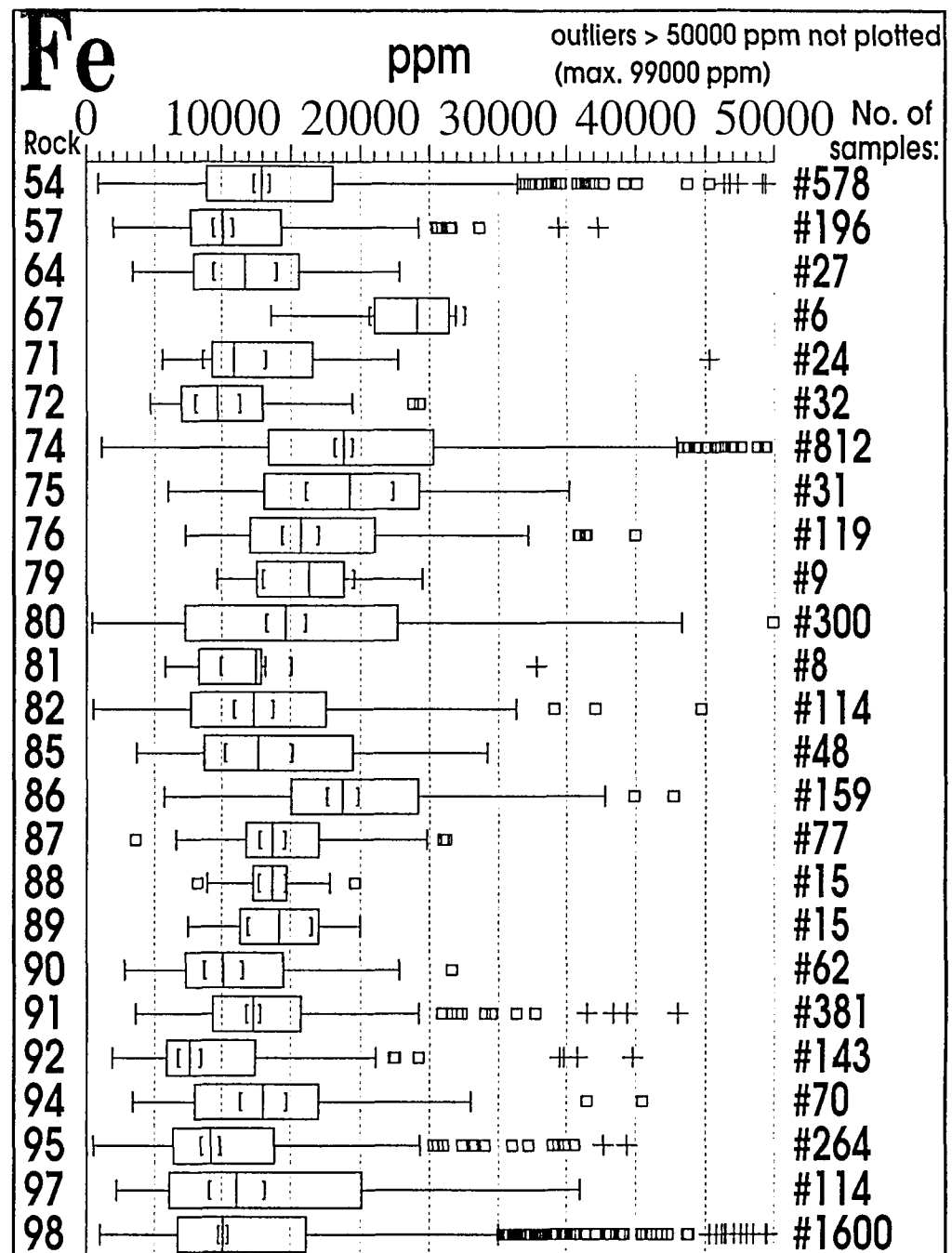
Den regionale fordeling av jerninnholdet i prøvene har store likhetstrekk med fordelingen av aluminium, kobolt og vanadium.

For tiden er det drift på en jernforekomst i Sør-Norge, Fosdalen i Nord-Trøndelag, mens to store forekomster i Nord-Norge drives. Tidligere har det også vært drevet mange steder i Sør-Norge, men disse forekomstene er idag enten uttømt eller ulønnsome. Forøvrig er svovelkis (FeS_2) dominerende mineral i drivverdige Cu/Zn forekomster.

Jern er et av våre aller viktigste metaller, og danner basis for hele jern- og stålindustrien og en stor del av verksted- og bygningsindustrien.



Stream sediments, 7N HNO₃-extraction
Element content and variation in different counties



Stream sediments, 7N HNO₃-extraction
Element content and variation in different lithologies

JERN-INNHOLD I PRØVER
fordelt på FYLKER og LITOLOGISK BAKGRUNN
MEDIAN-verdier angitt i PPM
(minimum 4 lokaliteter i et fylke)

BERGART BA-kode	Agder-kyst	Akershus	Buskerud	Hedmark	Oppland	Oslofeltet	Sogn og Fjordane	Østfold	Telemark	Sør-Trøndelag	Vestfold
Dypbergarter 54			11500			13600		12000		9400	
Vulkanske 57			11400			10500				8800	
Sedimentære 64						11600			10200		
Sedimentære 67			21000								
Dypbergarter 72											
Granitt 71									10600		
Gabbro 72									9700		
Gabbro 73											
Fyllitt 74			14100	14900	21800	15400	21500		11500	17400	
Kalkstein 75				13300	19200	22000					
Grønnstein 76				11300	10100	20300			15700		
Metaryolitt 77											
Gardnosbreksjen 78											
Tillitt 79				16300							
Sandstein 80				8200	19700					11000	
Kalkstein 81				8000							
Sandstein 82				7800	15600	9500				10600	
Gneis 85				4400	17600	18500				7400	
Charnockittiske 86			14900	20400	18000						
Granitt 87						13700					
Gabbro 88						13200					
Ultramafiske 89						13800					
Vulkanske 90					7600	13900				7500	
Gneis 91					9300	13300				11300	
Granitt 92	10300		7900	6200	10200		6800	6600			
Charnockittiske 93											
Gabbro 94	13000		12200			11900			14200		
Sandstein 95	6500		11700	5000		9900			9200		
Metabasalt 96									13200		
Metaryolitt 97			17600	8300		18100			10200		
Gneis 98	10300	10100	11400	7700	15900	12300	21100	8800	8200		

12 KALIUM

For hele datasettet er medianverdien for kalium 977 ppm, med 1298 ppm som gjennomsnitt, 13600 ppm som høyeste og 100 ppm laveste verdi - sammenlignet med gjennomsnittlig 25000 ppm i kontinentalskorpen. Dette viser igjen at det ofte er bare en liten del av det totale kaliuminnhold i bergartene, som går i oppløsning ved behandling med 7N HNO₃.

På fylkesbasis finnes høyeste medianverdi, 2300 ppm, i Sogn og Fjordane og laveste medianverdi, 500 ppm, i Telemark.

Sortert på litologisk bakgrunn gir kaledonsk granitt til tonalitt (BA-kode 87) høyeste medianverdi, 3300 ppm, mens grunnfjellsgranitt til tonalitt (BA-kode 92) gir laveste verdi, 500 ppm.

Den regionale fordeling av kaliuminnholdet i prøvene har likhetstrekk med fordelingen av magnesium, strontium og aluminium. Visuelt er det ikke vanskelig å observere denne likheten på kartene for de nevnte grunnstoffer.

Det avtegner seg en kraftig anrikning fra Sogn og Fjordane over Oppland til Akershus. Også i Sør-Trøndelag opptrer en anrikning. Lavområder er søndre del av Hedmark, Telemark og søndre del av Buskerud, dessuten Østfold.

Kalium er et av de viktigste næringsstoffer for planter, og det kunne være interessant å sammenligne kaliumkartet med tilsvarende kart for landbruk, planteproduktivitet og bonitet i skogbruket.

K

POTASSIUM

atomic number: 19	atomic weight 39,1	atomic radius (Å) 2,35	ionic radius (Å) 1.33(+1)
density (g/cm³) 0,86	oxidation states 1+	average content, continental crust (ppm) 25000	

K-content in some common rock types (ppm):

sylvite KCl	granite, granodiorite	shale, schist	sandstone	gabbro, basalt	ultramafic rock	limestone	ocean ridge basalt
524500	33000	27000	11000	8000	5000	5000	2000

MEDIAN K-content in selected surficial materials (ppm)

sample medium:	stream sediment	overbank sediment	O-horizon forest soil	till	soil England & Wales	soil worldwide
country of origin:	S-Norway	Norway	Norway	Finland	Wales	worldwide
grain size fraction:	<0.18mm	<0.063mm	<2mm	<0.063mm	<2mm	<2mm
extraction used:	7N-HNO ₃	7N-HNO ₃	7N-HNO ₃	aqua regia	aqua regia	total cont.
median content:	977	1800	810	1700	4626	14000

important K-containing minerals:

K-feldspars, micas, sylvite, carnallite, kainite,
clay minerals

environmental geochemistry:

essential

enriched in plants relative to soil, thus fertilization of agricultural soils necessary

action level, soil: not defined

action level, drinking water: 12000 µg/L

contamination pathway: fertilizer, geogenic sources probably more important than anthropogenic

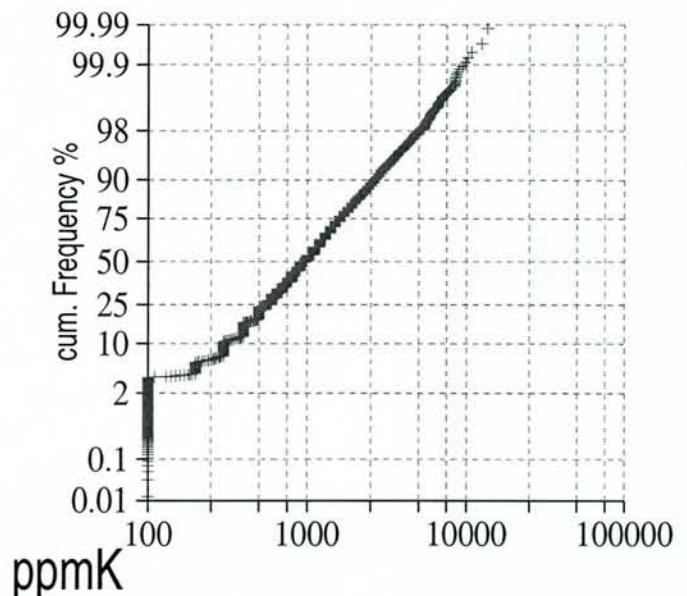
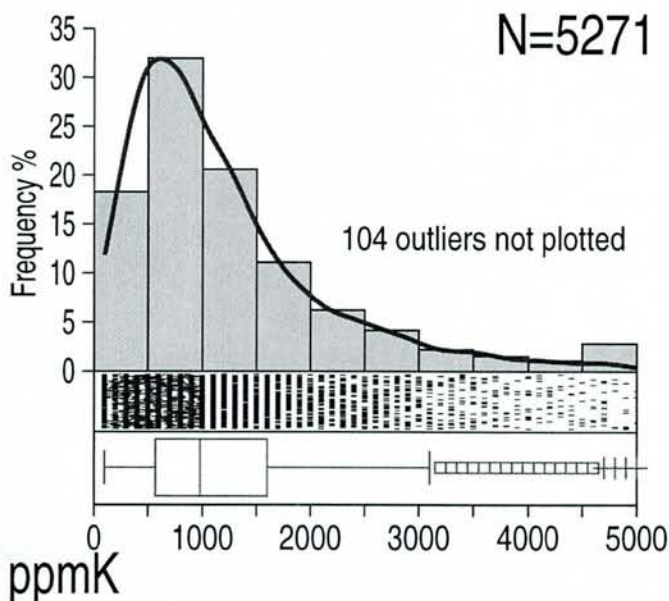
industrial use:

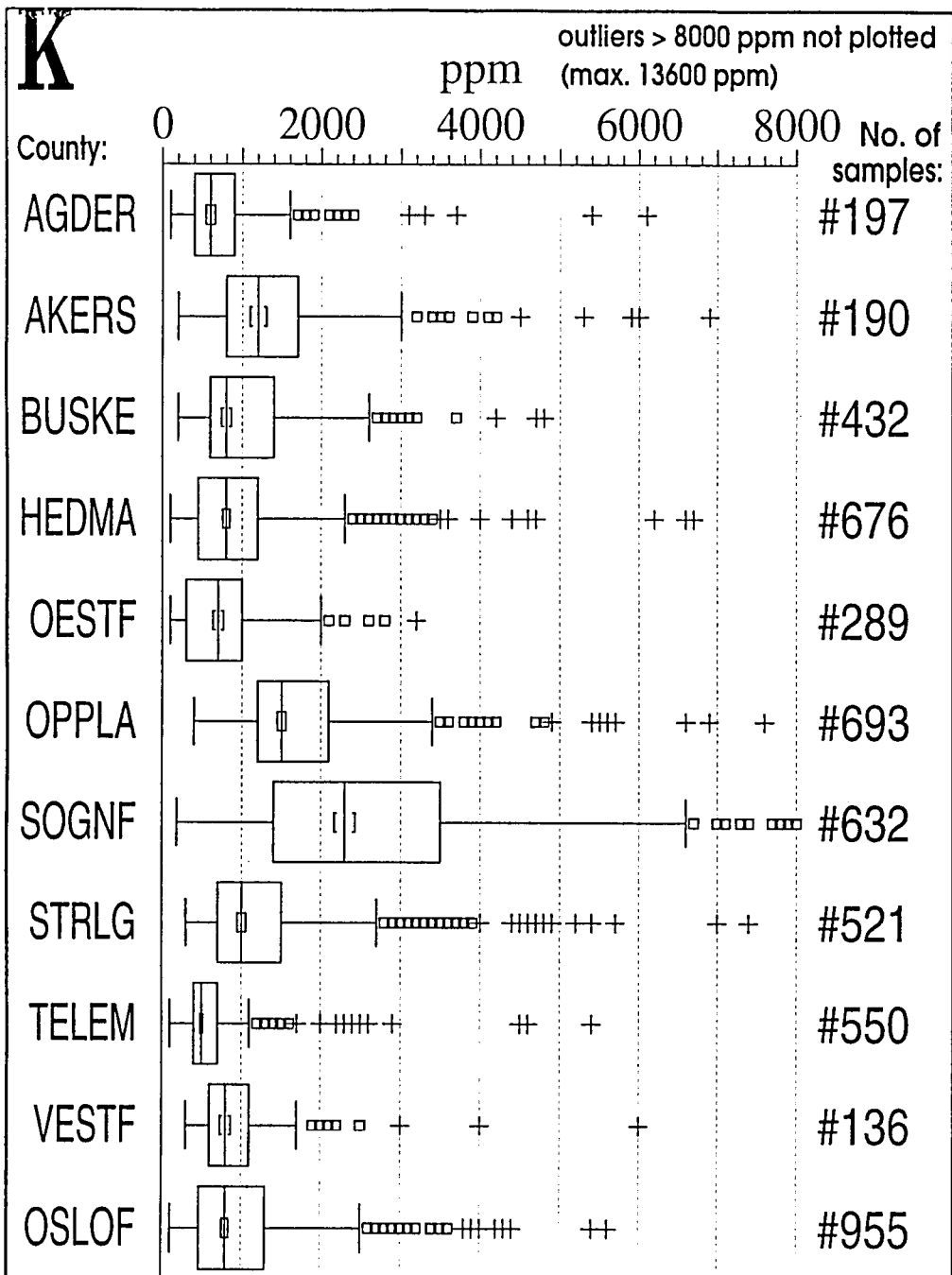
fertilizer

comments on dataset:

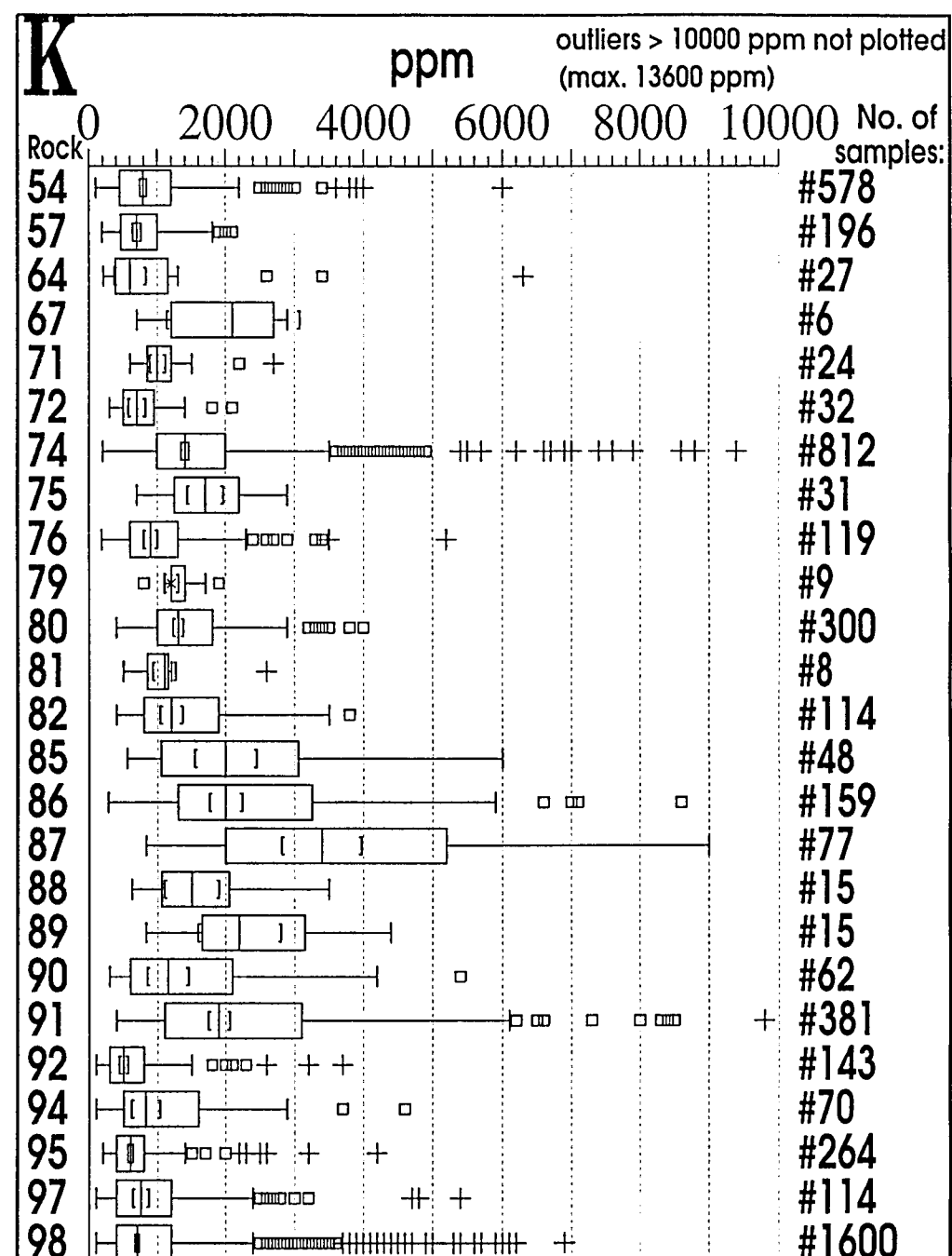
data quality considered acceptable

note that different datasets were reported differently (discretisations in scattergram)





Stream sediments, 7N HNO₃-extraction
Element content and variation in different counties



Stream sediments, 7N HNO₃-extraction
Element content and variation in different lithologies

KALIUM-INNHOLD I PRØVER
fordelt på FYLKER og LITOLOGISK BAKGRUNN
MEDIAN-verdier angitt i PPM
(minimum 4 lokaliteter i et fylke)

BERGART BA-kode	Agder-kyst	Akershus	Buskerud	Hedmark	Oppland	Oslofeltet	Sogn og Fjordane	Østfold	Telemark	Sør-Trøndelag	Vestfold
Dypbergarter 54			900			770			400		800
Vulkanske 57			800			630					800
Sedimentære 64								527		700	
Sedimentære 67				2000							
Dypbergarter 72											
Granitt 71										1000	
Gabbro 72										700	
Gabbro 73											
Fyllitt 74			1300	1400	1400	1300	1700		600	1200	
Kalkstein 75				900	1500	2400					
Grønnstein 76				800	1300		553			900	
Metaryolitt 77											
Gardnosbredsken 78											
Tillitt 79				1200							
Sandstein 80				1000	1700					1000	
Kalkstein 81				700							
Sandstein 82				900	2000		509			1000	
Gneis 85				800	2300		2200			1000	
Charnockittiske 86			1100		1900		2300				
Granitt 87							3300				
Gabbro 88							1500				
Ultramafiske 89							2200				
Vulkanske 90					800		2000			600	
Gneis 91					1500		2500			900	
Granitt 92	500		600	100	800			500	400		
Charnockittiske 93											
Gabbro 94	500		1400			850			900		
Sandstein 95	500		1000	700		590			500		
Metabasalt 96									400		
Metaryolitt 97			2300	600		1100			600		
Gneis 98	600	1200	700	300	1300	830	3700	700	500		

13 MAGNESIUM

For hele datasettet er medianverdien for magnesium 2900 ppm, med 3654 ppm som gjennomsnitt, 61100 ppm som høyeste og 100 ppm laveste verdi - mens kontinentalskorpen inneholder gjennomsnittlig 13000 ppm.

På fylkesbasis finnes høyeste medianverdi, 5300 ppm, i Sogn og Fjordane og laveste medianverdi, 1500 ppm, i Hedmark.

Sortert på litologisk bakgrunn gir, bortsett fra metaryolitt (BA-kode 77, 3 prøver), charnockittiske til anortosittiske bergarter (BA-kode 86) høyeste medianverdi, 6100 ppm. Lavest for litologiske bakgrunn gir granitt til tonalitt (BA-kode 92) med medianverdi 1600 ppm etterfulgt av metaryolitt, metaryodacitt (BA-kode 97) og kalkstein, slamskifer, sandstein (BA-kode 81), begge med medianverdi 1950 ppm.

Den regionale fordeling av magnesiuminnholdet i prøvene har likhetstrekk med fordelingen av aluminium, krom og kalium. Det er ikke vanskelig å se likheten ved sammenligning av kartene for de nevnte grunnstoffer.

Et kraftig høyområde avtegner seg over fylkene Sogn og Fjordane, nordre del av Oppland og Sør-Trøndelag. Ved et raskt blikk på kartet ser en at flertallet av prøvene ligger i den kaledonske fjellkjede, men da en dessverre helt mangler prøver fra Møre og Romsdal, og Hordaland - Rogaland, som ligger utenfor, kan dette inntrykket være skjevt. Bare ytterligere innsamling av prøver fra sistnevnte fylker kan gi svar på om bildet er riktig. Også i Akershus er det en liten anrikning. Lavområder er Hedmark, Buskerud, Telemark og Østfold.

De viktigste magnesiumholdige mineraler er magnesiumsilikater som olivin, hornblende, talk og leirmineraler, og magnesiumkarbonater som dolomitt og magnesitt.

Den viktigste råstoffkilden for magnesium i Norge er magnesiuminnholdet i sjøvann, men også flere dolomittforekomster utnyttes økonomisk for produksjon av kunstgjødsel.

Magnesium er en viktig bestanddel i lettmetallslegeringer sammen med aluminium. Det er også et viktig og nødvendig makronæringsstoff for planter. Også i husdyrhold og for mennesker er magnesium en nødvendig komponent i ernæringen.

Mg

atomic number:
12
density (g/cm³)
1,74

atomic weight
24,31
oxidation states
2+

atomic radius (Å)
1,6
average content, continental crust (ppm)
13000

MAGNESIUM

ionic radius (Å)
0.65(+2)

Mg-content in some common rock types (ppm):

magnesite MgCO ₃	ultramafic rock	gabbro, basalt	ocean ridge basalt	shale, schist	sandstone	granite, granodiorite	limestone
288300	208000	46000	46000	16000	7000	5000	5000

MEDIAN Mg-content in selected surficial materials (ppm)

sample medium:	stream sediment	overbank sediment	O-horizon forest soil	till	soil England & Wales	soil worldwide
country of origin:	S-Norway	Norway	Norway	Finland		
grain size fraction:	<0.18mm	<0.063mm	<2mm	<0.063mm	<2mm	<2mm
extraction used:	7N-HNO ₃	7N-HNO ₃	7N-HNO ₃	aqua regia	aqua regia	total cont.
median content:	2900	6200	1100	4200	3005	9000

important Mg-containing minerals: magnesite, dolomite, carnite, carnallite, clay minerals
important component of: olivine, pyroxene, amphibole, mica, garnet

environmental geochemistry:

essential, non-toxic

Mg-deficiency in plants leads to chlorosis - typical for forest soils under acidification

Mg-deficiency reported in humans and cattle

action level, soil: not defined

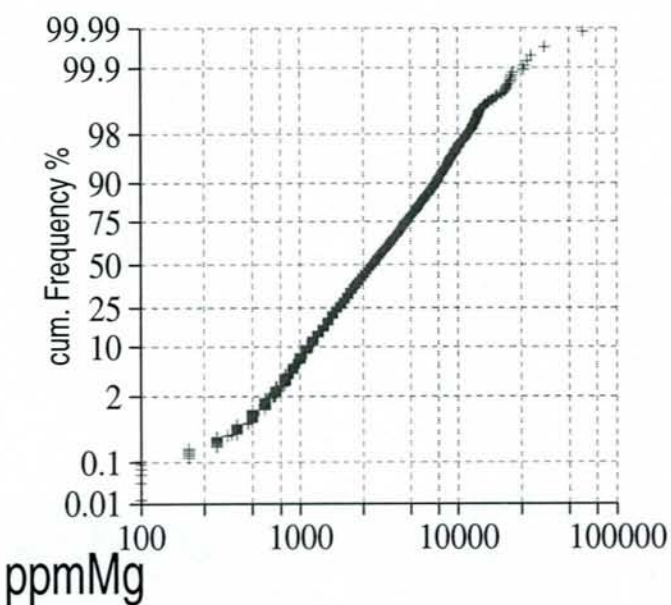
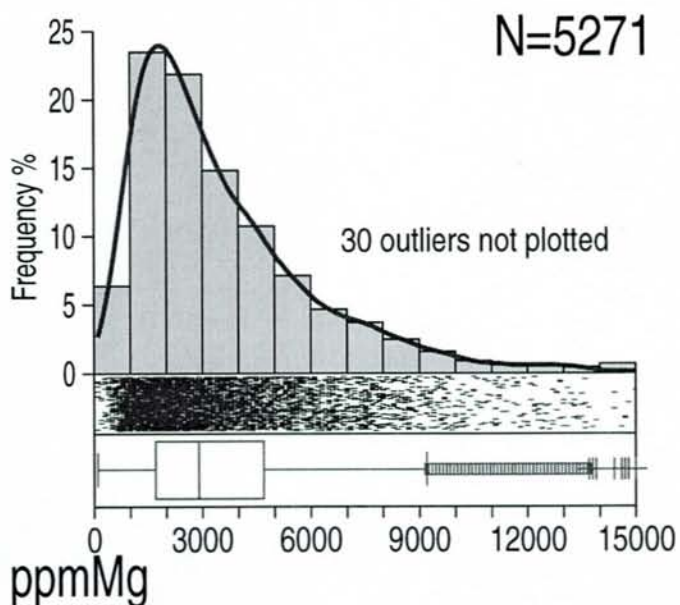
action level, drinking water, 50 mg/L

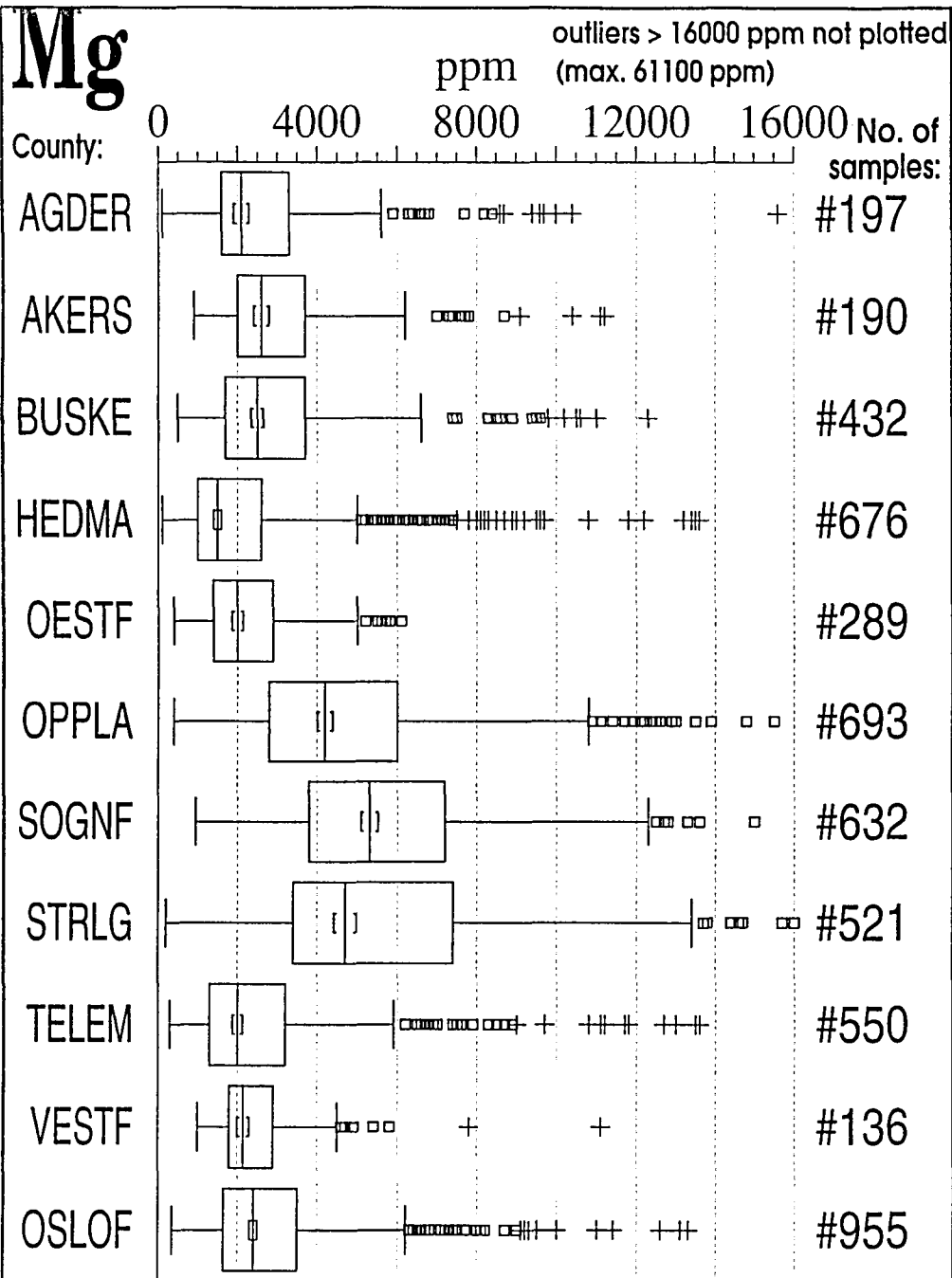
contamination pathway: liming, geogenic sources more important than anthropogenic input
important component of sea spray

industrial use: fertilizer, alloys

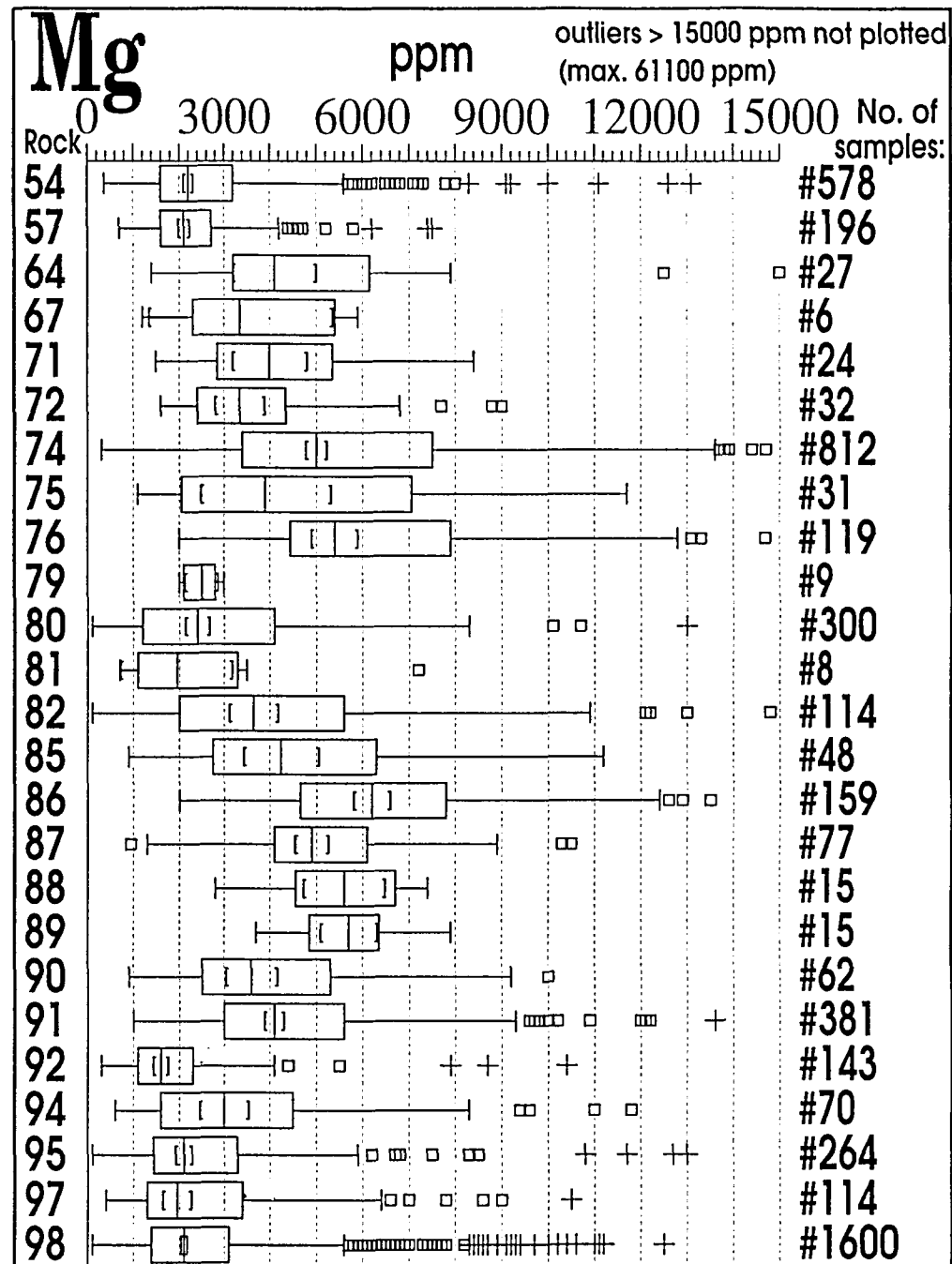
comments on dataset:

data quality considered good





Stream sediments, 7N HNO₃-extraction
Element content and variation in different counties



Stream sediments, 7N HNO₃-extraction
Element content and variation in different lithologies

MAGNESIUM-INNHOLD I PRØVER
fordelt på FYLKER og LITOLOGISK BAKGRUNN
MEDIAN-verdier angitt i PPM
(minimum 4 lokaliteter i et fylke)

BERGART	BA-kode	Agder-kyst	Akershus	Buskerud	Hedmark	Oppland	Oslofeltet	Sogn og Fjordane	Østfold	Telemark	Sør-Trøndelag	Vestfold
Dypbergarter	54			2400			2200			1700		2100
Vulkanske	57			2300			2100					2100
Sedimentære	64							3700				4100
Sedimentære	67				2300							
Dypbergarter	72											
Granitt	71											3200
Gabbro	72											3300
Gabbro	73											
Fyllitt	74			3800	4600	5000	3400	7000		3100		5800
Kalkstein	75				1600	3700	6100					
Grønnstein	76				4600	2700		5000				5400
Metaryolitt	77											
Gardnosbredsien	78											
Tillitt	79				2100							
Sandstein	80				1200	3900						4000
Kalkstein	81				1100							
Sandstein	82				2100	5200		2300				3500
Gneis	85				1200	3600		5600				2700
Charnockittiske	86			4200		5600		6600				
Granitt	87							4800				
Gabbro	88							5600				
Ultramafiske	89							5600				
Vulkanske	90					2200		4900				2700
Gneis	91					3300		4600				3800
Granitt	92	1600		1600	2100	1300			1600	1300		
Charnockittiske	93											
Gabbro	94	2700		3500			1500			3900		
Sandstein	95	2400		2600	900		1800			2200		
Metabasalt	96									3300		
Metaryolitt	97			3800	1300		3600			2200		
Gneis	98	2200	2600	2200	1400	2400	2500	6800	2100	1600		

For hele datasettet er medianverdien for mangan 300 ppm, med 699 ppm som gjennomsnitt, 28200 ppm som høyeste og 10 ppm laveste verdi, mens kontinentalskorpen gjennomsnittlig inneholder 630 ppm.

På fylkesbasis finnes høyeste medianverdi, 500 ppm, i Oppland og lavest i Østfold, 100 ppm, og langs Agderkysten, 111 ppm.

Sortert på litologisk bakgrunn gir sandstein og konglomerat (BA-kode 67) høyeste medianverdi, 2250 ppm, og granitt til tonalitt (BA-kode 92) laveste, 130 ppm. Dette står i motsetning til hva som kunne forventes ut fra kjente gjennomsnittlig manganinnhold i forskjellige bergarter, se tabell 5. På samme måte som for jern er manganinnholdet i/på bekkersedimenter i meget sterk grad styrt av pH-betingelsene i vannet som omgir prøvene. Høyt manganinnhold i bekkersedimenter kan også medføre forhøyet innhold (falske anomalier) av andre tungmetaller på grunn av medfellingreaksjoner når mangan felles ut.

Den regionale fordeling av manganinnholdet i prøvene har likhetstrekk med fordelingen av jern, kobolt og molybden. Likheten med molybden er lettest å legge merke til ved sammenligning av kart, men også for jern og kobolt er likheten tydelig.

Det observeres en kraftig anrikning fra Oslofeltet over sydlige deler av Oppland - Hedmark. Også i Sør-Trøndelag opptrer en anrikning. Lavområder er Sogn og Fjordane og sydlige del av Telemark samt Agderkysten. Også grenseområdene i Østfold, Akershus og lengst syd i Hedmark er lavområder.

De viktigste manganmalmene er brunsten og manganit. Det er ingen drivverdige manganforekomster i Norge.

Mangan brukes i metallurgisk industri, der det er en viktig komponent i mange stållegeringer. Mangan som (naturlig) brunsten brukes også i store mengder som positiv pol i tørrbatterier.

Mn

MANGANESE

atomic number: 25	atomic weight 54,94	atomic radius (Å) 1,26	ionic radius (Å) 0.80(+2)
density (g/cm³) 7,43	oxidation states 2+, 4+	average content, continental crust (ppm) 630	

Mn-content in some common rock types (ppm):

Mn-ores	gabbro, basalt	ocean ridge basalt	ultramafic rock	shale, schist	limestone	granite, granodiorite	sandstone
>400000	1500	1400	1200	850	700	400	100

MEDIAN Mn-content in selected surficial materials (ppm)

sample medium:	stream sediment	overbank sediment	O-horizon forest soil	till	soil England & Wales	soil worldwide
country of origin:	S-Norway	Norway	Norway	Finland		
grain size fraction:	<0.18mm	<0.063mm	<2mm	<0.063mm	<2mm	<2mm
extraction used:	7N-HNO3	7N-HNO3	7N-HNO3	aqua regia	aqua regia	total cont.
median content:	300	300	60	170	577	530

important Mn-containing minerals: pyrolusite, manganite, hausmannite, rhodochrosite
 minor component in: garnet, olivin, pyroxene, amphibole, mica, calcite, dolomite

environmental geochemistry:

essential, non-toxic

deficiency causes growth disturbances in plants, excess can cause chlorosis (rare)
 deficiency in animals and humans reported - causes failure in reproduction, impaired growth
 very high doses of Mn required for toxic effects

MnO₂ controls trace metal ions in natural water systems (pH dependent)

action level, soil: not defined

action level, drinking water: 50 µg/L

contamination pathway: released during mining, crushing, smelting of ore, steel production

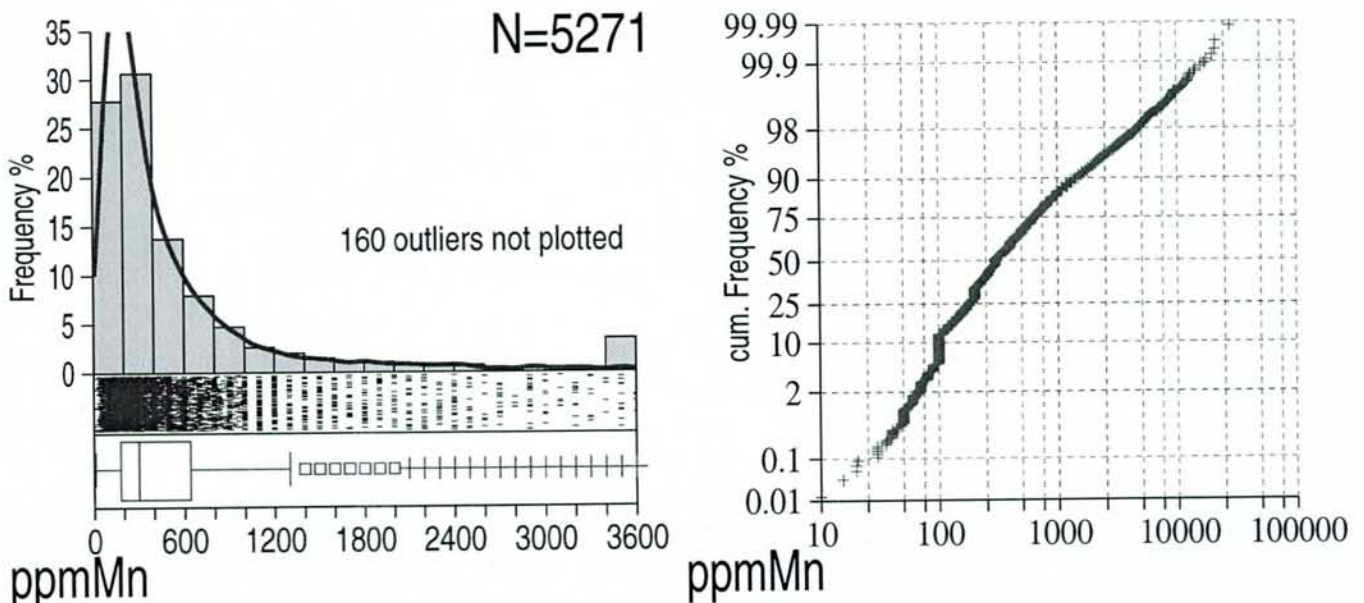
industrial use:

steel, alloys, batteries, catalysts, fertilizer, pigment, wood preservatives
 antiknock agent methylcyclopentadienyl-manganese-tricarbonyl (MMT)

comments on dataset:

data quality considered poor

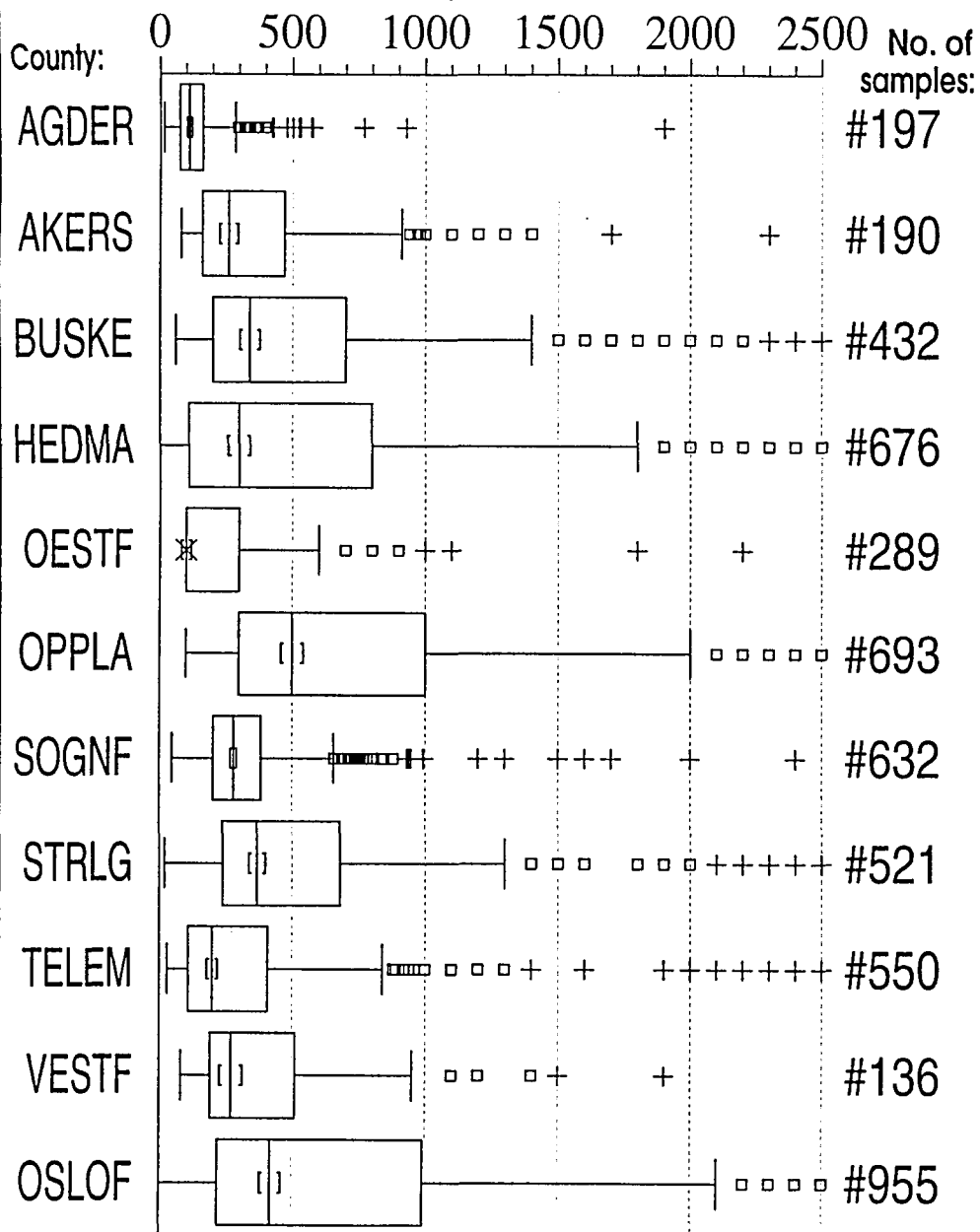
note the breaks in the CDF-diagram and the discretisations in the scattergram



Mn

outliers > 2500 ppm not plotted
(max. 28200 ppm)

ppm



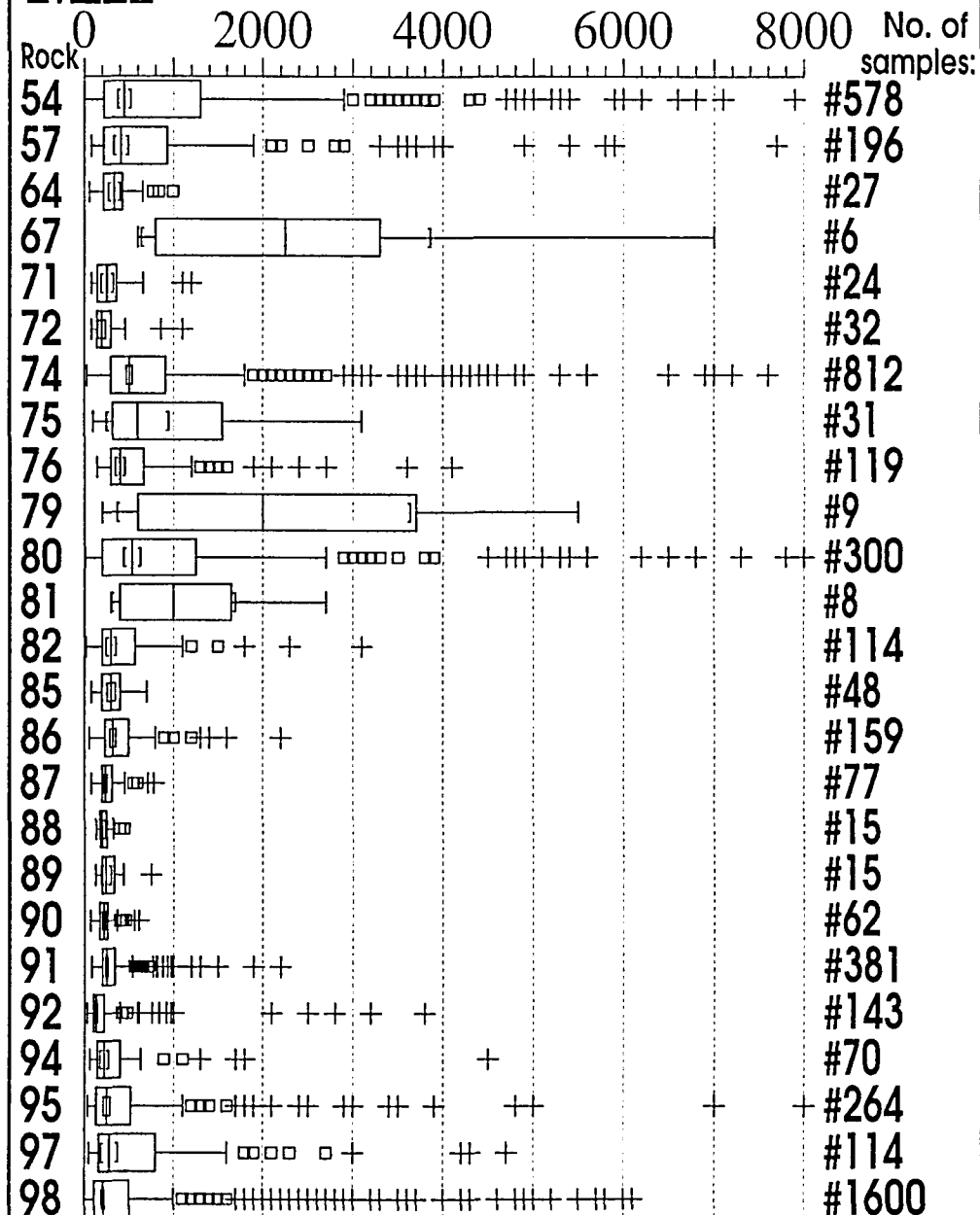
Stream sediments, 7N HNO₃-extraction

Element content and variation in different counties

Mn

outliers > 8000 ppm not plotted
(max. 28200 ppm)

ppm



Stream sediments, 7N HNO₃-extraction

Element content and variation in different lithologies

MANGAN-INNHOLD I PRØVER
fordelt på FYLKER og LITOLOGISK BAKGRUNN
MEDIAN-verdier angitt i PPM
(minimum 4 lokaliteter i et fylke)

BERGART BA-kode	Agder-kyst	Akershus	Buskerud	Hedmark	Oppland	Oslofeltet	Sogn og Fjordane	Østfold	Telemark	Sør-Trøndelag	Vestfold
Dypbergarter 54			640			480			327.3		253.4
Vulkanske 57			670			540					290
Sedimentære 64									337		260
Sedimentære 67				890							
Dypbergarter 72											
Granitt 71										230	
Gabbro 72										190	
Gabbro 73											
Fyllitt 74			470	380	790	490	399		247.5	510	
Kalkstein 75				1700	590	340					
Grønnstein 76				180	390		414			440	
Metaryolitt 77											
Gardnosbrecsjen 78											
Tillitt 79				2000							
Sandstein 80				490	690					250	
Kalkstein 81				1500							
Sandstein 82				300	400		139			230	
Gneis 85				240	300		349			210	
Charnockittiske 86			290		400		397				
Granitt 87							235				
Gabbro 88							195				
Ultramafiske 89							234				
Vulkanske 90					290		227			180	
Gneis 91					290		256			300	
Granitt 92	107.2		240	290	390			100	100		
Charnockittiske 93											
Gabbro 94	141.9		290			290			210		
Sandstein 95	66.8		270	190		330			250		
Metabasalt 96									430		
Metaryolitt 97			460	390		880			180		
Gneis 98	107	260	280	290	590	330	422	200	160		

15 MOLYBDEN

For hele datasettet er medianverdien for molybden 4.0 ppm, med 6.1 ppm som gjennomsnitt, 299 ppm som høyeste (ekstremt høyt sammenlignet med gjennomsnittlig manganinnhold i bergarter, som vanligvis er mindre enn 2 ppm) og 0.3 ppm laveste verdi.

På fylkesbasis finnes høyeste medianverdi, 8.6 ppm i Buskerud, og laveste medianverdi, 1.0 ppm i Østfold.

Sortert på litologisk bakgrunn gir sandstein og konglomerat (BA-kode 67) høyeste medianverdi, 8.2 ppm. Lavest molybdeninnhold har prøver med granitt til tonalitt som bakgrunn (BA-kode 71), medianverdi 1.0 ppm.

For molybden observeres en storregional anrikning over fylkene Buskerud - Oppland i tillegg til to mindre høyområder i Telemark og Sør-Trøndelag. Lavområder er Agderkysten, Sogn og Fjordane, Østfold og store deler av Hedmark og Sør-Trøndelag.

Høyområdet i Telemark kan ha forbindelse med molybdenforekomsten i Knaben i Vest-Agder. Men Agderfylkene er dårlig dekket med prøvemateriale, slik at en bare kan ane muligheten. Men dersom en slik sammenheng eksisterer, burde det også være muligheter for større molybdenforekomster i Telemark.

Det er store likhetstrekk i kartbildene mellom fordelingen av molybden og jern, kobolt og mangan, i det alle har høyområder i det sentrale Østlandsområde.

Det må bemerkes, at de analyseresultater som er oppnådd for molybden for de forskjellige bergarter gir grunn til mistanke om at analysemetoden ikke er helt pålitelig. Den bør derfor kontrolleres omhyggelig, før det trekkes for bastante konklusjoner med hensyn til mengder og fordelingen av molybden ut over landet.

For tiden er det ingen drift på molybdenforekomster i Norge. Men tidligere var Knaben Gruber i Vest-Agder en viktig molybdengruve, også i internasjonal målestokk. Men etter at gruveanleggene ble ødelagt under siste krig, er driften aldri blitt gjenopptatt.

Molybden er en viktig råvare i stålindustrien og inngår som en vesentlig og nødvendig bestanddel i mange typer rustfritt og/eller syrefast stål. Ellers brukes molybden som temperaturbestandig smøremiddel i motorer og på andre utsatte steder.

For mange planter er molybden et nødvendig mikronæringsstoff, og brukes derfor ofte som tilsats til kunstgjødsel.

Mo

MOLYBDENUM

atomic number: 42	atomic weight 95,94	atomic radius (Å) 1,39	ionic radius (Å) 0.68(+4)
density (g/cm³) 10,2	oxidation states 4+, 6+	average content, continental crust (ppm) 1.4	

Mo-content in some common rock types (ppm):

Mo-ores	shale, schist	granite, granodiorite	gabbro, basalt	ocean ridge basalt	ultramafic rock	limestone	sandstone
>4000	2	1.5	1.2	1.1	0.3	0.3	0.3

MEDIAN Mo-content in selected surficial materials (ppm)

sample medium:	stream sediment	overbank sediment	O-horizon forest soil	till	soil	soil
country of origin:	S-Norway	Norway	Norway	Finland	England & Wales	worldwide
grain size fraction:	<0.18mm	<0.063mm	<2mm	<0.063mm	<2mm	<2mm
extraction used:	7N-HNO ₃	7N-HNO ₃	7N-HNO ₃	aqua regia	aqua regia	total cont.
median content:	4	1.6	0.6	0.2	na	1.2

important Mo-containing minerals:

molybdenite, wulfenite, powellite

environmental geochemistry:

essential, toxic at higher levels

small amounts in soil important for maximum plant growth
 interacts with Cu and S, molybdenosis is a secondary Cu-deficiency
 too high Mo-contents in soils can cause decreased animal production in farming
 action level, soil: 5ppm
 contamination pathway: U-mining, Mo-mining and smelting, oil refining, oil & coal burning
 phosphate fertilization, sewage sludge

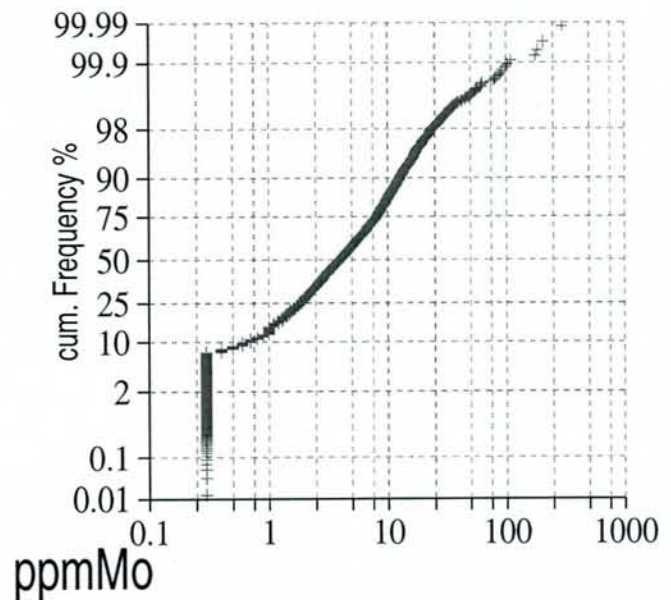
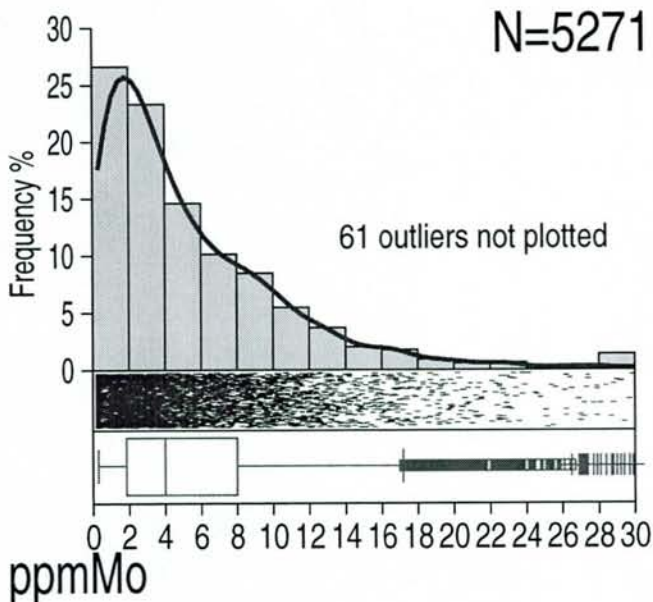
industrial use:

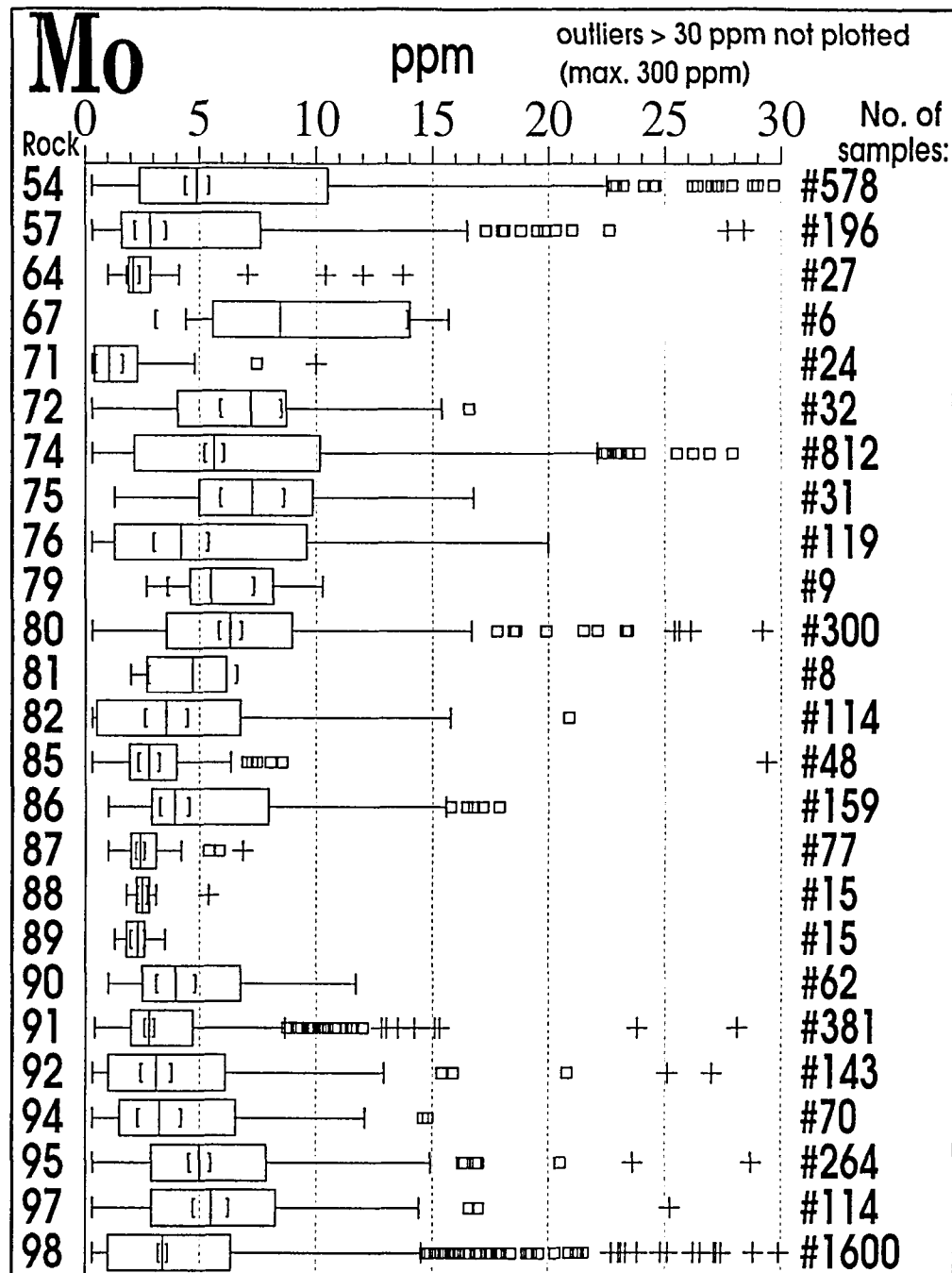
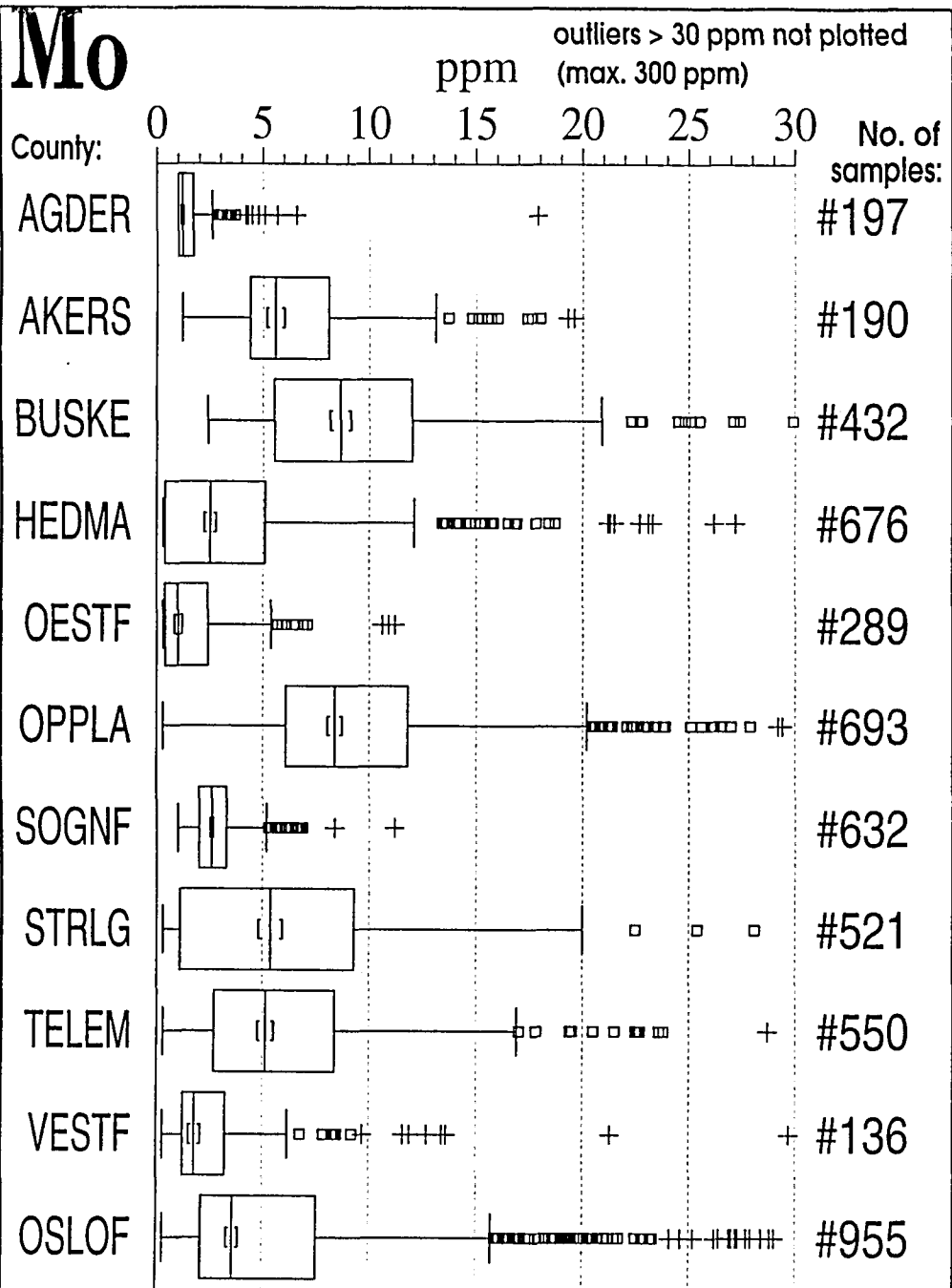
alloys, catalysts, corrosion inhibitors, flame retardants, lubricants, pigments

comments on dataset:

data quality considered questionable

note that the Mo-contents reported here are very unusually high and will need re-assessment





Stream sediments, 7N HNO₃-extraction
Element content and variation in different counties

Stream sediments, 7N HNO₃-extraction
Element content and variation in different lithologies

MOLYBDEN-INNHOLD I PRØVER
fordelt på FYLKER og LITOLOGISK BAKGRUNN
MEDIAN-verdier angitt i PPM
(minimum 4 lokaliteter i et fylke)

BERGART BA-kode	Agder-kyst	Akershus	Buskerud	Hedmark	Oppland	Oslofeltet	Sogn og Fjordane	Østfold	Telemark	Sør-Trøndelag	Vestfold
Dypbergarter 54			11,7			5,1			8,4		1,9
Vulkanske 57			11,9			3,2					1,4
Sedimentære 64							2			10,4	
Sedimentære 67				5,6							
Dypbergarter 72											
Granitt 71										0,7	
Gabbro 72										7,2	
Gabbro 73											
Fyllitt 74			11,9	1,9	9,6	3,6	3,2		1,6	2,2	
Kalkstein 75				4,8	9	5,2					
Grønnstein 76				0,3	4,1		2,6			5,9	
Metaryolitt 77											
Gardnosbreksjen 78											
Tillitt 79				4,6							
Sandstein 80				3,8	8,2					7,4	
Kalkstein 81				2,4							
Sandstein 82				1,5	7		1,7			0,4	
Gneis 85				1,5	6,4		2,8			0,3	
Charnockittiske 86			7,1		9,8		3,1				
Granitt 87							2,4				
Gabbro 88							2,5				
Ultramafiske 89							2,2				
Vulkanske 90					2,7		2,6			7,9	
Gneis 91					4,7		2,4			8,6	
Granitt 92	1,9		5,6	0,3	5,4			0,8	5		
Charnockittiske 93											
Gabbro 94			6,6			2,2			2,5		
Sandstein 95			7,2	2,9		1,9			5,6		
Metabasalt 96									8		
Metaryolitt 97			8,7	3		4,4			5,7		
Gneis 98	1,1	5,5	8,6	1,2	7,7	2,4	3,3	1,1	3,6		

16 NATRIUM

For hele datasettet er medianverdien for natrium 300 ppm, gjennomsnittsverdi er 346 ppm, 5100 ppm høyeste og 30 ppm laveste verdi. Gjennomsnittet i kontinentalskorpen er 24000 ppm. De lave verdier for natrium som vi har fått med våre analysemetoder i forhold til gjennomsnittet i jordskorpen, kan forklares med at natrium vanligvis er meget sterkt bundet til silikatfaser i mineralene, og derfor ikke ekstraheres med konsentrert salpetersyre.

På fylkes- og regionbasis finnes høyeste medianverdi, 500 ppm, i Sør-Trøndelag, og laveste medianverdi, 150 ppm, i Oslofeltet.

Sortert på litologisk bakgrunn gir charnockittiske til anortosittiske bergarter (BA-kode 86) høyeste medianverdi, 511 ppm. Lavest natriuminnhold har prøver med sandstein og konglomerat (BA-kode 64) som bakgrunn, medianverdi 48 ppm.

De høyeste natriumverdiene finnes i den østlige delen av Sogn og Fjordane. Her starter en storregional anrikning nordøstover over midtre og nordlige delen av Oppland til et stykke inn i Hedmark. En annen anomali ligger i Vestfold - søndre del av Buskerud og Oppland. Dessuten opptrer ytterligere en anomali Sør-Trøndelag. Utpregede lavområder er vestlige og midtre del av Sogn og Fjordane og et forholdsvis lite område over flere fylker litt nord for Oslo.

Natrium har færre likhetstrekk med andre grunnstoffer enn de fleste andre som er behandlet i dette atlas. Størst er likheten for aluminium, kalsium og vanadium.

Natrium er et viktig teknisk metall, som er mykt og kan skjæres med kniv ved vanlig temperatur og smelter ved 97.5 °C. Det reagerer meget sterkt med vann og danner da natronlut. Natrium metall brukes som reduksjons-middel i mange kjemiske prosesser og som kjølemedium i atomreaktorer.

Vannløslige natrium-fosfor-salter inngikk tidligere i mange vaskemidler.

Na

atomic number:
11
density (g/cm³)
0,97

atomic weight
22,99
oxidation states
+1

atomic radius (Å)
1,9
average content, continental crust (ppm)
24000

SODIUM

ionic radius (Å)
0.95(+1)

Na-content in some common rock types (ppm):

halite (salt)	granite, granodiorite	ocean ridge basalt	gabbro, basalt	sandstone	shale, schist	ultramafic rock	limestone
NaCl							
393400	25000	20000	20000	17000	13000	6000	6000

MEDIAN Na-content in selected surficial materials (ppm)

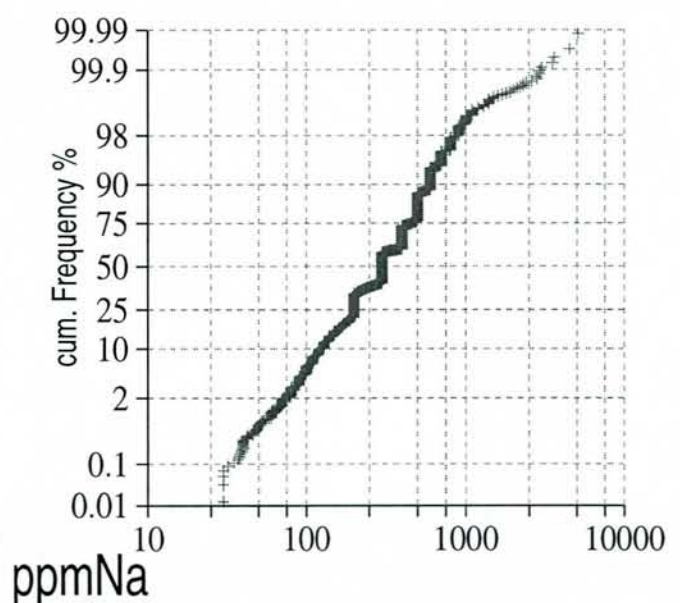
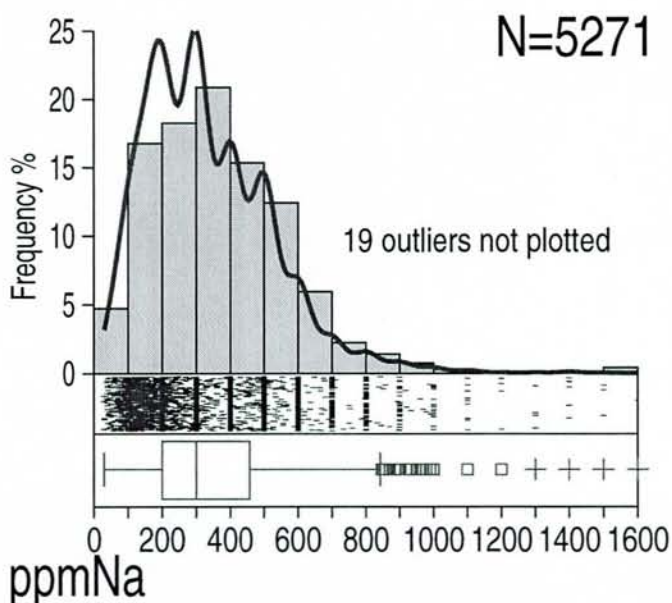
sample medium:	stream sediment	overbank sediment	O-horizon forest soil	till	soil	soil
country of origin:	S-Norway	Norway	Norway	Finland	England & Wales	worldwide
grain size fraction:	<0.18mm	<0.063mm	<2mm	<0.063mm	<2mm	<2mm
extraction used:	7N-HNO3	7N-HNO3	7N-HNO3	aqua regia	aqua regia	total cont.
median content:	300	200	130	200	242	10000

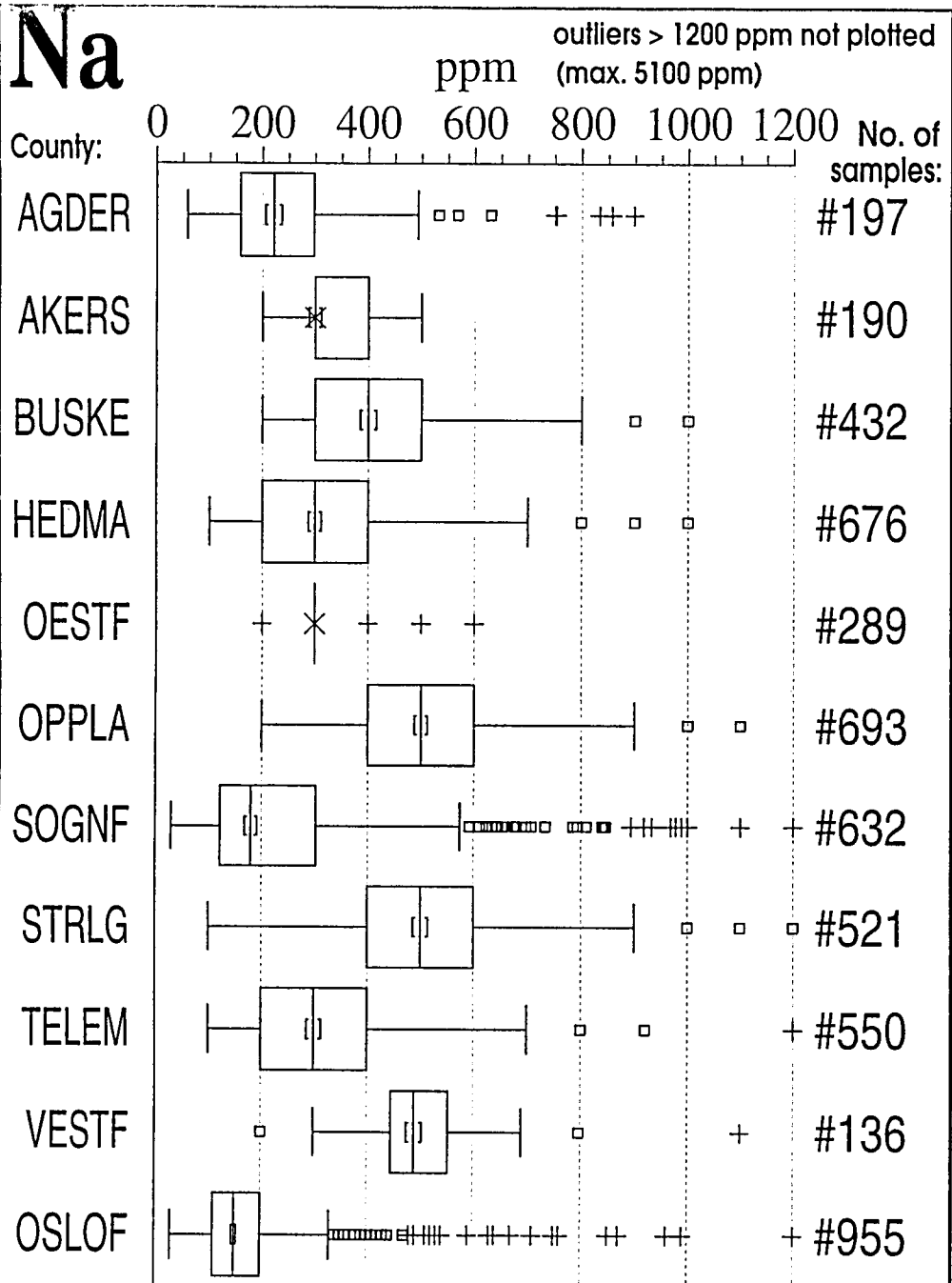
important Na-containing minerals: albitic plagioclase, halite, cryolite, soda, clay minerals

environmental geochemistry: essential
toxic to plants and animals at high levels
action level, soil: not set
action level, drinking water 150 mg/L
pathway to the environment: seaspray, salting of roads, weathering of Na-feldspars

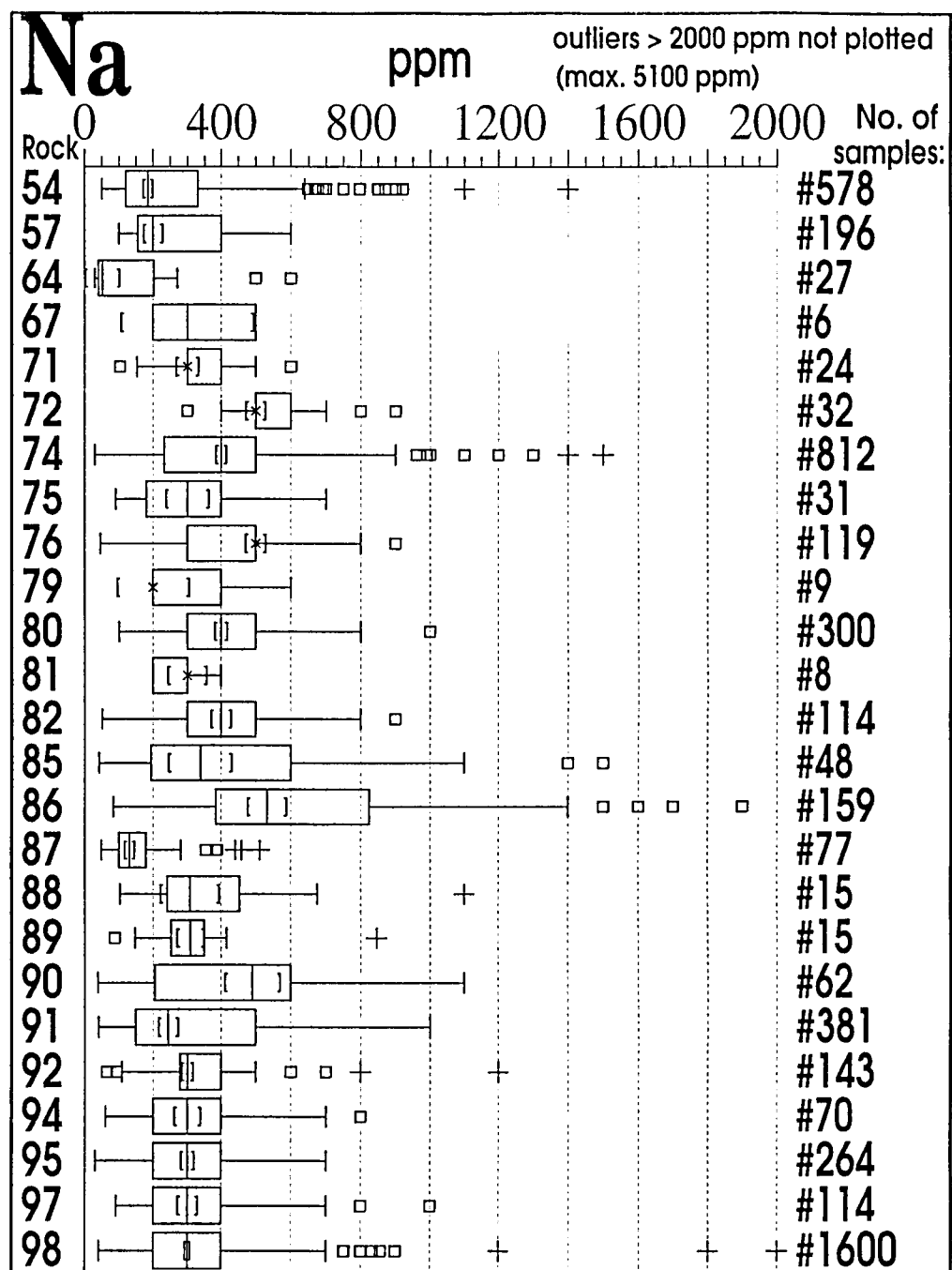
industrial use: cooling agent in nuclear reactors, chemical industry, washing agents, road salting

comments on dataset: data quality considered poor
note the density trace, one dimensional scattergram and the breaks in the CDF-diagram





Stream sediments, 7N HNO₃-extraction
Element content and variation in different counties



Stream sediments, 7N HNO₃-extraction
Element content and variation in different lithologies

NATRIUM-INNHOLD I PRØVER
fordelt på FYLKER og LITOLOGISK BAKGRUNN
MEDIAN-verdier angitt i PPM
(minimum 4 lokaliteter i et fylke)

BERGART	BA-kode	Agder-kyst	Akershus	Buskerud	Hedmark	Oppland	Oslofeltet	Sogn og Fjordane	Østfold	Telemark	Sør-Trøndelag	Vestfold
Dypbergarter	54			400			140			500		513.1
Vulkanske	57			400			170					455.6
Sedimentære	64							43			500	
Sedimentære	67				200							
Dypbergarter	72											
Granitt	71										300	
Gabbro	72										500	
Gabbro	73											
Fyllitt	74			400	300	400	190	125		500	500	
Kalkstein	75				200	400	90					
Grønnstein	76				300	400		115			500	
Metaryolitt	77											
Gardnosbredsken	78											
Tillitt	79				200							
Sandstein	80				300	400					500	
Kalkstein	81				200							
Sandstein	82				300	600		110			400	
Gneis	85				500	600		188			300	
Charnockittiske	86			400		600		467				
Granitt	87							126				
Gabbro	88							294				
Ultramafiske	89							309				
Vulkanske	90					500		205			600	
Gneis	91					500		177			600	
Granitt	92	127.3		400	200	300			300	300		
Charnockittiske	93											
Gabbro	94	165.5		300				100			400	
Sandstein	95	267.3		400	500			100			300	
Metabasalt	96										400	
Metaryolitt	97			300	300			130			300	
Gneis	98	224.1	300	500	300	400	130	173	300	300		

17 NIKKEL

For hele datasettet er medianverdien for nikkel 8.8 ppm, med 13.9 ppm som gjennomsnitt, 621 ppm som høyeste og 0.6 ppm laveste verdi, mens gjennomsnittsverdien i kontinentalskorpen er 40 ppm.

På fylkesbasis finnes høyeste medianverdi, 18.9 ppm, i Sør-Trøndelag, og laveste medianverdi, 4.7 ppm, i Hedmark.

Sortert på litologisk bakgrunn gir bortsett fra metaryolitt (3 prøver), kalkstein og marmor (BA-kode 75) høyeste medianverdi, 28.9 ppm. Lavest nikkelinhold har prøver med granitt til tonalitt (BA-kode 92) som bakgrunn, medianverdi 4.9 ppm. Dette er i motsetning til global statistikk, se tabell 5, der kalkstein og sandstein viser lavest nikkelinhold.

En anrikning av høye nikkeler verdier observeres storregionalt over fylkene Sogn og Fjordane, Oppland, Akershus og de nærmeste områdene rundt Oslo. En annen anomali omfatter det meste av Sør-Trøndelag. Lavområder er store deler av Hedmark og Østfold og det meste av Telemark og Agderkysten.

Den regionale fordeling av nikkelinholdet i prøvene har likhetstrekk med aluminium, kobolt, krom og magnesium. Visuelt er likheten størst mellom nikkel og kobolt.

Norge har for tiden en nikkelforekomst i drift, Ballangen i Nordland. Tidligere har forekomsten i Evje i Setesdal vært drevet, men den ble nedlagt for mange år siden.

Nikkel brukes som viktig legeringstilsats til stållegeringer for fremstilling av en rekke typer kvalitetsstål, både høyfaste og til rustfritt og syrefast stål. Det er også et av de viktigste metaller i galvanoidindustrien - fornikling.

10% av alle prøvene i datasettet viser Ni-verdier som ligger over SFT's grense for forurensning i jord, 30 ppm.

Ni

NICKEL

atomic number: 28	atomic weight 58,71	atomic radius (Å) 1,24	ionic radius (Å) 0.78(+2)
density (g/cm³) 8,9	oxidation states 2+, 3+	average content, continental crust (ppm) 40	

Ni-content in some common rock types (ppm):

Ni-ore	ultramafic rock	ocean ridge basalt	gabbro, basalt	shale, schist	granite, granodiorite	limestone	sandstone
>10000	2000	140	130	70	5	5	2

MEDIAN Ni-content in selected surficial materials (ppm)

sample medium:	stream sediment	overbank sediment	O-horizon forest soil	till	soil England & Wales	soil worldwide
country of origin:	S-Norway	Norway	Norway	Finland		
grain size fraction:	<0.18mm	<0.063mm	<2mm	<0.063mm	<2mm	<2mm
extraction used:	7N-HNO3	7N-HNO3	7N-HNO3	aqua regia	aqua regia	total cont.
median content:	9	18	3	17	23	20

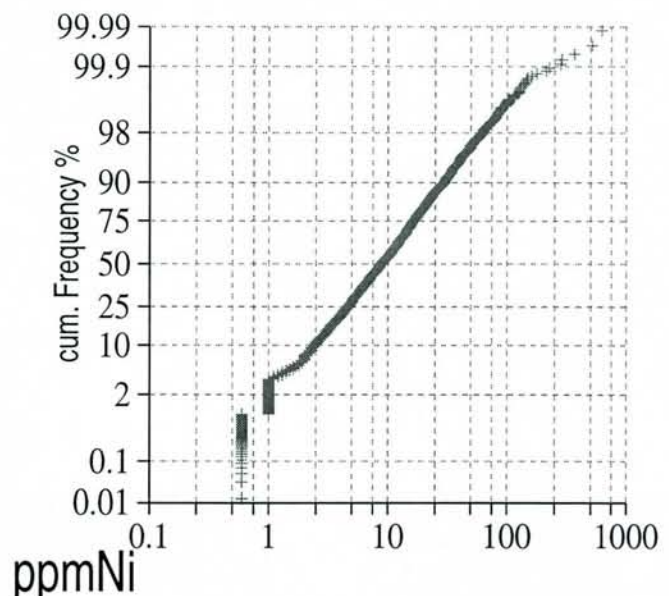
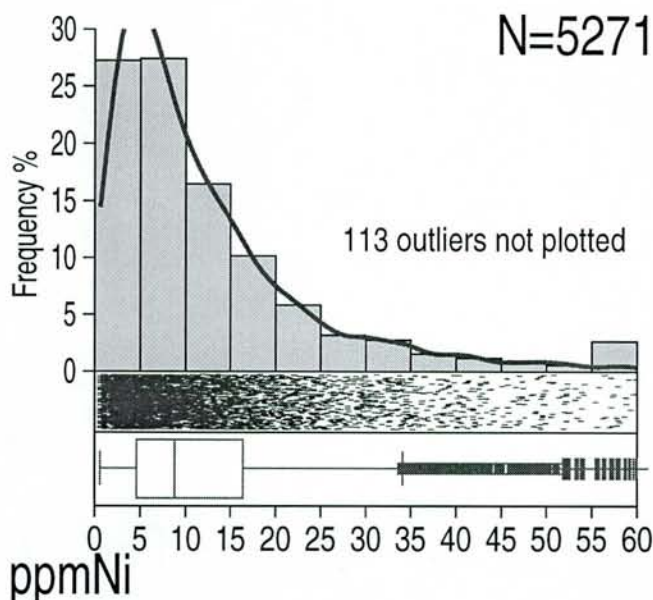
important Ni-containing minerals: pentlandite, Ni-pyrrhotite, garnierite, millerite, nickelite
 trace component of: olivine, pyroxene, amphibole, mica, garnet

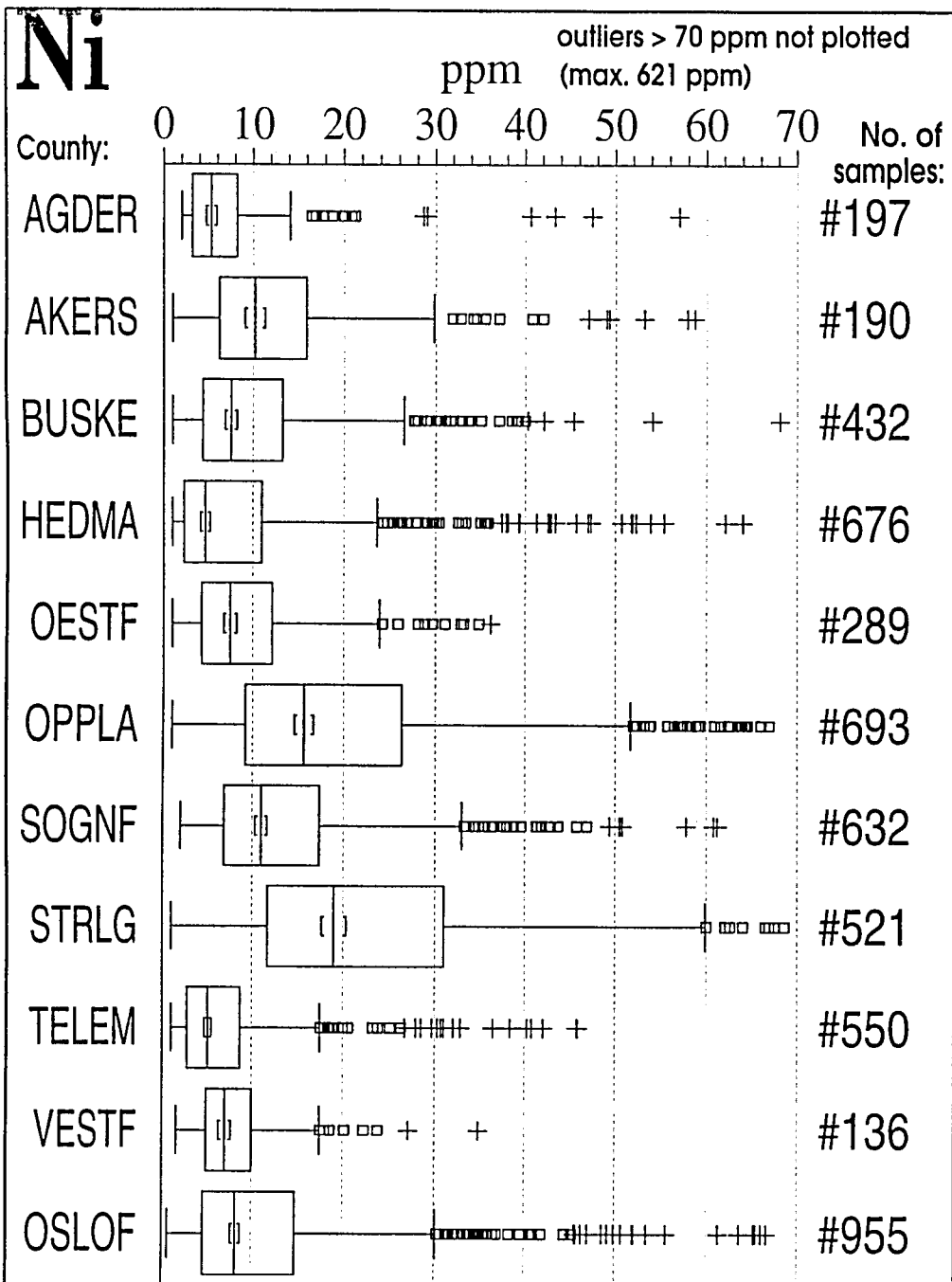
environmental geochemistry:

essential, toxic, carcinogenic
 deficiency results in growth retardation in animals
 essentiality for plants not proven, high levels can result in growth problems, chlorosis, death
 action level, soil: 50 ppm
 action level, drinking water: 50 µg/L
 contamination pathway: weathering, atmospheric fallout, waste disposal, sewage sludge, fertilizers, fuel combustion, Ni-mining & smelting, waste incineration, waste water
 acid rain can mobilize Ni in soils
 most Ni-compounds are relatively soluble at pH <6.5, insoluble at pH>6.7

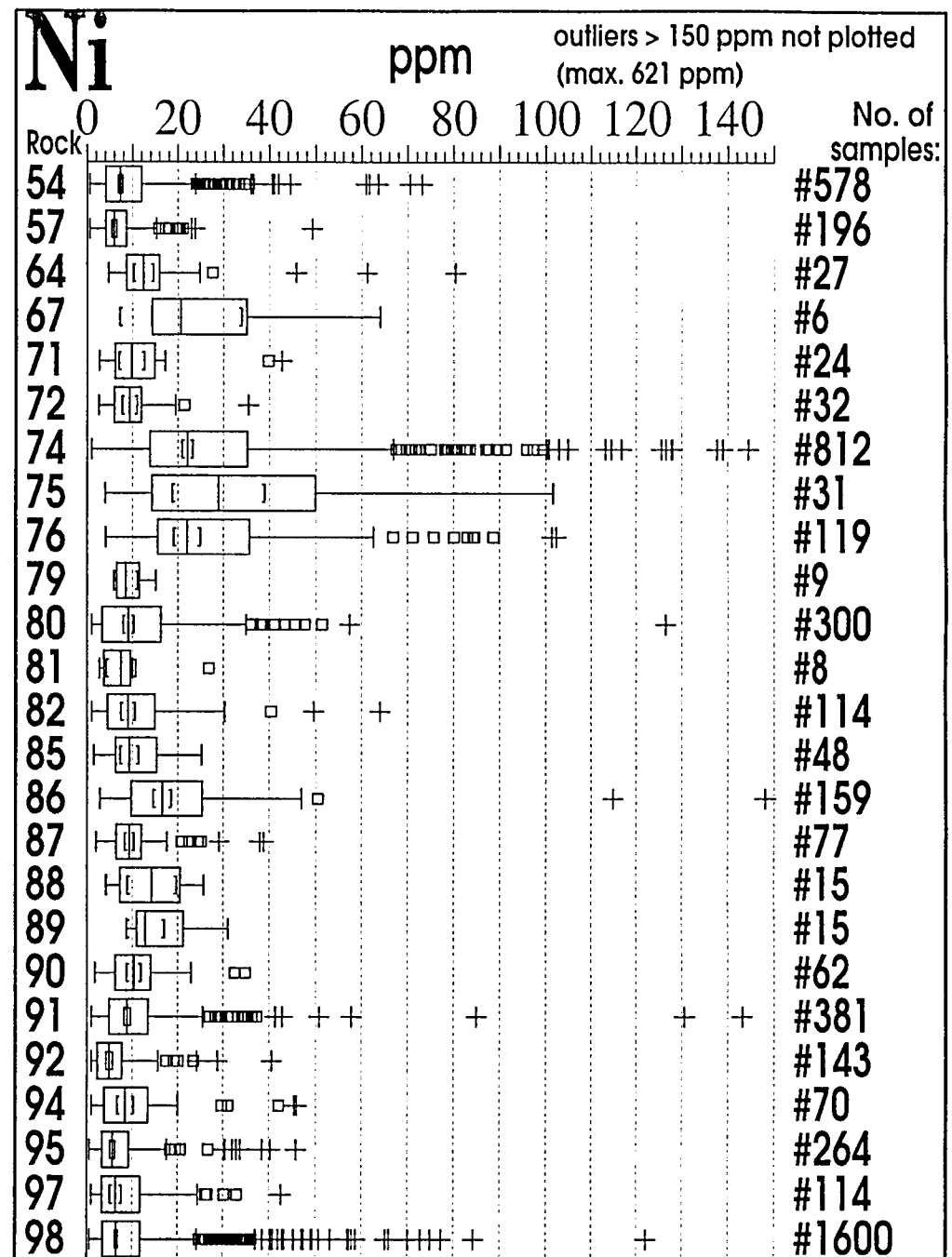
industrial use: more than 3000 known alloys, electroplating, batteries, pigments, catalysts

comments on dataset: data quality considered good





Stream sediments, 7N HNO₃-extraction
Element content and variation in different counties



Stream sediments, 7N HNO₃-extraction
Element content and variation in different lithologies

NIKKEL-INNHOLD I PRØVER
fordelt på FYLKER og LITOLOGISK BAKGRUNN
MEDIAN-verdier angitt i PPM
(minimum 4 lokaliteter i et fylke)

BERGART BA-kode	Agder-kyst	Akershus	Buskerud	Hedmark	Oppland	Oslofeltet	Sogn og Fjordane	Østfold	Telemark	Sør-Trøndelag	Vestfold
Dypbergarter 54			10.5			7.1			3.3		7.5
Vulkanske 57			9.4			5.6					6
Sedimentære 64								10.6		15.2	
Sedimentære 67				18.8							
Dypbergarter 72											
Granitt 71										7.2	
Gabbro 72										9.2	
Gabbro 73											
Fyllitt 74			18.3	19.5	23.8	18.3	17.3		7.4	24.6	
Kalkstein 75				11	27.4	49.9					
Grønnstein 76				15.4	7.6		14.2			22.7	
Metaryolitt 77											
Gardnosbresten 78											
Tillitt 79				7.1							
Sandstein 80				3.4	15.5					17.4	
Kalkstein 81				3.1							
Sandstein 82				4.5	12.7		5.8			8.2	
Gneis 85				1.6	13.3		11.3			6.9	
Charnockittiske 86			10.2		15.1		16.7				
Granitt 87							9.1				
Gabbro 88							14.2				
Ultramafiske 89							12.6				
Vulkanske 90					4.5		11.2			9.5	
Gneis 91					5.7		8			12.4	
Granitt 92	2.5		4.4	4.3	5.1			7.2	2.3		
Charnockittiske 93											
Gabbro 94	6.6		10.2			3.8			10.2		
Sandstein 95	3.8		8.1	2.3		4			5.9		
Metabasalt 96									8.7		
Metaryolitt 97			8.8	4.5		11.8			4.9		
Gneis 98	5.3	10.1	6.2	4	8.8	9.2	13.4	7.5	4		

For hele datasettet er medianverdien for bly 8.9 ppm, med 13.9 ppm som gjennomsnitt, 1400 ppm som høyeste og 1.0 ppm laveste verdi.

På regional basis finnes høyeste medianverdi, 14.1 ppm, i Oslofeltet, og laveste medianverdi, 1.0 ppm, i Sør-Trøndelag.

Sortert på litologisk bakgrunn gir sandstein og konglomerat (BA-kode 64) høyeste medianverdi, 20.6 ppm. Lavest blyinnhold har prøver med gabbro, dioritt, grønnstein og amfibolitt (BA-kode 72 og 76) som bakgrunn, medianverdi 1.0 ppm.

Den regionale fordeling av blyinnholdet i prøvene har færre likhetstrekk med andre grunnstoffer enn de fleste andre som er behandlet i dette atlas. Visuelt er likheten størst for sink og mangan. Det observeres en kraftig anrikning i og rundt Oslofeltet. Fra toppen av dette feltet strekker dette høyområde seg nord-vestover gjennom søndre og midtre deler av Oppland og videre vestover til Sogn og Fjordane. Også langs Agderkysten opptrer en liten anrikning. Lavområder er Sør-Trøndelag og nordlige og sydlige del av Hedmark.

Det er ingen drift på blyforekomster i Norge.

Bly brukes i store mengder til blyakkumulatorer, der det er hovedbestanddel i både positiv og negativ pol, (blydioksyd og metallisk bly), og i den bærende konstruksjonen i batteriet. Blytilsats til bensin har vært meget viktig som antibankingsmiddel, men erstattes nå etter hvert med andre mindre giftige komponenter. Bly brukes også som innvendig bekledning i mange kjemiske reaktorer for å beskytte mot svovelsyreangrep. Korrosjonsbeskyttende maling på blymønjobasis ble tidligere mye brukt for å beskytte mot rustangrep. På grunn av blyets giftvirkning har en nå i den utstrekning det er mulig gått over til andre korrosjonsbeskyttende malingstyper.

Bly var tidligere også mye brukt i grafisk industri til støping av blytsats, og brukes fortsatt til blystøpelegeringer legert med f.eks antimon.

Cirka 3 % av alle prøvene i datasettet viser høyere blyinnhold enn SFT's grense for forurenset jord, 50 ppm.

Pb

LEAD

atomic number: 82	atomic weight 207,19	atomic radius (Å) 1,75	ionic radius (Å) 1.20 (+2)
density (g/cm³) 11,4	oxidation states 4+, 2+	average content, continental crust (ppm) 15	

Pb-content in some common rock types (ppm):

Pb-ore	shale, schist	granite, granodiorite	sandstone	limestone	gabbro, basalt	ocean ridge basalt	ultramafic rock
>20000	22	20	10	5	4	1	0.05

MEDIAN Pb-content in selected surficial materials (ppm)

sample medium:	stream sediment	overbank sediment	O-horizon forest soil	till	soil England & Wales	soil worldwide
country of origin:	S-Norway	Norway	Norway	Finland	England & Wales	worldwide
grain size fraction:	<0.18mm	<0.063mm	<2mm	<0.063mm	<2mm	<2mm
extraction used:	7N-HNO3	7N-HNO3	7N-HNO3	aqua regia	aqua regia	total cont.
median content:	9	16	33	3	40	17

important Pb-containing minerals:

galena, cerussite, anglesite
trace component of: feldspars (can reach several wt.-%)

environmental geochemistry:

toxic, non essential

microorganisms more sensitive to soil lead than plants, lead generally strongly immobilized by the humic fraction of soils (strong enrichment in the uppermost few cm of soil worldwide)
toxic to animals and humans, many adverse health effects reported

action level, soil: 100 ppm

action level, drinking water: 20 µg/L

contamination pathway: mostly via the atmosphere from mining, smelting, processing (e.g. battery factories), traffic

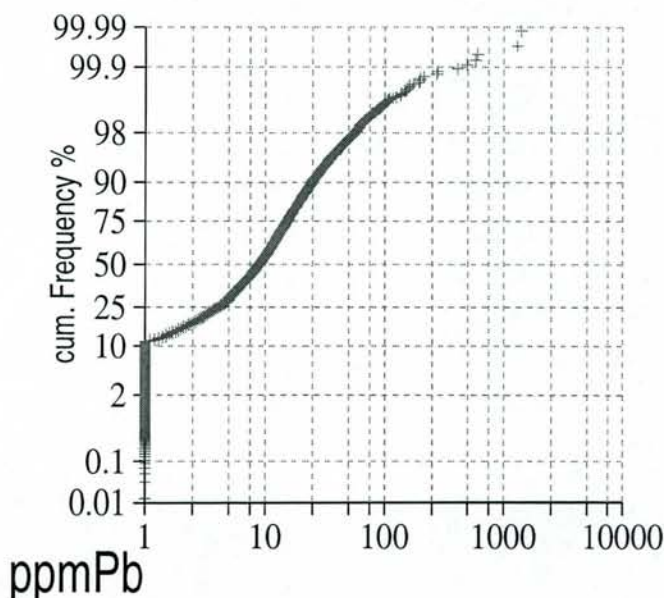
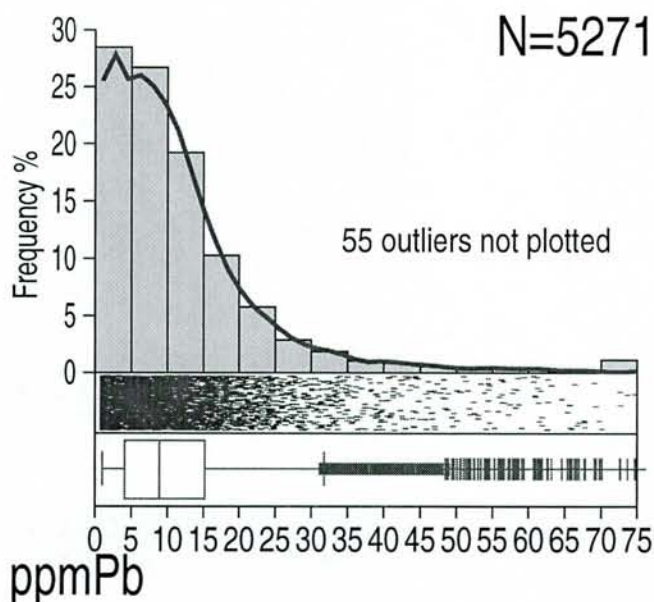
industrial use:

batteries, antiknock agent, pigments, stabilizer in plastic, ammunition, special alloys, cable sheathing, sheets and pipes, solder

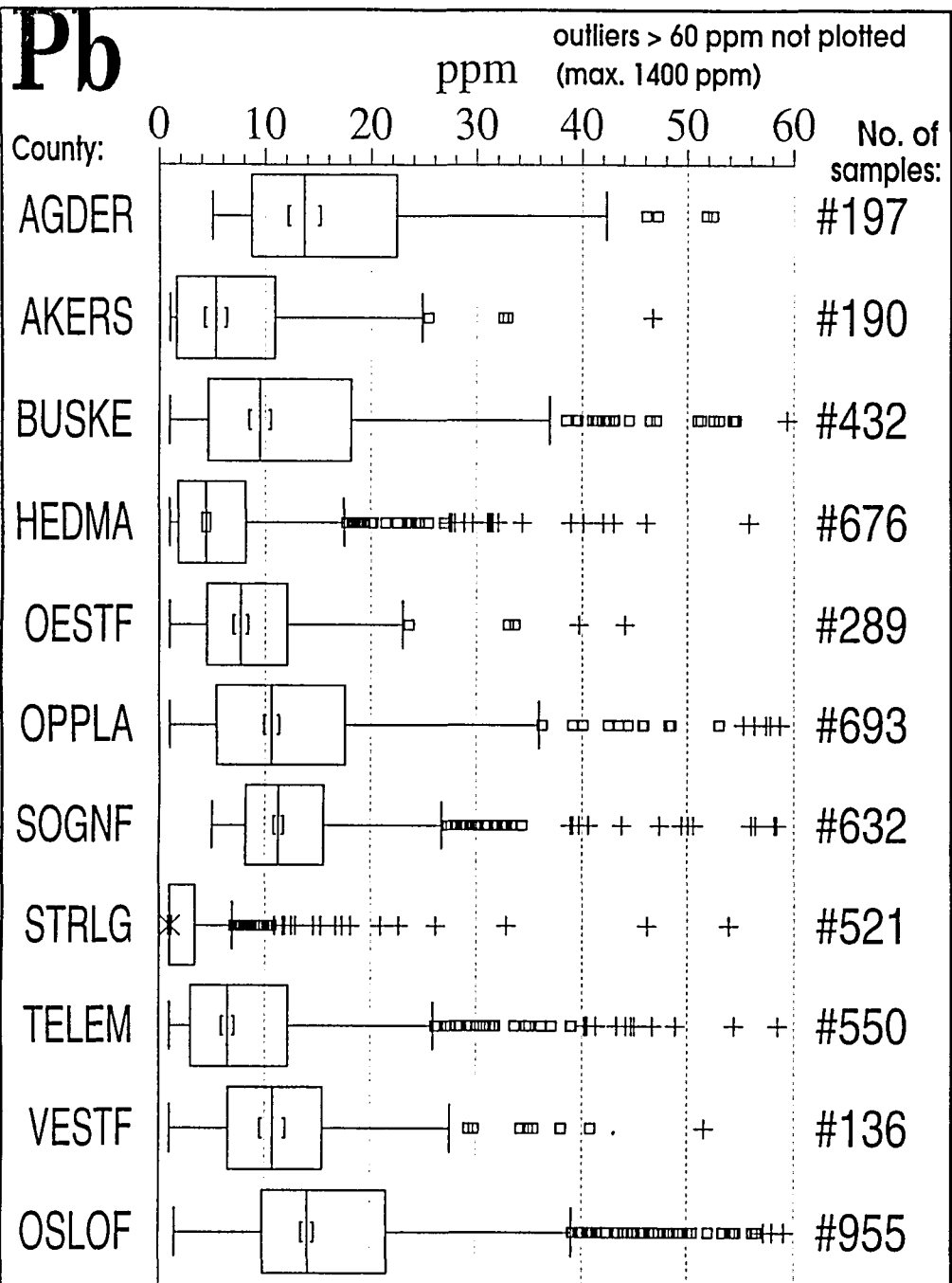
comments on dataset:

data quality considered good

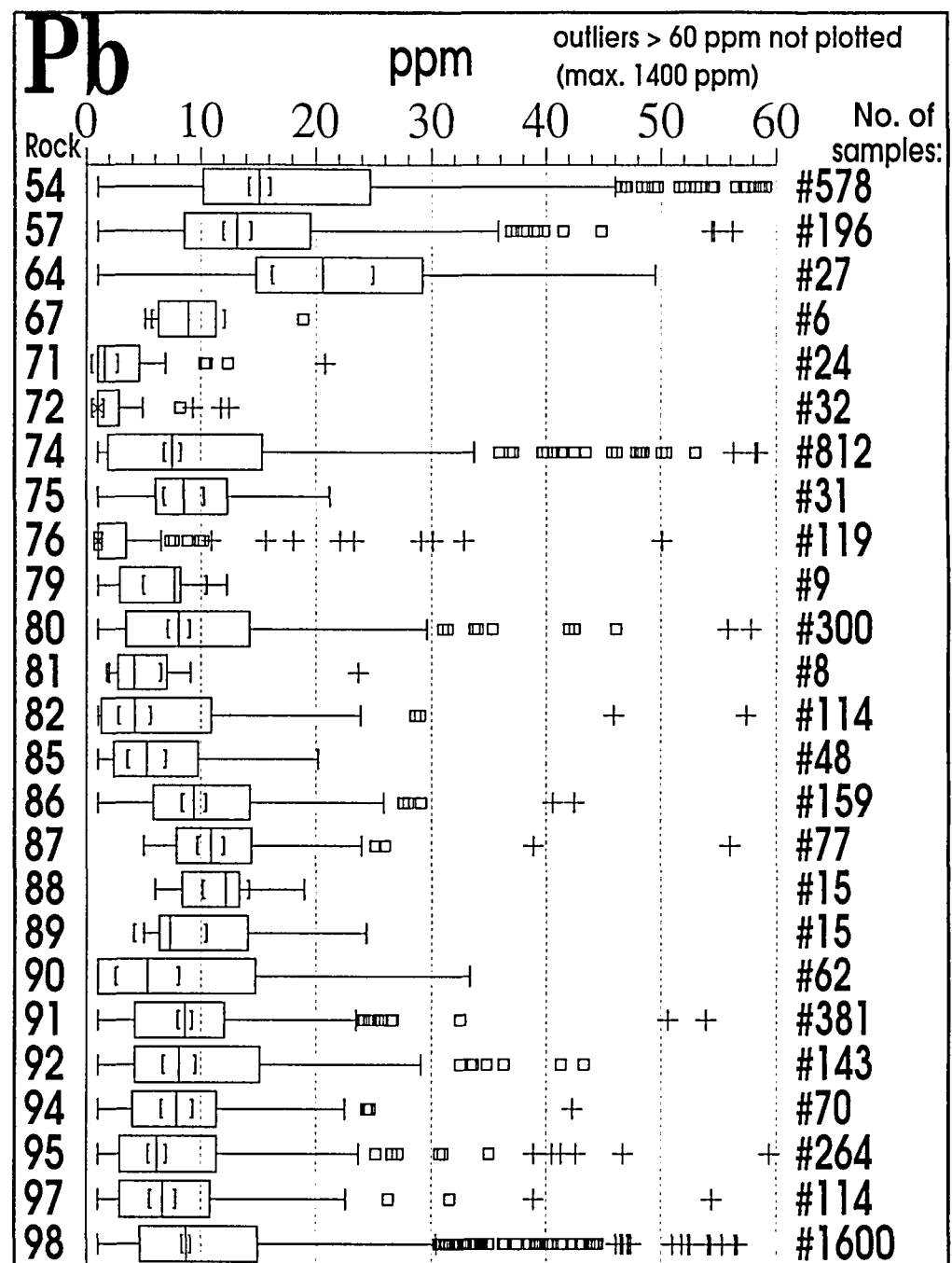
a lower detection limit would have been desirable



06



Stream sediments, 7N HNO₃-extraction
Element content and variation in different counties



Stream sediments, 7N HNO₃-extraction
Element content and variation in different lithologies

BLY-INNHOLD I PRØVER
fordelt på FYLKER og LITOLOGISK BAKGRUNN
MEDIAN-verdier angitt i PPM
(minimum 4 lokaliteter i et fylke)

BERGART BA-kode	Agder-kyst	Akershus	Buskerud	Hedmark	Oppland	Oslofeltet	Sogn og Fjordane	Østfold	Telemark	Sør-Trøndelag	Vestfold
Dypbergarter 54			12.2			15.6			16.9		12.8
Vulkanske 57			12.3			15.3					7
Sedimentære 64							22.8			1.7	
Sedimentære 67				6.3							
Dypbergarter 72											
Granitt 71										1.5	
Gabbro 72										1	
Gabbro 73											
Fyllitt 74			9.3	1.7	11.7	14.8	15.6		9	1	
Kalkstein 75				4.6	8.2	12.5				1	
Grønnstein 76				4	24		23.3			1	
Metaryolitt 77											
Gardnosbredsken 78											
Tillitt 79				7.7							
Sandstein 80				4.6	12.7					1.9	
Kalkstein 81				2.7							
Sandstein 82				2.1	9		10			1	
Gneis 85				3.5	3.4		9.1			1	
Charnockittiske 86			1.9		10.6		8.5				
Granitt 87							10.7				
Gabbro 88							10.5				
Ultramafiske 89							7.2				
Vulkanske 90					1		14.3			1	
Gneis 91					2.8		10.7			2.1	
Granitt 92	21.5		6.9	2.9	14.3			5.7	7.6		
Charnockittiske 93											
Gabbro 94	13.8		4.5			9.5			7.6		
Sandstein 95	11.4		6.8	4.7		12.3			5.1		
Metabasalt 96									5.7		
Metaryolitt 97			7.2	6.2		8.7			5.3		
Gneis 98	13	5.3	10	5.3	11.7	12	16.1	7.7	6.4		

19 STRONTIUM

For hele datasettet er medianverdien for strontium 20.0 ppm, med 26.2 ppm som gjennomsnitt, 437 ppm som høyeste og 1.6 ppm laveste verdi. Dette er nok en gang meget lavt sammenlignet med gjennomsnittsverdien for kontinentalskorpen, 260 ppm.

På fylkesbasis finnes høyeste medianverdi, 41.7 ppm, i Sogn og Fjordane, og laveste medianverdi, 7.2 ppm, langs Agder-kysten.

Sortert på litologisk bakgrunn har granitt til tonalitt (BA-kode 87) høyeste medianverdi, 67 ppm, mens det laveste strontiuminnholdet finnes i prøver med gabbro, amfibolitt, ultramafiske bergarter (BA-kode 94), 13 ppm.

En anrikning av høye strontiumverdier i prøvene observeres storregionalt over Sogn og Fjordane og midtre deler av Oppland sammen med den nordligste delen av Buskerud. Lavområder er Agder-kysten og den sørlige delen av Telemark. Likeledes er strontium-innholdet lavt i de fleste av prøvene fra Hedmark og Sør-Trøndelag.

Den regionale fordeling av strontiuminnholdet har store likhetstrekk med kalsium og kalium, mens likheten med andre grunnstoffer er liten.

Det er ingen drift på strontiumforekomster i Norge, og den tekniske anvendelse av strontium er stort sett begrenset til pyroteknisk industri, der strontium anvendes i fyrverkeri for å oppnå rød flammefarging.

Sr

STRONTIUM

atomic number:	atomic weight	atomic radius (Å)	ionic radius (Å)
38	87,62	2,15	1.13(+2)
density (g/cm ³)	oxidation states	average content, continental crust (ppm)	
2,6	2+	260	

Sr-content in some common rock types (ppm):

strontianite	limestone	gabbro, basalt	shale, schist	granite, granodiorite	ocean ridge basalt	sandstone	ultramafic rock
593500	500	400	250	220	180	100	10

MEDIAN Sr-content in selected surficial materials (ppm)

sample medium:	stream sediment	overbank sediment	O-horizon forest soil	till	soil England & Wales	soil worldwide
country of origin:	S-Norway	Norway	Norway	Finland		
grain size fraction:	<0.18mm	<0.063mm	<2mm	<0.063mm	<2mm	<2mm
extraction used:	7N-HNO3	7N-HNO3	7N-HNO3	aqua regia	aqua regia	total cont.
median content:	20	28	24	7	27	240

important Sr-containing minerals:

strontianite, celestite
trace component of: feldspars, gypsum, calcite, dolomite, mica

environmental geochemistry:

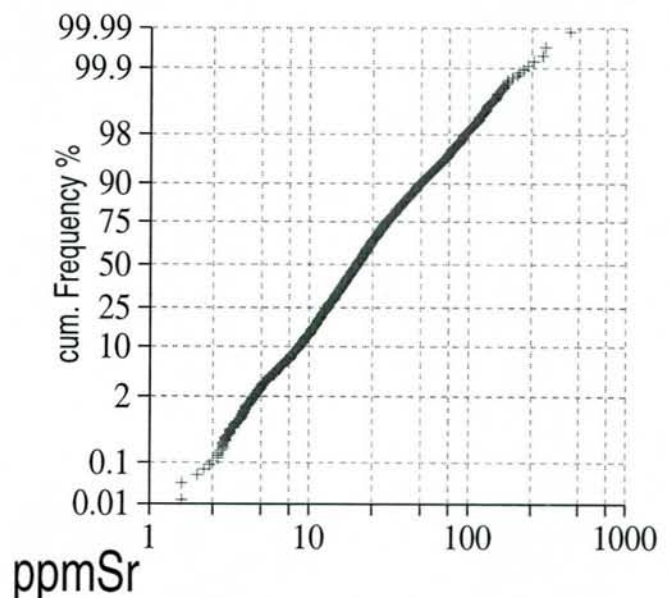
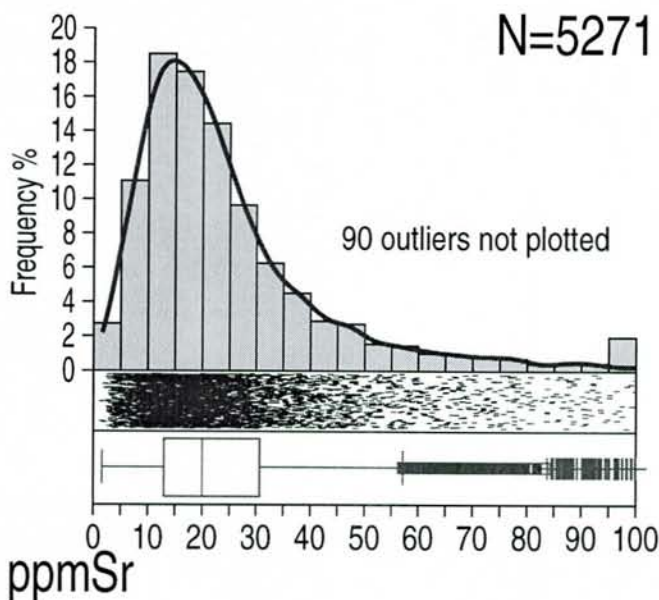
most concern about radiogenic Sr from nuclear tests and industry (Sr89, Sr90) which is taken up by the body instead of calcium
action level, soil: not defined
contamination pathway: weathering, radiogenic Sr: nuclear industry
component of sea spray

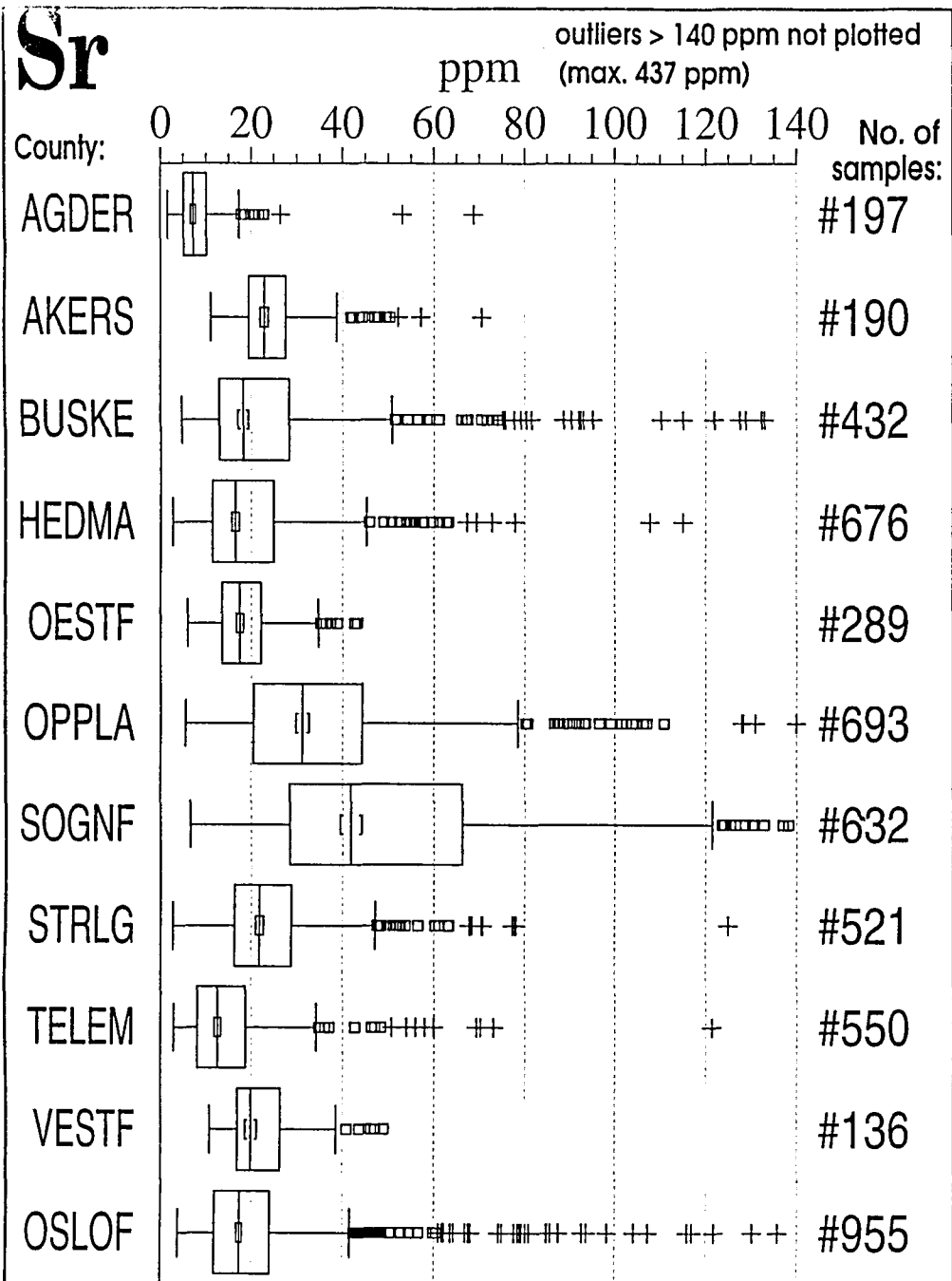
industrial use:

television tubes, pyrotechnic materials, ferrite magnets

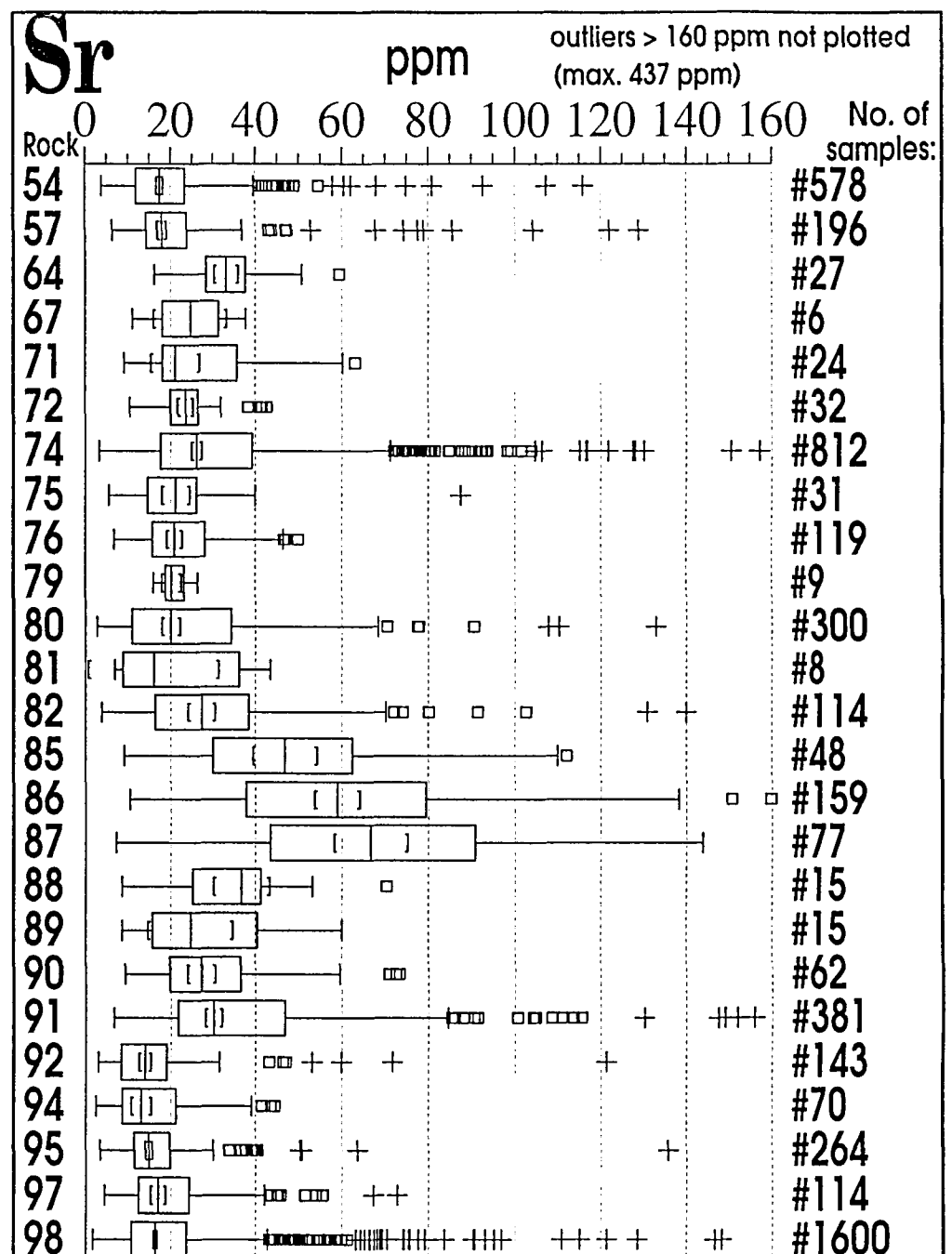
comments on dataset:

data quality considered good





Stream sediments, 7N HNO₃-extraction
Element content and variation in different counties



Stream sediments, 7N HNO₃-extraction
Element content and variation in different lithologies

STRONTIUM-INNHOLD I PRØVER
fordelt på FYLKER og LITOLOGISK BAKGRUNN
MEDIAN-verdier angitt i PPM
(minimum 4 lokaliteter i et fylke)

BERGART BA-kode	Agder-kyst	Akershus	Buskerud	Hedmark	Oppland	Oslofeltet	Sogn og Fjordane	Østfold	Telemark	Sør-Trøndelag	Vestfold
Dypbergarter 54			19.1			16.1			14.3		20.3
Vulkanske 57			17.7			17.3					18.8
Sedimentære 64							33.5			28.3	
Sedimentære 67				22.8							
Dypbergarter 72											
Granitt 71										21.4	
Gabbro 72										23.3	
Gabbro 73											
Fyllitt 74			27.5	19.1	35.2	27	33.9		31.6	18.1	
Kalkstein 75				6.5	18.5	23.4					
Grønnstein 76				15.5	17.2		20.1			21.5	
Metaryolitt 77											
Gardnosbreksjen 78											
Tillitt 79				20.2							
Sandstein 80				11.6	32.3					17.2	
Kalkstein 81				8.7							
Sandstein 82				16.4	36.7		28.3			29.2	
Gneis 85				13.9	31.4		52.9			28.6	
Charnockittiske 86			73		50.4		63.1				
Granitt 87							66.6				
Gabbro 88							30.5				
Ultramafiske 89							21.7				
Vulkanske 90					21.2		34.4			23.5	
Gneis 91					19.5		37.4			25.7	
Granitt 92	9.6		14.3	20.4	12.9			16.3	8		
Charnockittiske 93											
Gabbro 94	6.3		20.4			13.9			8.4		
Sandstein 95	5.4		20.3	13		12.6			14		
Metabasalt 96									19.3		
Metaryolitt 97			24	15		19.4			14.7		
Gneis 98	7.2	22.6	14.9	18.9	16.9	16	74.4	17.7	9.4		

For hele datasettet er medianverdien for titan 661 ppm, med 751 ppm som gjennomsnitt, 8900 ppm som høyeste og 10 ppm laveste verdi, mens gjennomsnittsverdien i kontinentalskorpen er 4000 ppm.

På fylkesbasis finnes høyeste medianverdi, 900 ppm i fylkene Buskerud, Sør-Trøndelag og Telemark, og laveste i Hedmark, 400 ppm.

Sortert på litologisk bakgrunn gir sandstein og konglomerat (BA-kode 64) høyeste medianverdi, 1100 ppm. Laveste medianverdier gir tillitt (BA-kode 79), 100 ppm, og kalkstein, marmor (BA-kode 75), 200 ppm. Her ville en vente at både sandstein og kalkstein skulle gi forholdsvis lave verdier sammenlignet med andre bergartstyper.

Den regionale fordeling av titaninnholdet i prøvene har likhetstrekk med fordelingen av vanadium. Denne likheten er lett å se ved å sammenligne kartene for de to grunnstoffene.

Et vidstrakt høyområde opptrer over fylkene Sogn og Fjordane, Buskerud og Telemark. Et annet høyområde ligger i Sør-Trøndelag. Lavområde er Hedmark og store deler av Oppland.

De største titanforekomstene i Norge ligger i Rogaland. På grunn av manglende prøvemateriale inngår dette fylket dessverre ikke i vårt atlas. De viktigste titanholdige bergarter/mineraler er ilmenitt og rutil, og det viktigste bergverket er A/S Titania ved Tellnes i Rogaland.

Titan er en viktig legeringskomponent i mange stållegeringer. For medisinske formål inngår det i proteser og nagler.

Ti

atomic number:
22
density (g/cm³)
4,51

atomic weight
47,9
oxidation states
4+, 3+

atomic radius (Å)
1,47
average content, continental crust (ppm)
4000

TITANIUM

ionic radius (Å)
0.68(+4)

Ti-content in some common rock types (ppm):

Ti-ore	gabbro, ocean ridge basalt	basalt	shale, schist	ultramafic rock	granite, granodiorite	sandstone	limestone
>300000	10000	9000	6000	3000	3000	1500	400

MEDIAN Ti-content in selected surficial materials (ppm)

sample medium:	stream sediment	overbank sediment	O-horizon forest soil	till	soil England & Wales	soil worldwide
country of origin:	S-Norway	Norway	Norway	Finland	England & Wales	worldwide
grain size fraction:	<0.18mm	<0.063mm	<2mm	<0.063mm	<2mm	<2mm
extraction used:	7N-HNO3	7N-HNO3	7N-HNO3	aqua regia	aqua regia	total cont.
median content:	661	1200	110	1100	na	4000

important Ti-containing minerals:

ilmenite, rutile
trace component of: pyroxene, amphibole, mica, garnet

environmental geochemistry:

non essential, non toxic

there exists no evidence that Ti is essential to humans

there exists no evidence that Ti is toxic to humans

action level, soil: not defined

contamination pathway: geogenic dust, often used as standard for geogenic element sources

severe environmental problems are associated with the production of Ti (acid disposal)

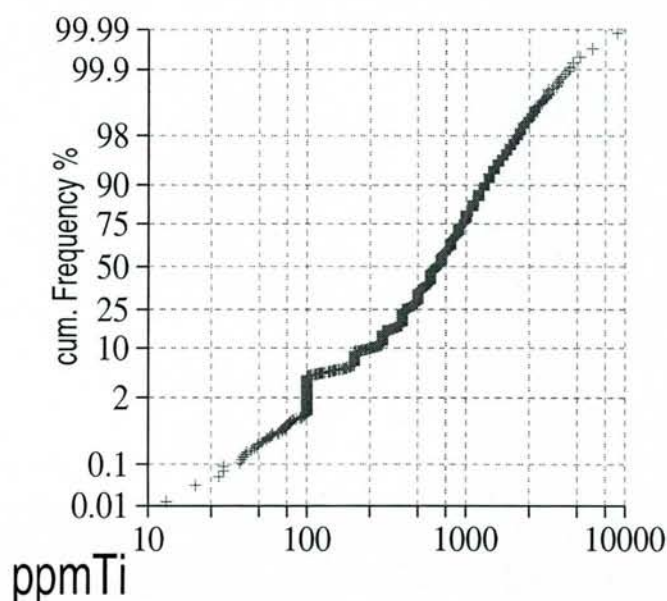
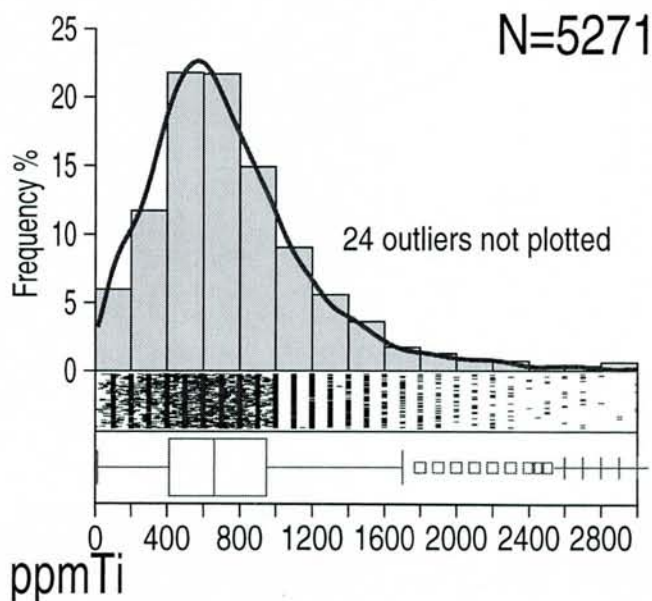
industrial use:

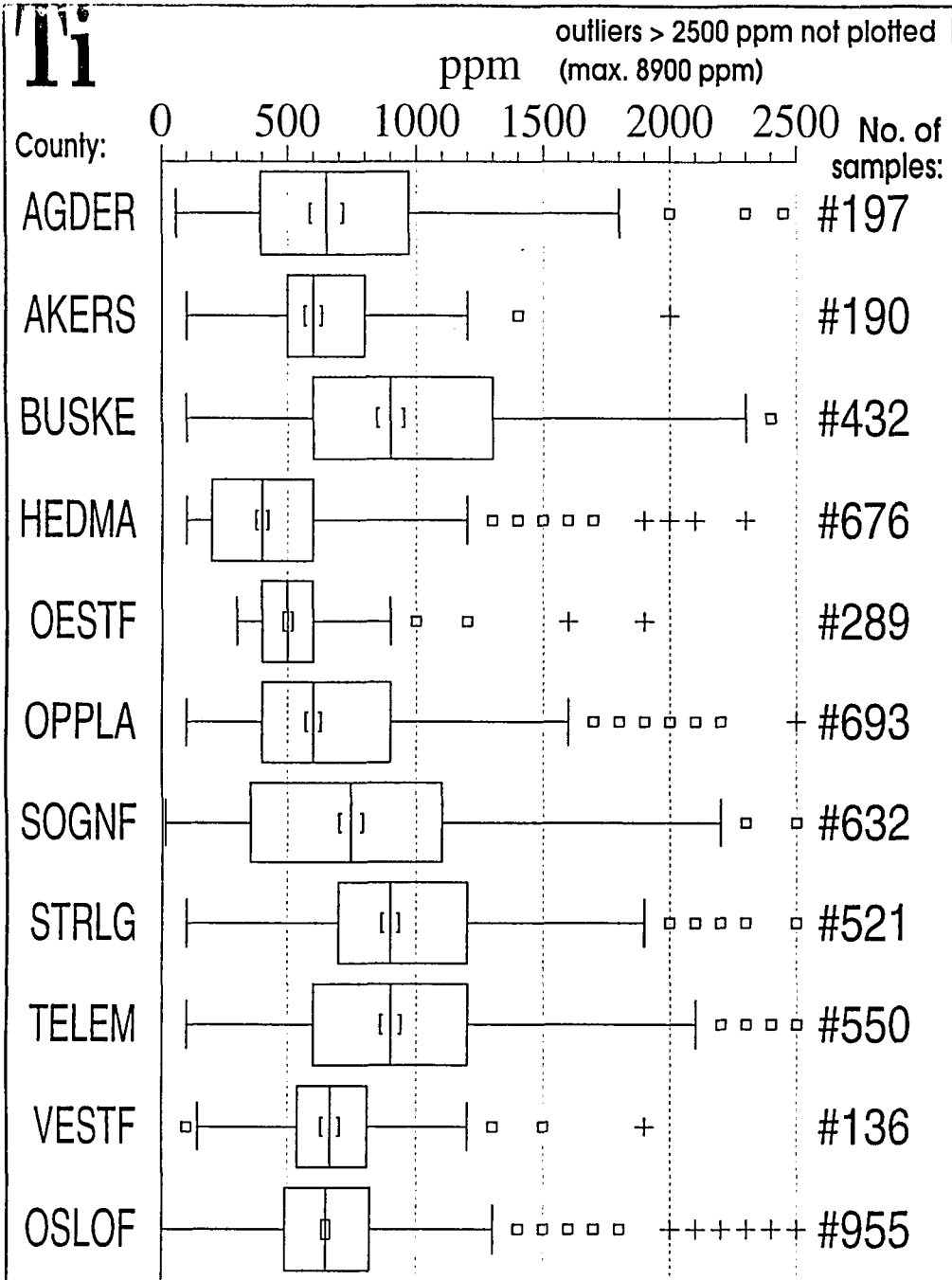
pigment, alloys, metal, aeronautics, tubings

comments on dataset:

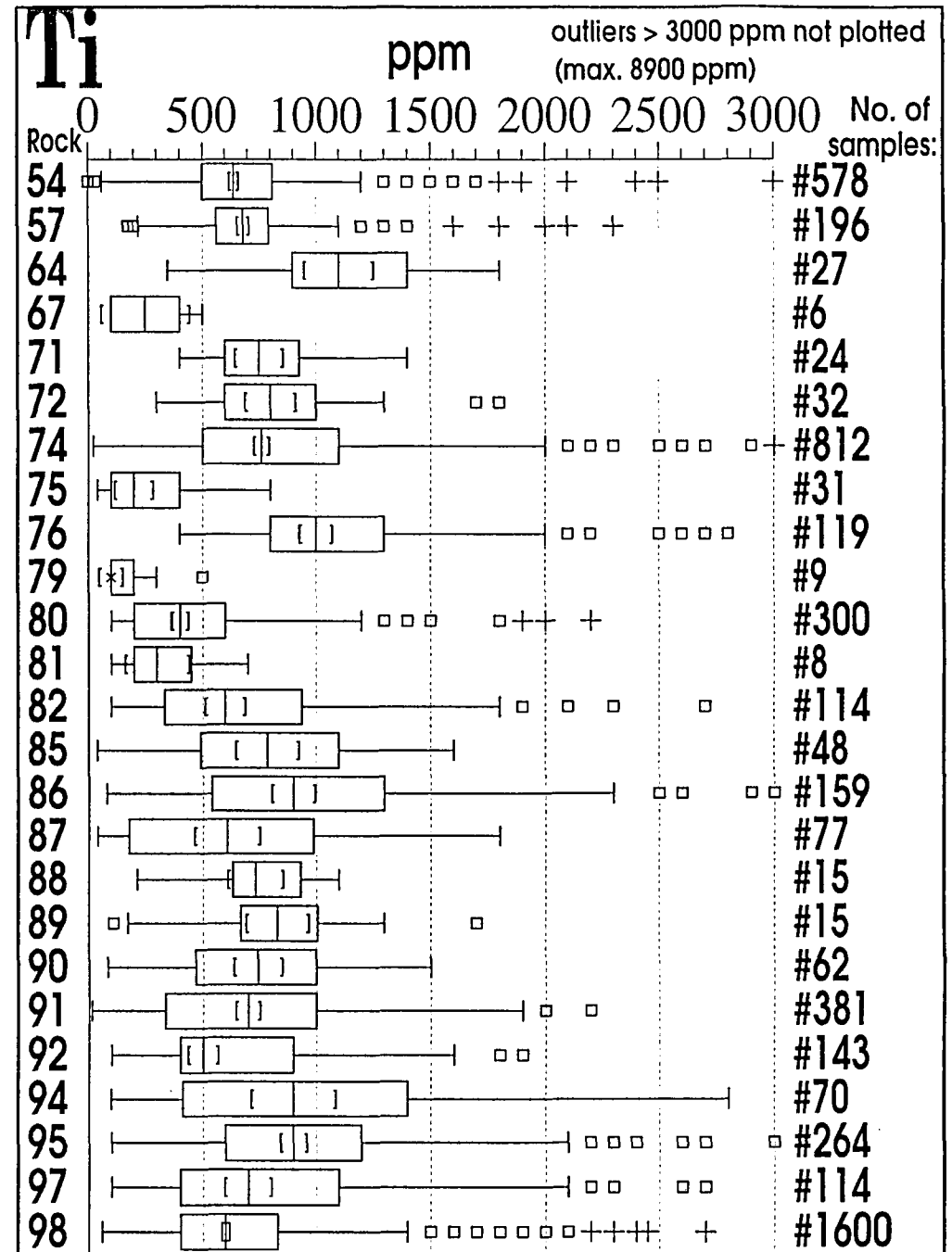
data quality considered poor

see breaks in CDF-plot, discretisations in scattergram





Stream sediments, 7N HNO₃-extraction
Element content and variation in different counties



Stream sediments, 7N HNO₃-extraction
Element content and variation in different lithologies

TITAN-INNHOLD I PRØVER
fordelt på FYLKER og LITOLOGISK BAKGRUNN
MEDIAN-verdier angitt i PPM
(minimum 4 lokaliteter i et fylke)

BERGART BA-kode	Agder-kyst	Akershus	Buskerud	Hedmark	Oppland	Oslofeltet	Sogn og Fjordane	Østfold	Telemark	Sør-Trøndelag	Vestfold
Dypbergarter 54			690			640			600		639
Vulkanske 57			790			670					660,8
Sedimentære 64							1100			1000	
Sedimentære 67				190							
Dypbergarter 72											
Granitt 71										600	
Gabbro 72										800	
Gabbro 73											
Fyllitt 74			1100	600	600	760	988		1200	900	
Kalkstein 75				190	400	190					
Grønnstein 76				600	800		1200			1000	
Metaryolitt 77											
Gardnosbredsken 78											
Tillitt 79				190							
Sandstein 80				290	590					1000	
Kalkstein 81				200							
Sandstein 82				400	600		396			700	
Gneis 85				390	800		773			700	
Charnockittiske 86			1400		1000		651				
Granitt 87							556				
Gabbro 88							720				
Ultramafiske 89							824				
Vulkanske 90					560		858			600	
Gneis 91					600		643			900	
Granitt 92	546,2		600	500	400			400	800		
Charnockittiske 93											
Gabbro 94	438,1		1000			410			1200		
Sandstein 95	415		1100	600		730			1000		
Metabasalt 96									1000		
Metaryolitt 97			1400	400		570			900		
Gneis 98	674,5	600	900	400	500	620	981	500	800		

21 VANADIUM

For hele datasettet er medianverdien for vanadium 24.0 ppm, med 27.4 ppm som gjennomsnitt, 236 ppm som høyeste og 1.8 ppm laveste verdi, mens gjennomsnittsverdien i kontinentalskorpen er 100 ppm.

På fylkesbasis finnes høyeste medianverdi, 33.7 ppm i Sør-Trøndelag og laveste medianverdi, 14.5 ppm, i Hedmark.

Sortert på litologisk bakgrunn gir charnockittiske til anortosittiske bergarter (BA-kode 86) høyeste medianverdi, 41.4 ppm. Lavest vanadiuminnhold har prøver med kalkstein, slamskifer, sandstein (BA-kode 81) som bakgrunn, medianverdi 16.8 ppm. Dette er som forventet sammenlignet med global statistikk, se tabell 5.

Høye vanadiumverdier finnes jevnt spredt over fylkene Sogn og Fjordane, Telemark, Buskerud, Oppland, Oslofeltet og Akershus med de høyeste verdiene i Oslofeltet og den midterste vestlige delen av Oppland. Også Sør-Trøndelag har et stort antall høye prøver. Lavområde er Hedmark.

Den regionale fordeling av vanadiuminnholdet i prøvene har store likhetstrekk med jern, kobolt og aluminium.

Det er ingen drift på vanadiumforekomster i Norge.

Vanadium brukes i metallurgisk industri i høyverdige stållegeringer, f.eks. verktøystål. Det brukes også som katalysatormateriale i mange redoksprosesser. Best kjent er kanskje svovelsyrefremstilling over vanadiumkatalysator.

V

VANADIUM

atomic number:	atomic weight	atomic radius (Å)	ionic radius (Å)
23	50,942	1,34	0.59(+5)
density (g/cm³)	oxidation states	average content, continental crust (ppm)	
6,1	5+,4+,3+,2+	100	

V-content in some common rock types (ppm):

V-ore	gabbro, basalt	ocean ridge basalt	shale, schist	ultramafic rock	granite, granodiorite	sandstone	limestone
>3000	260	250	130	80	70	20	15

MEDIAN V-content in selected surficial materials (ppm)

sample medium:	stream sediment	overbank sediment	O-horizon forest soil	till	soil	soil
country of origin:	S-Norway	Norway	Norway	Finland	England & Wales	worldwide
grain size fraction:	<0.18mm	<0.063mm	<2mm	<0.063mm	<2mm	<2mm
extraction used:	7N-HNO ₃	7N-HNO ₃	7N-HNO ₃	aqua regia	aqua regia	total cont.
median content:	24	39	6	35	na	90

important V-containing minerals: carnotite, roscoelite, vanadinite, mottramite, descloizite
 trace component of: pyroxene, amphibole, mica

environmental geochemistry:

essential?

essential nutrient for many animals, has effects on biomass production
 can cause toxic symptoms in man in high concentrations

V in drinking water prevents caries

speciation in its different oxidation states very important in environmental chemistry

action level, soil: 50 ppm

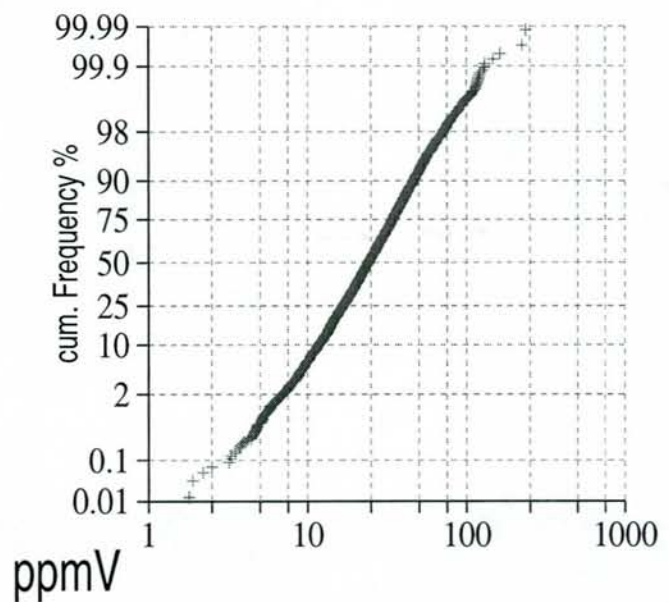
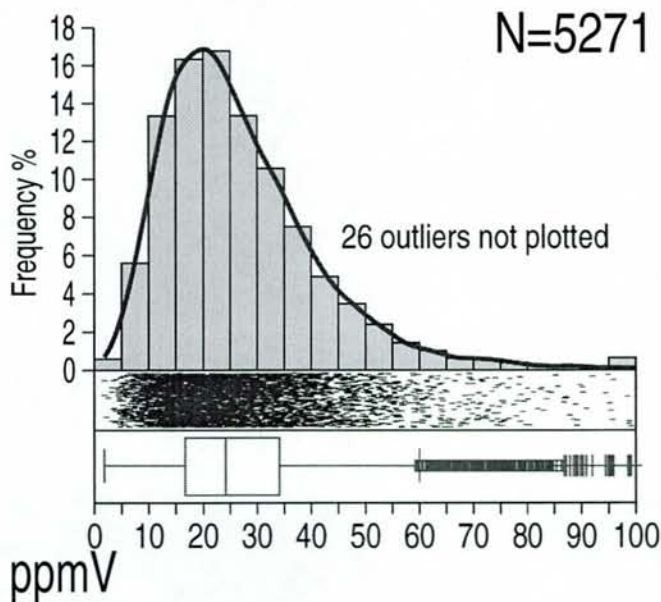
contamination pathway: oil and coal combustion, geogenic dust, weathering, V-slugs

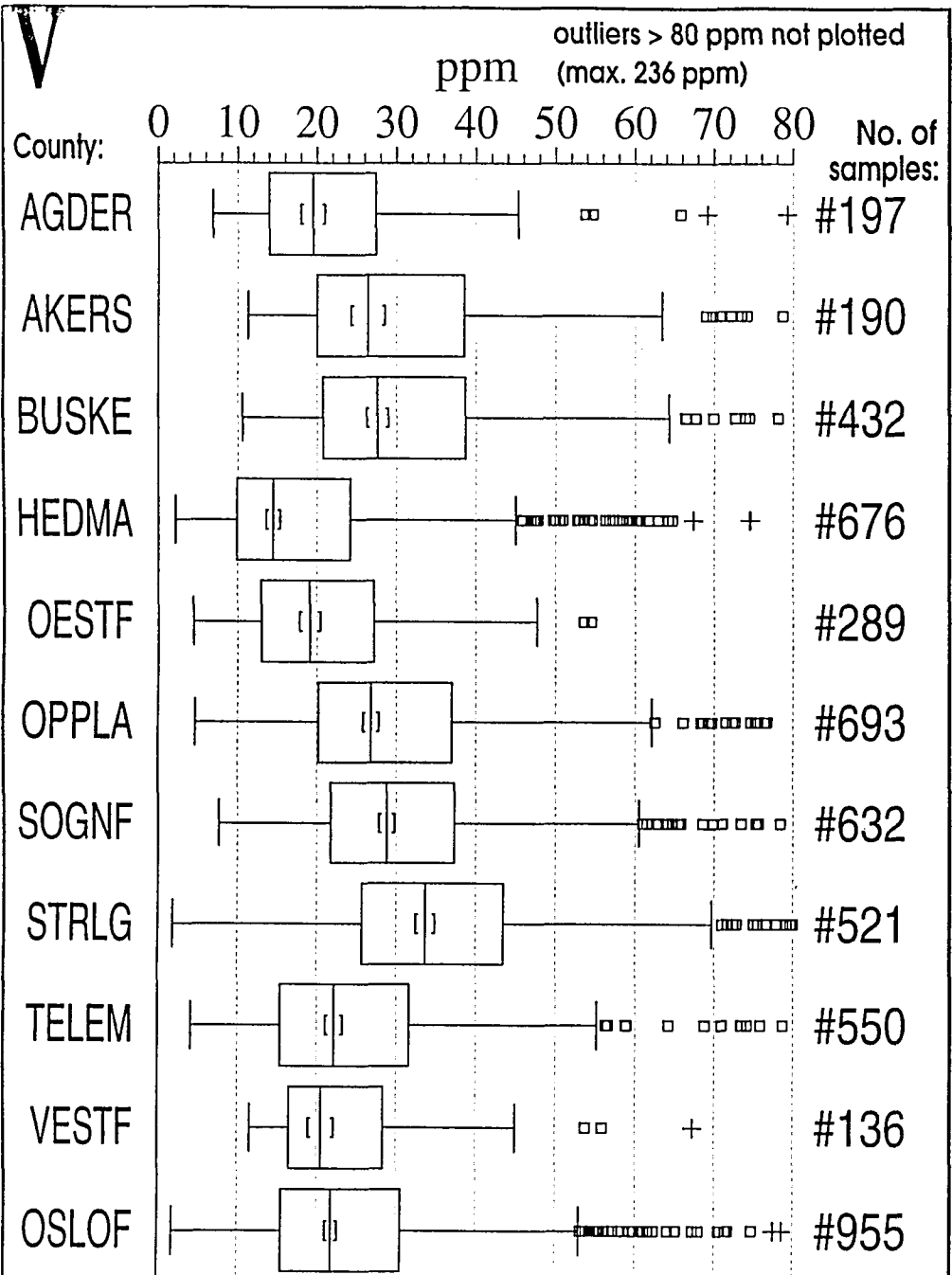
industrial use:

steel production, alloys, catalysts

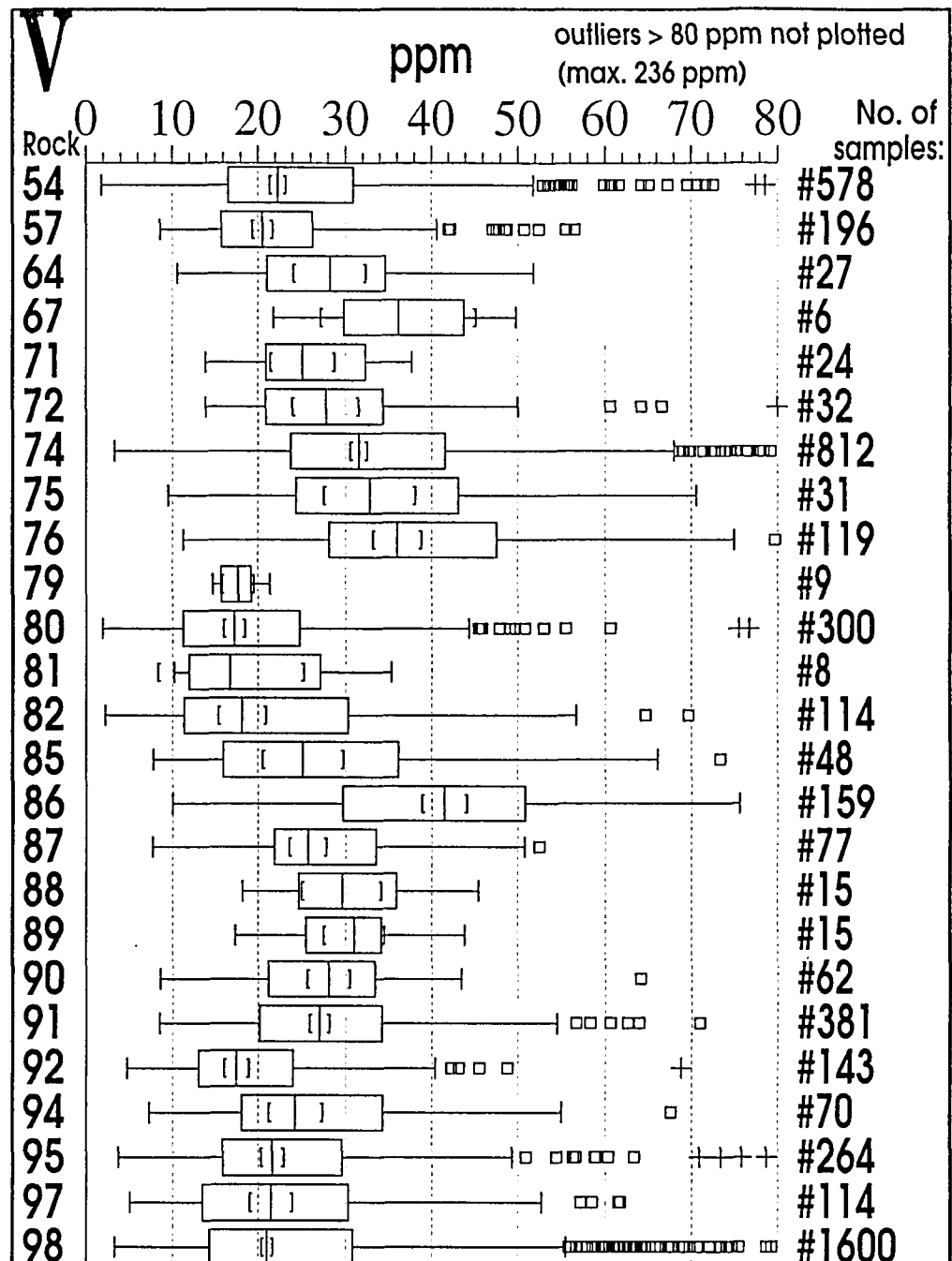
comments on dataset:

data quality considered good





Stream sediments, 7N HNO₃-extraction
Element content and variation in different counties



Stream sediments, 7N HNO₃-extraction
Element content and variation in different lithologies

VANADIUM-INNHOLD I PRØVER
fordelt på FYLKER og LITOLOGISK BAKGRUNN
MEDIAN-verdier angitt i PPM
(minimum 4 lokaliteter i et fylke)

BERGART BA-kode	Agder-kyst	Akershus	Buskerud	Hedmark	Oppland	Oslofeltet	Sogn og Fjordane	Østfold	Telemark	Sør-Trøndelag	Vestfold
Dypbergarter 54			30.2			22			24.5		20.5
Vulkanske 57			28.6			19.5					19.7
Sedimentære 64							23.8			30.9	
Sedimentære 67				29.8							
Dypbergarter 72											
Granitt 71										23.1	
Gabbro 72										26.4	
Gabbro 73											
Fyllitt 74			38.1	27.9	30.5	28.8	30.7		24.9	34.3	
Kalkstein 75				17.8	27.8	40.8					
Grønnstein 76				25.7	16.7		39.4			36.2	
Metaryolitt 77											
Gardnosbreksjen 78											
Tillitt 79				15.7							
Sandstein 80				12.3	21.4					34.3	
Kalkstein 81				11.7							
Sandstein 82				11.5	22.4		23.8			25.2	
Gneis 85				8.3	25		26.8			19.5	
Charnockittiske 86			37.2		44.1		39.8				
Granitt 87							25.6				
Gabbro 88							27.8				
Ultramafiske 89							28.5				
Vulkanske 90					18.8		26.5			30	
Gneis 91					21.8		26.4			34.8	
Granitt 92	19.3		20.1	13	16			14.1	17		
Charnockittiske 93											
Gabbro 94	19.6		28.1			15.6			28.3		
Sandstein 95	15.6		23.8	19.1		12.7			23.5		
Metabasalt 96									30		
Metaryolitt 97			29.8	15.5		23.2			21.5		
Gneis 98	19.5	26.3	25.6	13.4	23.1	21.1	39.8	19.6	17.8		

22 SINK

På landsbasis er medianverdien for sink 40.7 ppm med 64.4 ppm som gjennomsnitts-verdi, 8800 ppm som høyeste og 0.10 ppm laveste verdi, mens gjennomsnittsverdien i kontinentalskorpen er 80 ppm.

På fylkesbasis finnes høyeste medianverdi, 59.9 ppm, i Buskerud og lavest i Østfold, 21.2 ppm. Sortert på litologisk bakgrunn gir sandstein og konglomerat (BA-kode 67) høyeste medianverdi, 117 ppm, mens granitt til tonalitt (BA-kode 92) gir laveste verdi, 23.9 ppm.

Det finnes et stort høyområde for sink over det sentrale Østlandsområde med en konsentrasjon av høye prøver over søndre del av Buskerud og Oppland. Området har utløpere til det nordlige Buskerud og midtre Oppland. I Sør-Trøndelag finnes det også en del høye prøver rundt Løkken, dessuten i den østlige delen av fylket fra Røros og nordover.

Lavområder er nordlige og sydlige deler av Hedmark, dessuten det meste av Sogn og Fjordane, Østfold og Agder-kysten.

Sink viser færre likhetstrekk med andre grunnstoffer enn de fleste andre som omtales i dette atlas. Størst er likheten for aluminium og kobolt.

Tidligere gjennom lange tider har det vært drevet på sink ved mange bergverk her i landet, men idag er ingen gruver i drift.

Kartbildet av sink står i kontrast til forekomsten og beliggenheten av bergverk som har vært drevet på sink, i det de fleste gamle bergverk ligger i Sør-Trøndelag, mens ingen er lokalisert i nærheten av sinkanomalien på Østlandet slik den fremkommer på kartet.

Sink er et viktig metall i press-støpelegeringer og er en hovedbestanddel i messing. Det er mye brukt til korrosjonsbeskyttelse - varmgalvanisering. Det var tidligere mye brukt til pigment i maling - sinkvitt, og inngår i mange medisinske preparater. Sink er giftig i vannløslige forbindelser for planter, dyr og mennesker og må derfor brukes med forsiktighet.

Cirka 5 % av alle prøver i datasettet viser sinkverdier som overskrider SFTs grense for forurenset jord, 150 ppm.

Zn

ZINC

atomic number: 30	atomic weight 65,37	atomic radius (Å) 1,38	ionic radius (Å) 0.74(+2)
density (g/cm ³) 7,14	oxidation states 2+	average content, continental crust (ppm) 80	

Zn-content in some common rock types (ppm):

Zn-ore	shale, schist	gabbro, basalt	ocean ridge basalt	ultramafic rock	granite, granodiorite	limestone	sandstone
>20000	100	100	70	60	50	40	20

MEDIAN Zn-content in selected surficial materials (ppm)

sample medium:	stream sediment	overbank sediment	O-horizon forest soil	till	soil England & Wales	soil worldwide
country of origin:	S-Norway	Norway	Norway	Finland		
grain size fraction:	<0.18mm	<0.063mm	<2mm	<0.063mm	<2mm	<2mm
extraction used:	7N-HNO ₃	7N-HNO ₃	7N-HNO ₃	aqua regia	aqua regia	total cont.
median content:	41	54	42	32	82	70

important Zn-containing minerals: sphalerite, wurtzite, smithsonite, hemimorphite
trace component of: pyroxene, amphibole, mica, garnet

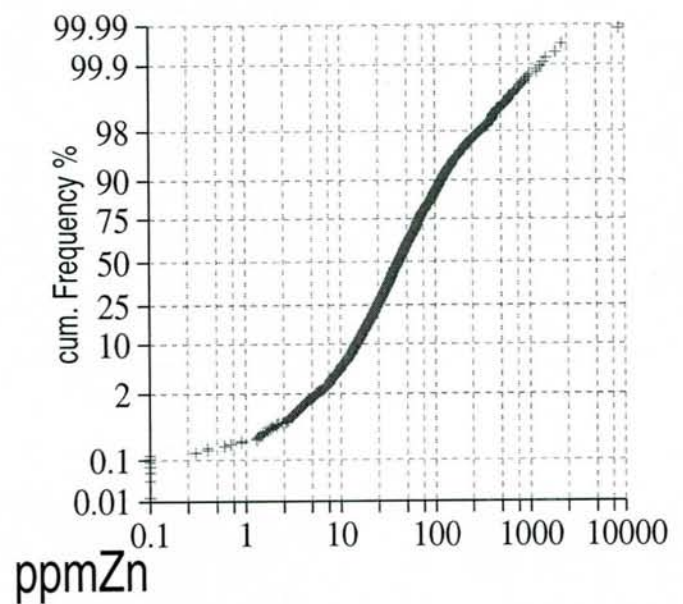
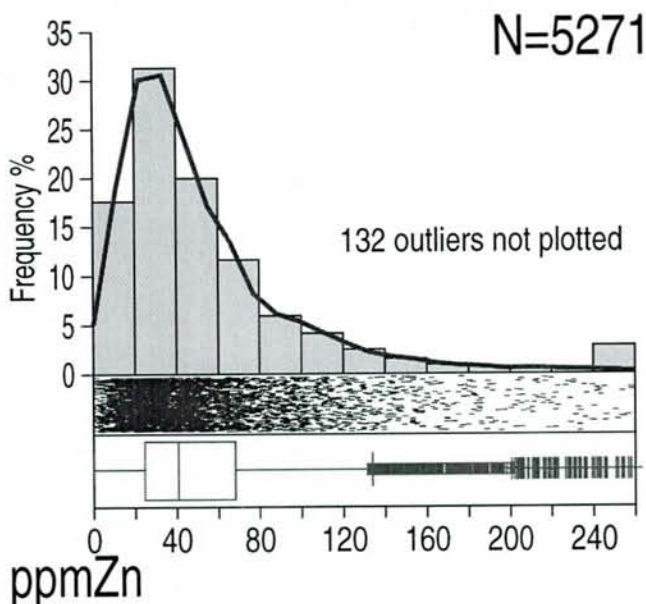
environmental geochemistry: essential

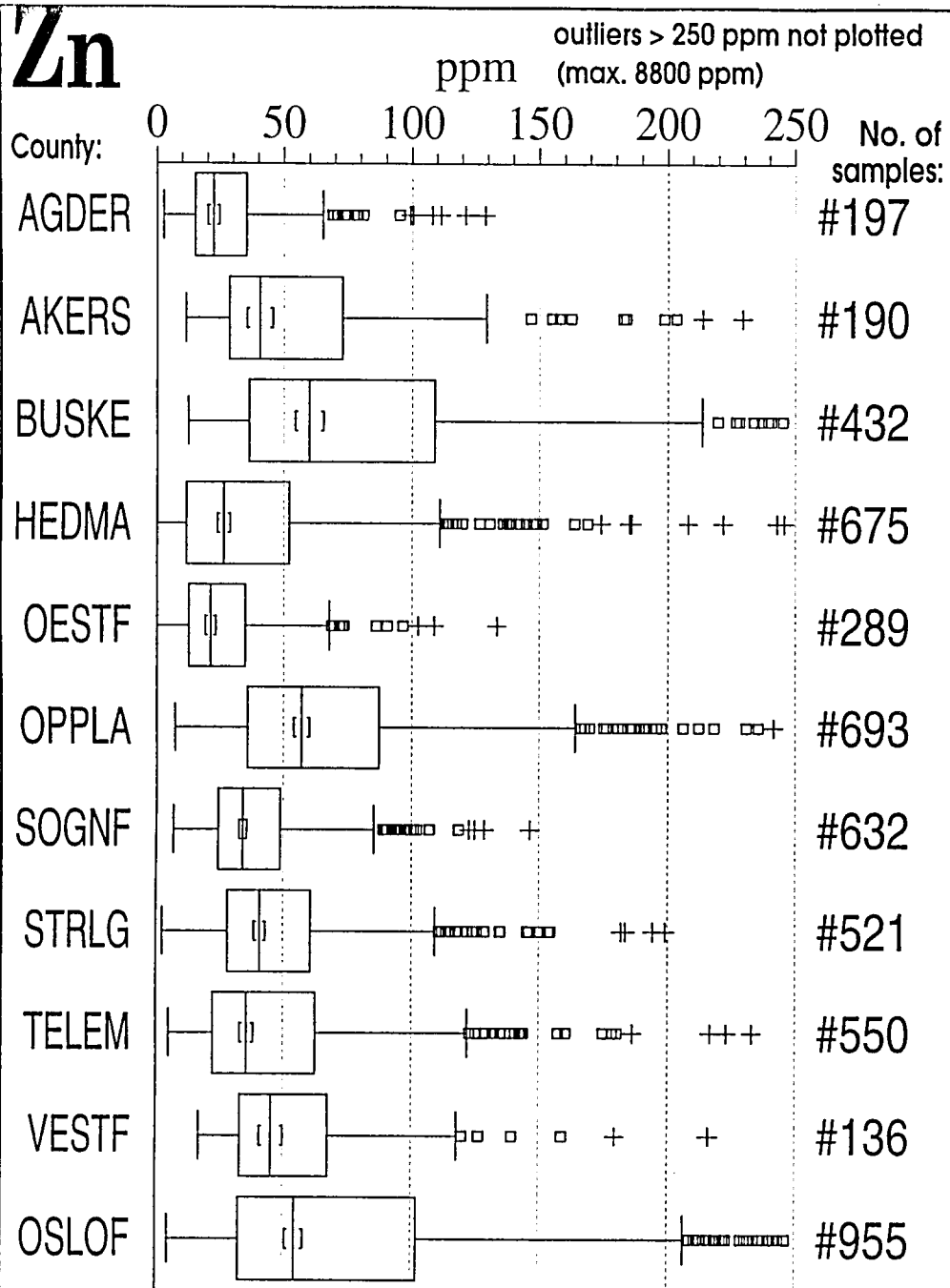
toxicity of Zn generally low, deficiency much more important
can cause toxic symptoms in man in high concentrations
may led to growth depression in plants at levels above 300 ppm soil
action level, soil: 300 ppm

contamination pathway: related to Zn-smelting, other smelters, coal power plants, combustion
via the atmosphere, waste water, solid wastes, mine-runoff
anthropogenic sources more important than geogenic sources

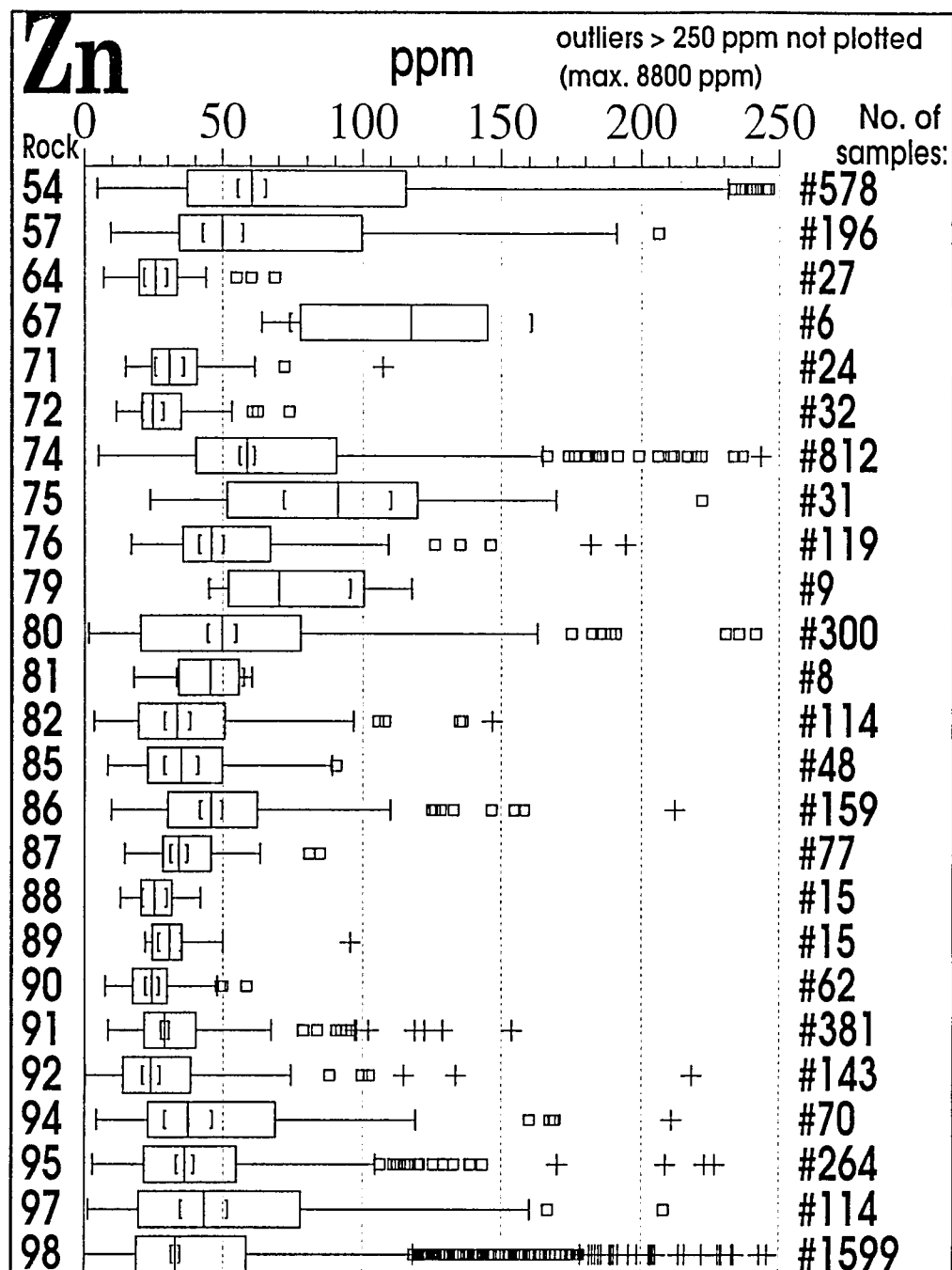
industrial use: galvanizing, alloys, metal, zinc dust, rubber industry, pigment,
chemicals, paint, glass, plastic, lubricants, batteries, pesticidal wood protectant

comments on dataset: data quality considered good





Stream sediments, 7N HNO₃-extraction
Element content and variation in different counties

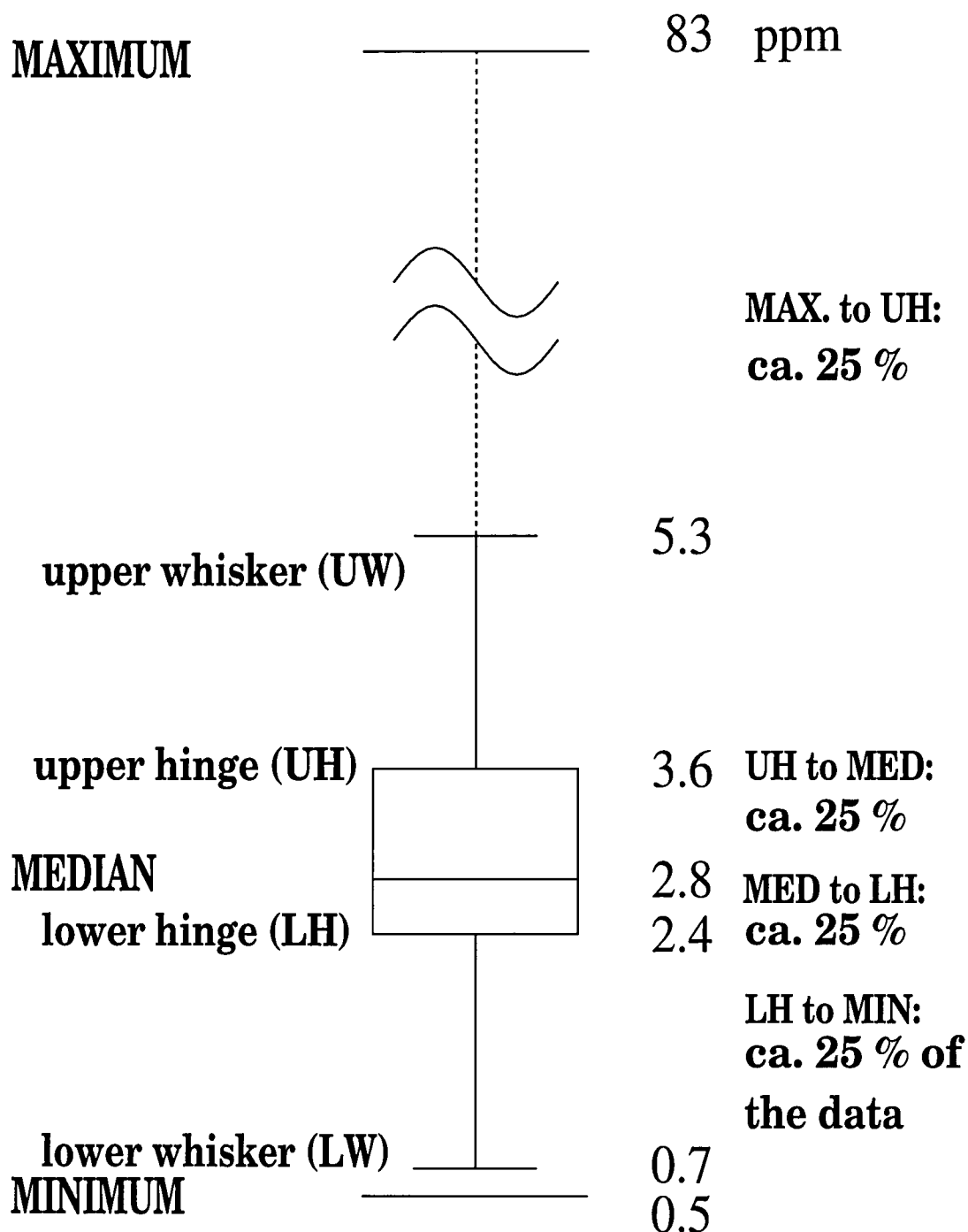


Stream sediments, 7N HNO₃-extraction
Element content and variation in different lithologies

SINK-INNHOLD I PRØVER
fordelt på FYLKER og LITOLOGISK BAKGRUNN
MEDIAN-verdier angitt i PPM
(minimum 4 lokaliteter i et fylke)

BERGART BA-kode	Agder-kyst	Akershus	Buskerud	Hedmark	Oppland	Oslofeltet	Sogn og Fjordane	Østfold	Telemark	Sør-Trøndelag	Vestfold
Dypbergarter 54			142.1			60.3			63.4		49.9
Vulkanske 57			117.6			52.8					40
Sedimentære 64								24.5		30.9	
Sedimentære 67				77.7							
Dypbergarter 72											
Granitt 71										29.2	
Gabbro 72										24.2	
Gabbro 73											
Fyllitt 74			92.7	49.6	63.9	79.3	57.1		44.3	47.5	
Kalkstein 75				91.2	51.2	100.7					
Grønnstein 76				28.2	34.1		30.6			46.2	
Metaryolitt 77											
Gardnosbresten 78											
Tillitt 79				70.2							
Sandstein 80				23.4	64.9					30.9	
Kalkstein 81				35							
Sandstein 82				25.1	40.9		19.1			29.7	
Gneis 85				13.9	47		43.5			22.7	
Charnockittiske 86			58.7		59.3		40.4				
Granitt 87							33.3				
Gabbro 88							24.3				
Ultramafiske 89							27.5				
Vulkanske 90					13.1		27.8			19	
Gneis 91					24.6		30.2			29.8	
Granitt 92	22.9		39.4	12.5	31.2			15.7	23		
Charnockittiske 93											
Gabbro 94	33		53.5			25.7			34.3		
Sandstein 95	14.1		47.6	13.2		44.7			36.4		
Metabasalt 96									51.3		
Metaryolitt 97			82	21.7		65.7			41.5		
Gneis 98	22.2	40.4	53.7	16.5	48.3	39.4	64.7	22.3	30.5		

Explanation of the BOXPLOT



As (N=316)

Definitions:

hinge spread (HS) = UH - LH

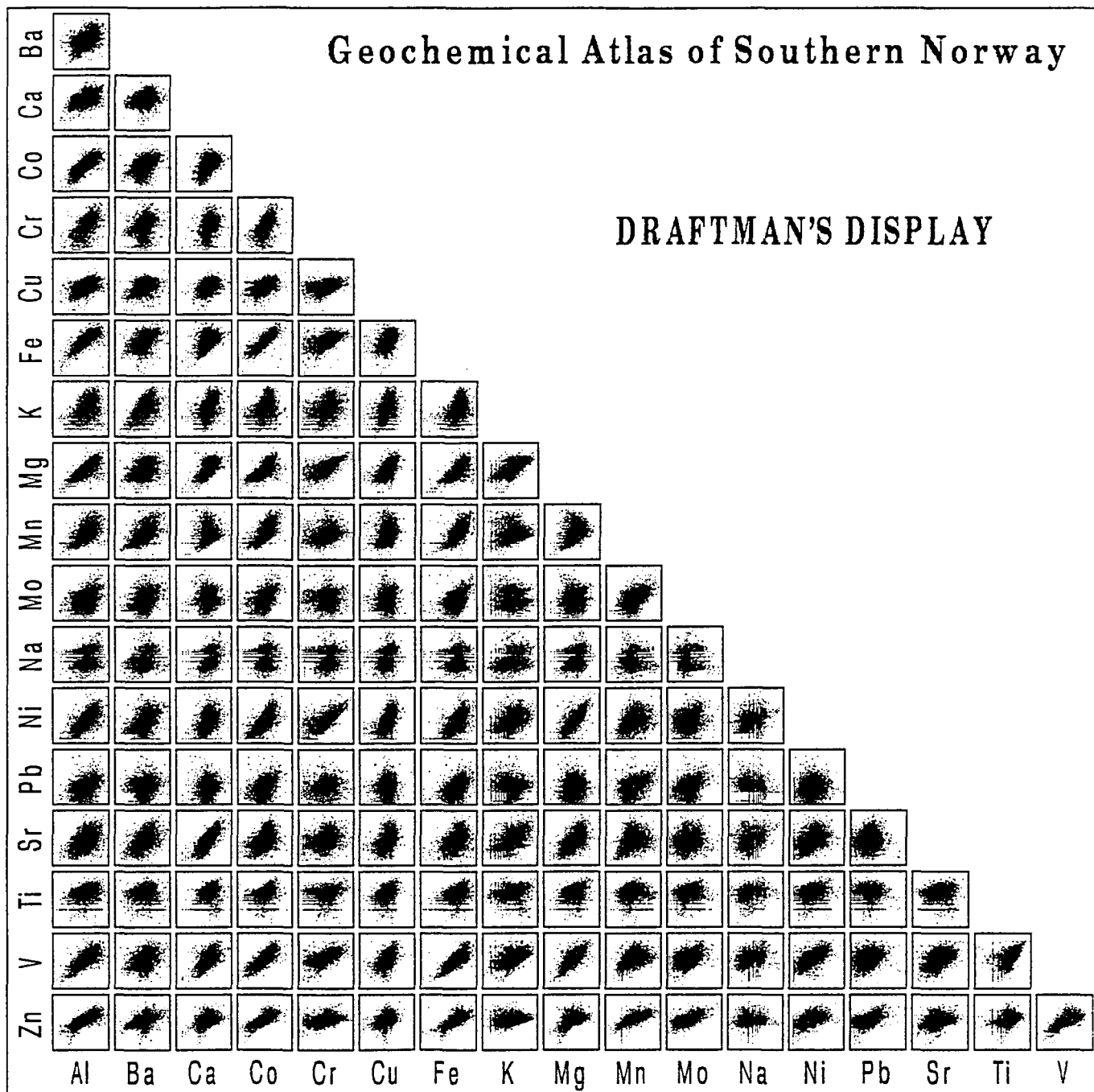
upper whisker = UH + 1.5 x HS

lower whisker = LH - 1.5 x HS

the whiskers are drawn at the last actual data point

Geochemical Atlas of Southern Norway

DRAFTMAN'S DISPLAY



Figur 2. DRAFTMAN'S DISPLAY - scatterdiagram for alle mot alle grunnstoffer som inngår i atlaset.

Tabell 1.

ANTALL PRØVER I DATASETET FORDELT PÅ FYLKER OG BERGART (minimum 4 lokaliteter i et fylke)

BERGART BA-kode	Agder-kyst	Akershus	Buskerud	Hedmark	Oppland	Oslofeltet	Sogn og Fjordane	Østfold	Telemark	Sør-Trøndelag	Vestfold
Dypbergarter 54				35			431			26	82
Vulkanske 57				12			132				51
Sedimentære 64								23			4
Sedimentære 67					5						
Dypbergarter 72											20
Granitt 71											32
Gabbro 72											
Gabbro 73				26	94	272	112	62		8	235
Fyllitt 74					8	13	10				
Kalkstein 75					9	7		8			95
Grønnstein 76											
Metaryolitt 77											
Gardnosbrenksjen 78					7						
Tillitt 79					154	126					17
Sandstein 80					5						
Kalkstein 81					51	46		5			12
Sandstein 82											
Gneis 85					4	8		25			11
Charnockittiske 86				9		53		97			
Granitt 87								77			
Gabbro 88								15			
Ultramafiske 89								15			
Vulkanske 90						5		32			24
Gneis 91						64		251			66
Granitt 92		13		15	5	11			41	57	
Charnockittiske 93											
Gabbro 94		13		28			8				16
Sandstein 95		8		50	30		24				152
Metabasalt 96				18	53						63
Metaryolitt 97							4				39
Gneis 98		162	189	235	247	78	234	19	245	188	

LITOLOGI ifølge " Bergrunnskart, Norge med havområder "

BA-kode BERGART	ALDER
Bergarter fra jordens oldtid	Paleozoikum
54 Dypbergarter	Perm
57 Vulkanske bergarter	Karbon, perm
64 Sedimentære bergarter	Devon
67 Sedimentære bergarter	Tidligdevon
Bergarter fra jordens urtid og oldtid	Prekambrium, paleozoikum
Bergarter omdannet/overskjøvet under den kaledonske fjellkjedefoldingen	Mellomproterozoikum - silur
70 Dypbergarter, vulkanske og sedimentære bergarter	Kambrium - silur
Dypbergarter	Seneste proterozoikum - silur
71 Granitt til tonalitt	Ordovicium, silur
72/73 Gabbro, dioritt, ultramafiske bergarter/Amfibolitt	Seneste proterozoikum - silur
Omdannede vulkanske og sedimentære bergarter	Kambrosilur, delvis senproterozoikum
74 Fyllitt, glimmerskifer, flimmergneis, slamskifer, metasandstein, amfibolitt	Kambrosilur, delvis senproterozoikum
75 Kalkstein, marmor	do.
76 Grønnstein, grønnskifer, amfibolitt, meta-andesitt	do.
77 Metaryolitt, metaryodacitt	do.
78 Nedslagsbreksje, dannet ved meteoritt-treff (Gardnosbreksjen)	Senproterozoikum - tidligordovicium
Omdannede, vesentlig sedimentære bergarter	Senproterozoikum, stedvis mellomproterozoikum
79 Tillitt	Senproterozoikum
80 Sandstein, konglomerat, stedvis slamskifer, vulkanske bergarter	do.
81 Kalkstein, slamskifer, sandstein	do.
82 Metasandstein, hovedsakelig meta-arkose, glimmerskifer	do.
Bergarter fra jordens urtid	Prekambrium
Omdannede bergarter overskjøvet under den kaledonske fjellkjede-foldingen	Proterozoikum
85 Gneis, migmatitt, granitt, omdannede vulkanske og sedimentære bergarter	Mellomproterozoikum
86 Charnockittiske til anorthosittiske bergarter	Tidlig- og mellomproterozoikum

LITOLOGI ifølge " Bergrunnskart, Norge med havområder "

	Bergarter stedvis omdannet/ deformert under den kaledonske fjellkjedefoldingen	Proterozoikum
87	Granitt til tonalitt	Tidlig- og mellomproterozoikum
88	Gabbro, dioritt, amfibolitt, noe anortositt og magneritt	do.
89	Ultramafiske bergarter	do.
90	Omdannede sedimentære og vulkanske bergarter, gneis	do.
91	Gneis, migmatitt, foliert granitt, amfibolitt	do.
	Grunnfjell; stedegne, omdannede bergarter	Proterozoikum
92	Granitt til tonalitt	Tidlig- og mellomproterozoikum
93	Charnockittiske til anorthosittiske bergarter	do.
94	Gabbro, amfibolitt, ultramafiske bergarter	do.
95	Metasandstein, glimmerskifer, konglomerat, gneiser (omdannede sedimentære og vulkanske bergarter	do.
96	Metabasalt, meta-andesitt, amfibolitt	do.
97	Metaryolitt, metaryodacitt	do.
98	Gneis, migmatitt, foliert granitt	do.

Tabell 4. Sammenligning av grunnstoffinnhold i bekkesedimenter, flomsedimenter og noen andre utvalgte store datasett.

Element (mg/kg)	MEDIAN					
	this dataset (S-Norway) <0.18mm 7N HNO3	overbank sediments (Norway) ¹ <0.063mm 7N HNO3	O-horizon forest soils (Norway) ² <2mm 7N HNO3	tills (Finland) ³ <0.063mm aqua regia	soils (England& Wales) ⁴ <2mm aqua regia	worldwide soils <2mm total diss.
Al	8300	16000	1700	13000	27917	80000
Ba	60	63	61	51	121	500
Ca	3600	4600	2200	1700	3278	14000
Co	7	12	2	7	10	10
Cr	5	27	3	28	39	80
Cu	12	22	7	21	18	25
Fe	12700	23200	2100	17000	26786	35000
K	977	1800	810	1700	4626	14000
Mg	2900	6200	1100	4200	3005	9000
Mn	300	300	60	170	577	530
Mo	4	1,6	0,6	0,2	na	1,2
Na	300	200	130	200	242	1
Ni	9	18	3	17	23	20
Pb	9	16	33	3	40	17
Sr	20	28	24	7	27	240
Ti	661	1200	110	1100	na	4000
V	24	39	6	35	na	90
Zn	41	45	42	32	82	70

Data compiled from:

¹ Ottesen et al. (in print).

² Njålstad et al. 1994.

³ Koljonen et al. 1994.

⁴ McGrath og Loveland 1992

Tabell 5, side 1

Gjennomsnittlig innhold av noen utvalgte grunnstoffer i endel bergarter.

Aluminium mg/kg	Al-ores >200000	Shales & schists 91000	Ocean ridge basalts 89000	Gabbros, basalts 83000	Continental crust 80000	Granites, granodiorites 73000	Sandstones 37000	Ultramafic rocks 20000	Limestones 4000
Barium mg/kg	Baryt BaSO4 580000	Granites, Granodiorites 600	Shales & schists 550	Continental crust 500	Gabbros. basalts 330	Sandstones 300	Limestones 90	Ocean ridge basalts 60	Ultramafic rocks 5
Calcium mg/kg	Limestones 380000	Ocean ridge basalts 84000	Gabbros, basalts 74000	Continental crust 30000	Ultramafic rocks 25000	Shales & schists 22000	Sandstones 13000	Granites, granodiorites 9000	
Cobalt mg/kg	Co-ores >3500	Ultramafic rocks 110	Ocean ridge basalts 50	Gabbros, basalts 45	Continental crust 20	Shales & schists 20	Granites, granodiorites 4	Sandstones 0,3	Limestones 0,1
Chromium mg/kg	Cr-ores >300000	Ultramafic rocks 2300	Ocean ridge basalts 300	Gabbros, basalts 250	Shales & schists 100	Continental crust 70	Sandstones 35	Granites, granodiorites 10	Limestones 5
Copper mg/kg	Cu-ores >5000	Gabbros, basalts 90	Ocean ridge basalts 80	Shales & schists 45	Ultramafic rocks 40	Continental crust 30	Granites, granodiorites 12	Limestones 6	Sandstones 2
Iron mg/kg	Fe-ores > 300000	Ultramafic rocks 94000	Gabbros, basalts 86000	Ocean ridge basalts 71000	Shales & schists 55000	Continental crust 33000	Granites, granodiorites 20000	Sandstones 10000	Limestones 5000

Tabell 5, side 2

Potassium mg/kg	Karnalit KCl 524500	Granites, granodiorites 33000	Shales & schists 27000	Continental crust 25000	Sandstones 11000	Gabbros, basalts 8000	Ultramafic rocks 5000	Limestones 3000	Ocean ridge basalt 2000
Magnesium mg/kg	Magnesit MgCO ₃ 288300	Ultramafic rocks 208000	Gabbros, basalts 46000	Ocean ridge basalts 46000	Shales & schists 16000	Continental crust 13000	Sandstones 7000	Granites, granodiorites 5000	Limestones 4000
Manganese mg/kg	Mn-ores >400000	1500	Ocean ridge basalts 1400	Ultramafic rocks 1200	Shales & schists 850	Limestones 700	Continental crust 630	Granites, granodiorites 400	Sandstones 100
Molybdenum mg/kg	Mo-ores >4000	Shales & schists 2	Granites, granodiorites 1,5	Continental crust 1,4	Gabbros, basalts 1,2	Ocean ridge basalts 1,1	Ultramafic rocks 0,3	Limestones 0,3	Sandstones 0,3
Sodium mg/kg	Halite (salt) NaCl 393400	Granites, granodiorites 25000	Continental crust 24000	Ocean ridge basalts 20000	Gabbros, basalts 20000	Sandstones 17000	Shales & schists 13000	Ultramafic rocks 6000	Limestones 6000
Nickel mg/kg	Ni-ores >10000	Ultramafic rocks 2000	Ocean ridge basalts 140	Gabbros, basalts 130	Shales & schists 70	Continental crust 40	Granites, granodiorites 5	Limestones 5	Sandstones 2
Lead mg/kg	Pb-ores >20000	Shales & schists 22	Granites, granodiorites 20	Continental crust 15	Sandstones 10	Limestones 5	Gabbros, basalts 4	Ocean ridge basalts 1	Ultramafic rocks 0,05

Tabell 5, side 3

Strontium mg/kg	Stontianit SrCO ₃ 593500	Limestones 500	Gabbros, basalts 400	Continental crust 260	Shales & schists 250	Granites, granodiorites 220	Ocean ridge basalts 180	Sandstones 100	Ultramafic rocks 10
Titanium mg/kg	Ti-ores >300000	Gabbros, basalts 10000	Ocean ridge basalts 9000	Shales & schists 6000	Continental crust 4000	Ultramafic rocks 3000	Granites, granodiorites 3000	Sandstones 1500	Limestones 400
Vanadium mg/kg	V-ores >3000	Gabbros, basalts 260	Ocean ridge basalts 250	Shales & schists 130	Continental crust 100	Ultramafic rocks 80	Granites, granodiorites 70	Sandstones 20	Limestones 15
Zink mg/kg	Zn-ores >20000	Shales & schists 100	Gabbros, basalts 100	Continental crust 80	Ocean ridge basalts 70	Ultramafic rocks 60	Granites, granodiorites 50	Limestones 40	Sandstones 20

Data compiled from:
Koljonen 1992

Tabell 6. Liste over filer med opprinnelige data lagret permanent ved NGU

F0000010.WK1 HØNEFOSS, KARTBLAD 1815

F0000121.WK1 NORD-GUDBRANDSDAL
F0000122.WK1 SOGN OG FJORDANE, OPPLAND

F0000169.WK1
KARTBLAD HOLMESTRAND
DRAMMEN OG KONGSBERG
PORSGRUNN, SILJAN, SANDEFJORD
TELEMARK
TELEMARK

F0000235.WK1 KYSTEN KARTBLAD ARENDAL
F0000242.WK1 AKERSHUS
F0000243.WK1 BUSKERUD

F0000244.WK1 HEDMARK

F0000245.WK1 TRØNDELAG
F0000246.WK1 ØSTFOLD
F0000247.WK1 OPPLAND
F0000248.WK1 TRØNDELAG

F0000249.WK1 TELEMARK

F0000250.WK1 VESTFOLD

F0000285.WK1 SØR-NORGE (SAMLEFIL)

F0000293.WK1 NORD-ØSTERDAL
F0000295.WK1 NORD-ØSTERDAL
F0000298.WK1 NORD-ØSTERDAL
F0000308.WK1 SOGN OG FJORDANE

Tabell 7. Kilder til informasjoner som gjengis på faktasidene for hvert grunnstoff.

Parameter	Source
Average content, continental crust	
Content in ore	Own estimate
shale/schist	Koljonen 1992
granite/granodiorite	Koljonen 1992
ocean ridge basalt	Koljonen 1992
gabbro/basalt	Koljonen 1992
sandstone	Koljonen 1992
ultramafic rock	Koljonen 1992
limestone	Koljonen 1992
Median content in	
stream sediment, Norway	This report
overbank sediment, Norway	Ottesen et al. (in print)
O-horizon, forest soil, Norway	Njålstad et al., 1994
till, Finland	Koljonen, 1992
soil, England & Wales	McGrath & Loveland, 1992
soil, worldwide	Koljonen, 1992
Action level, soil Germany	Rosenkranz, Einsele, Harreß, 1988
Action level, drinking water Norway	Sosial og helsedepartementet, 1995
Dutch A, B, C levels	in: Rosenkranz/Einsele/Harreß, 1988
«Environmental geochemistry, industrial use» section:	
Adriano, 1986	
Merian, 1991	
Holleman-Wiberg, 1971	

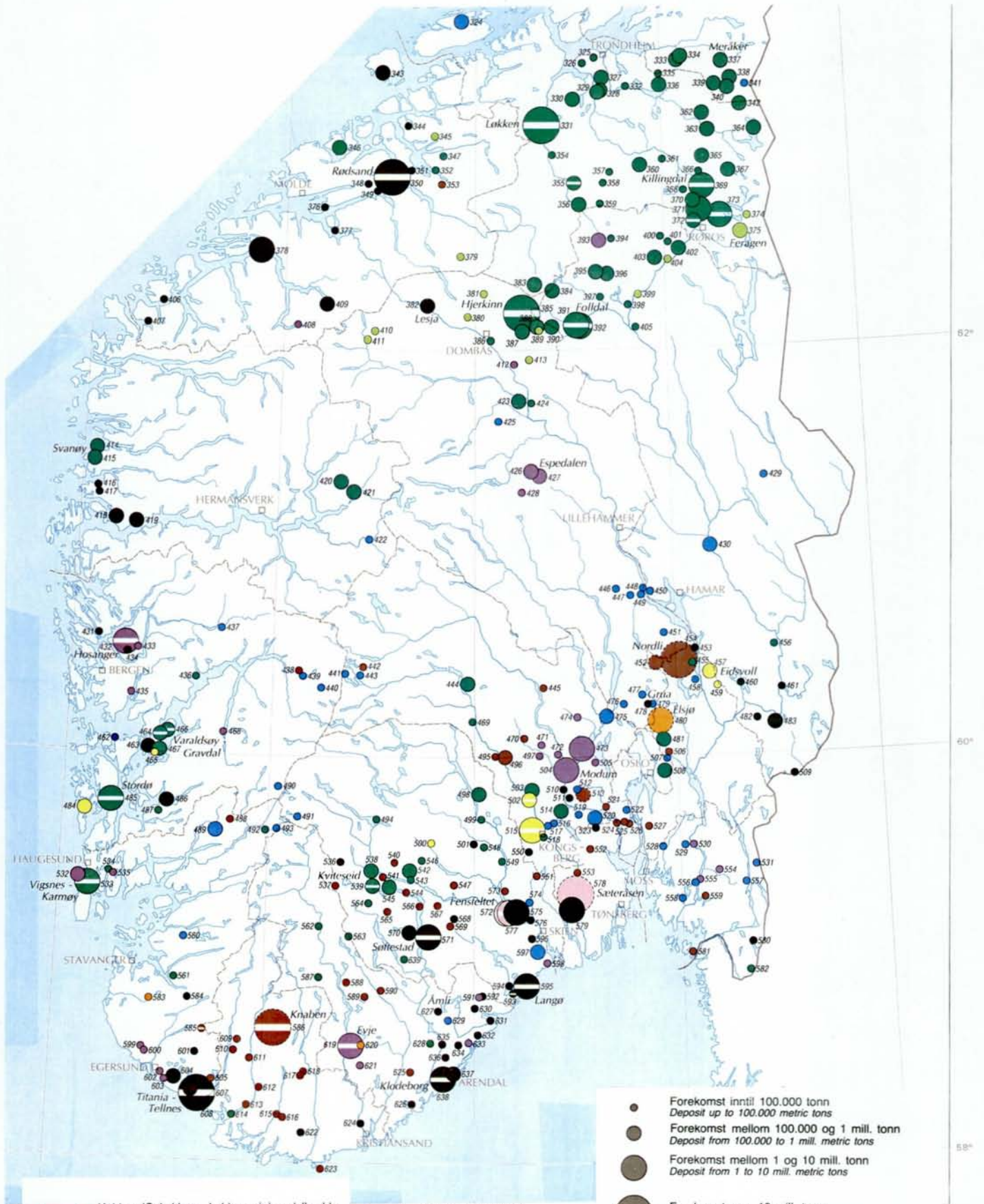
Referanser

- Adriano, D.C. (1986): Trace Metals in the Terrestrial Environment. *Springer*, New York, 533 p.
- Björklund, A. and Gustavsson, N. (1987): Visualization of geochemical data on maps: New options. *J. Geochem. Explor.*, V.29, p. 89-103.
- Davies, B.E. (1980): Trace element pollution. In: B.E. Davies (ed.): Applied soil trace elements. - John Wiley & Sons, *Chichester*, p.297-351.
- Dutter, R., Leitner, T., Reimann, C. und Wurzer, F. (1992): Grafische und geostatistische Analyse am PC.- Beiträge zur Umweltstatistik.- *Schriftenreihe der Technischen Universität Wien*, Bd.29, p.78-88.
- Finne, T. E. (1985): Totalinnholdet og løselighet av 24 grunnstoffer med HNO₃, HCl og hydroksylamin i 159 bekkesedimentprøver fra Østlandet og Trøndelag. *NGU Rapport 85.268*
- Holleman-Wiberg (1971): Lehrbuch der anorganischen Chemie. *Walter de Gruyter & Co*, Berlin, 1209 p.
- Juve, G. og Gust, J (1984): Nasjonalatlas for Norge, kartblad 2.5.1, Malmforekomster, *NGU 1984*.
- Koljonen T. (ed.) (1992): The geochemical atlas of Finland, part 2: till. *Geological Survey of Finland*, Espoo, 218p.
- Kürzl, H. (1988): Exploratory data analysis: recent advances for the interpretation of geochemical data.- *J.Geochem.Explor.* V.30, No.3, p. 309-322.
- McBratney, A.B., Webster, R., McClaren, R.G. and Spiers, R.B. (1982): Regional variation of extractable copper and cobalt in the topsoil of south-east Scotland. *Agronomie 2*, p.969-982.
- McGrath, S.P. (1987): Computerized quality control, statistics and regional mapping of the concentrations of major and trace elements in the soils of England and Wales.- *Soil use and management 3*, p.31-38.
- McGrath, S.P. and Loveland, P.J. (1992): The soil geochemical atlas of England and Wales. *Blackie Academic & Professional*, London, 101 pp.
- Merian, E. (ed) (1991): Metals and their Compounds in the Environment. *VCH, Weinheim*, 1438 p.
- Nilsen, R. (1985): Oversikt over prosjekter med tilhørende rapporter ved geokjemisk avdeling, NGU, for tidsrommet 1957 - 1985. *NGU Rapport 85.270*
- Njåstad, O., Steinnes, E., Bølviken, B., og Ødegård, M. (1994): Landsomfattende kartlegging av elementsammensetning i naturlig jord: Resultater fra prøver innsamlet i 1977 og 1985 oppnådd ved ICP emisjonsspektrometri. *NGU Rapport 94.027*
- Nordgulen, Ø. (1996): Geochemical atlas of southern Norway. *NGU - Internt notat 11.04.1996*
- O'Connor, P.J., Reimann, C. and Kürzl, H. (1988): An application of exploratory data analysis techniques to stream sediment surveys for gold and associated elements in County Donegal, Ireland.- in: *MacDonald, D.R. and Mills, K.A.(eds.): Prospecting in areas*

- of glaciated terrain 1988*; The Canadian Institute of Mining and Metallurgy, p.449-467.
- O'Connor, P.J. and Reimann, C. (1993): Multielement regional geochemical reconnaissance as an aid to target selection in Irish Caledonian terrains.- *Journal of Geochemical Exploration, Vol.47*, Nos.1-3, p. 63-89.
- Ottesen, R.T., Bogen, J., Bølviken, B., Volden, T. (in print): Geochemical Atlas of Norway. *Geological Survey of Norway and Norwegian Water Resources and Energy Administration*, Oslo.
- Reimann, C. and Wurzer, F. (1986): Monitoring accuracy and precision - improvements by introducing robust and resistant statistics. *Mikrochimica Acta 1986 II*, No.1-6, p.31-42.
- Reimann, C. (1989): Reliability of geochemical analyses: recent experiences.- *Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy, 98*, B123-B130.
- Rock, N.M.S. (1988): Numerical Geology. Lecture Notes in *Earth Sciences*, V. 18, Springer, Berlin, 427p.
- Rosenkranz/Einsele/Harreß (Hrsg.) (1988): Boden schutz. Erich Schmidt Verlag, Berlin 2 Bd. P.0005-9700.
- Sigmond, E. M.O (1993): Berggrunnskart Norge med havområder, *NGU 1993*
- Sosial- og helsedepartementet (1995): Forskrift om vannforsyning og drikkevann m.m. Lov av 1. Januar 1995.
- Tukey J.W. (1977): Exploratory Data Analysis. Addison-Wesley, *Reading*, 506p.
- Velleman, P.F and Hoaglin, D.C. (1981): Applications, basics and computing of Exploratory Data Analysis.- *Duxbury press*, Boston, Mass.
- Wolden, O. (1992): Oversikt over geokjemiske undersøkelser i perioden 1955 - 1991. *NGU Rapport 92.280*

ORE DEPOSITS IN SOUTHERN NORWAY

from: Juve G. and Gust J. (1984): Nasjonalatlas for Norge




































- Kobber (Cu), kis m. kobber, sink og/eller bly
Copper, pyrites w. copper, zinc and/or lead
- Sink (Zn), bly (Pb)
Zinc, lead
- Jern (Fe), titan (Ti), mangan (Mn)
Iron, titanium, manganese
- Molybden (Mo), wolfram (W), vismut (Bi)
Molybdenum, tungsten, bismuth
- Nikkel (Ni), kobolt (Co)
Nickel, cobalt

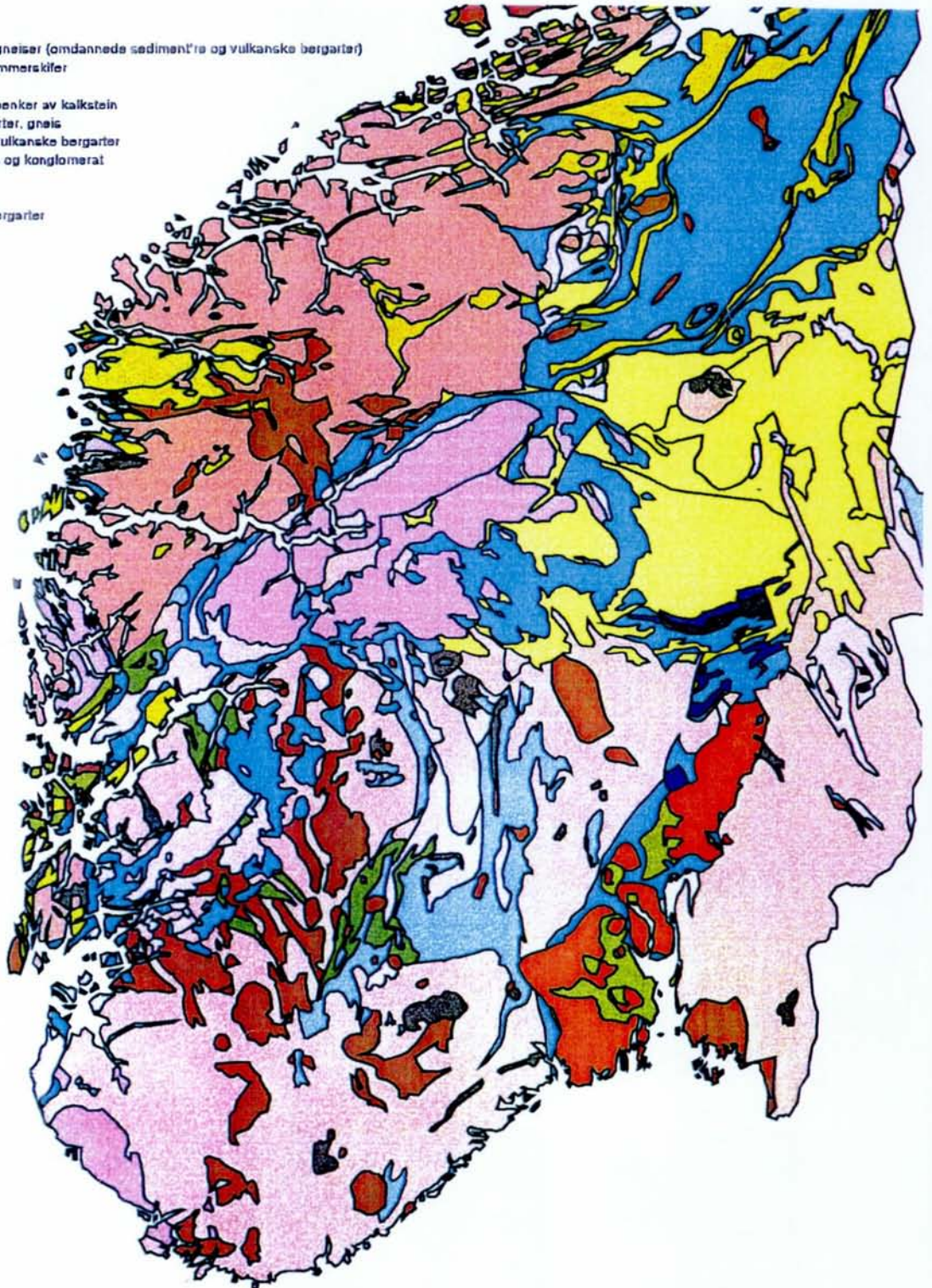
- Gull (Au), sølv (Ag)
Gold, silver
- Uran (U), thorium (Th)
Uranium, thorium
- Arsen (As), antimon (Sb)
Arsenic, antimony
- Sjeldne jordarter, niob (Nb)
Rare earth elements, niobium
- Krom (Cr)
Chromium

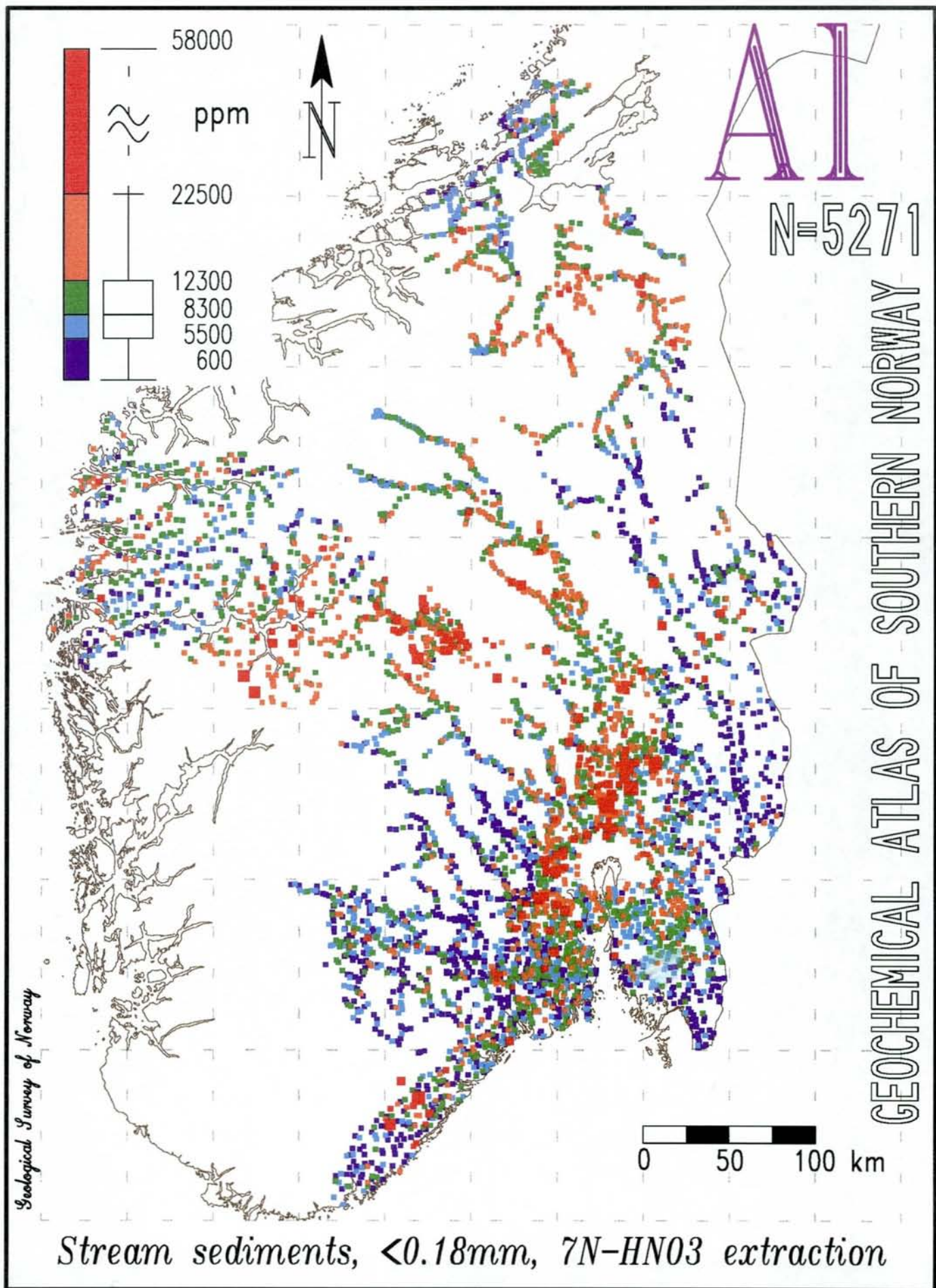
- Forekomst inntil 100.000 tonn
Deposit up to 100.000 metric tons
- Forekomst mellom 100.000 og 1 mill. tonn
Deposit from 100.000 to 1 mill. metric tons
- Forekomst mellom 1 og 10 mill. tonn
Deposit from 1 to 10 mill. metric tons
- Forekomst over 10 mill. tonn
Deposit larger than 10 mill metric tons
- Gruver i drift/tidvis drevet etter 1945
Deposit mined after 1945
- Forekomst med spesielt lavt metallinnhold
Deposit with very low metal content

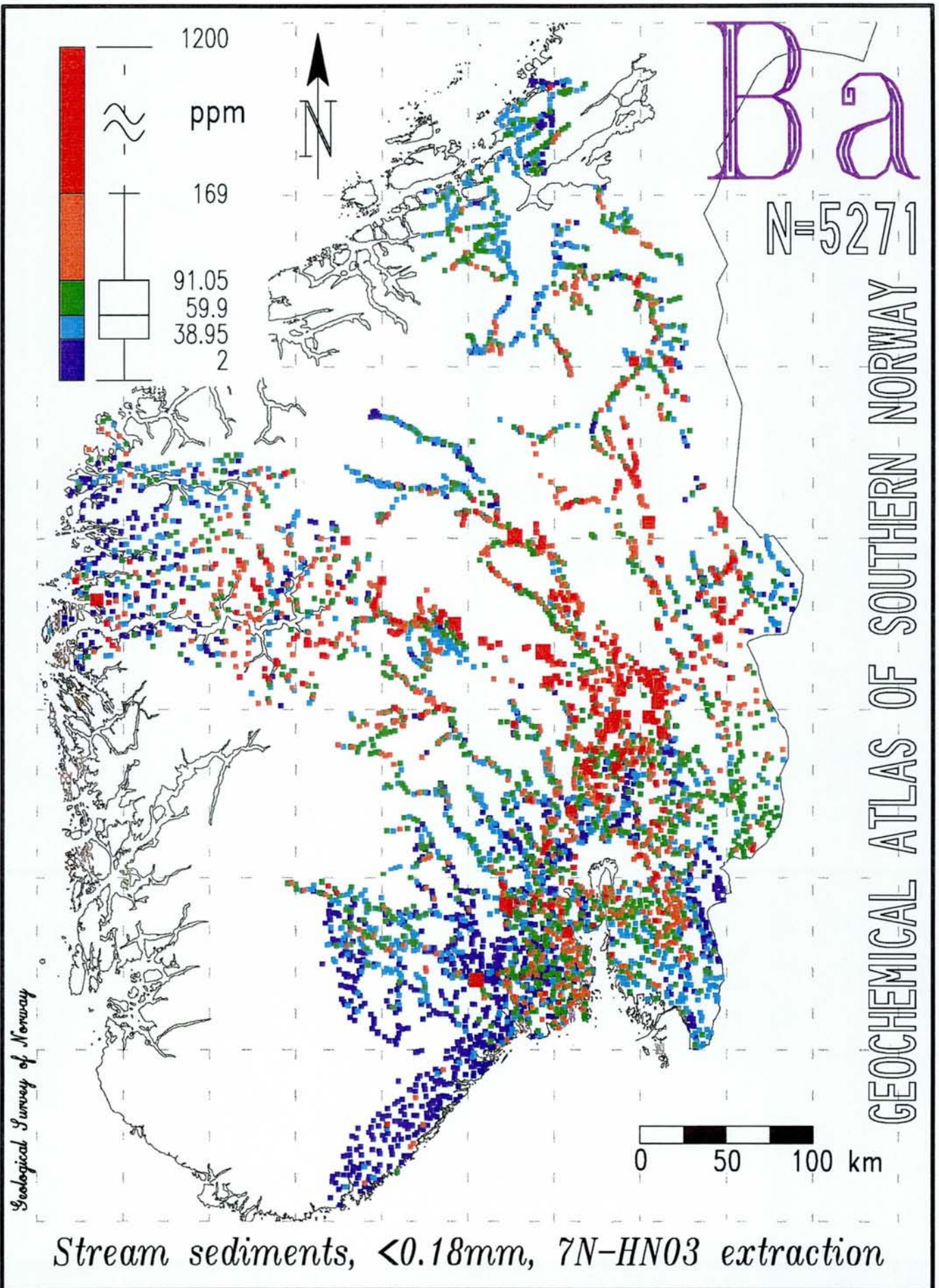
BEDROCK MAP - SOUTHERN NORWAY

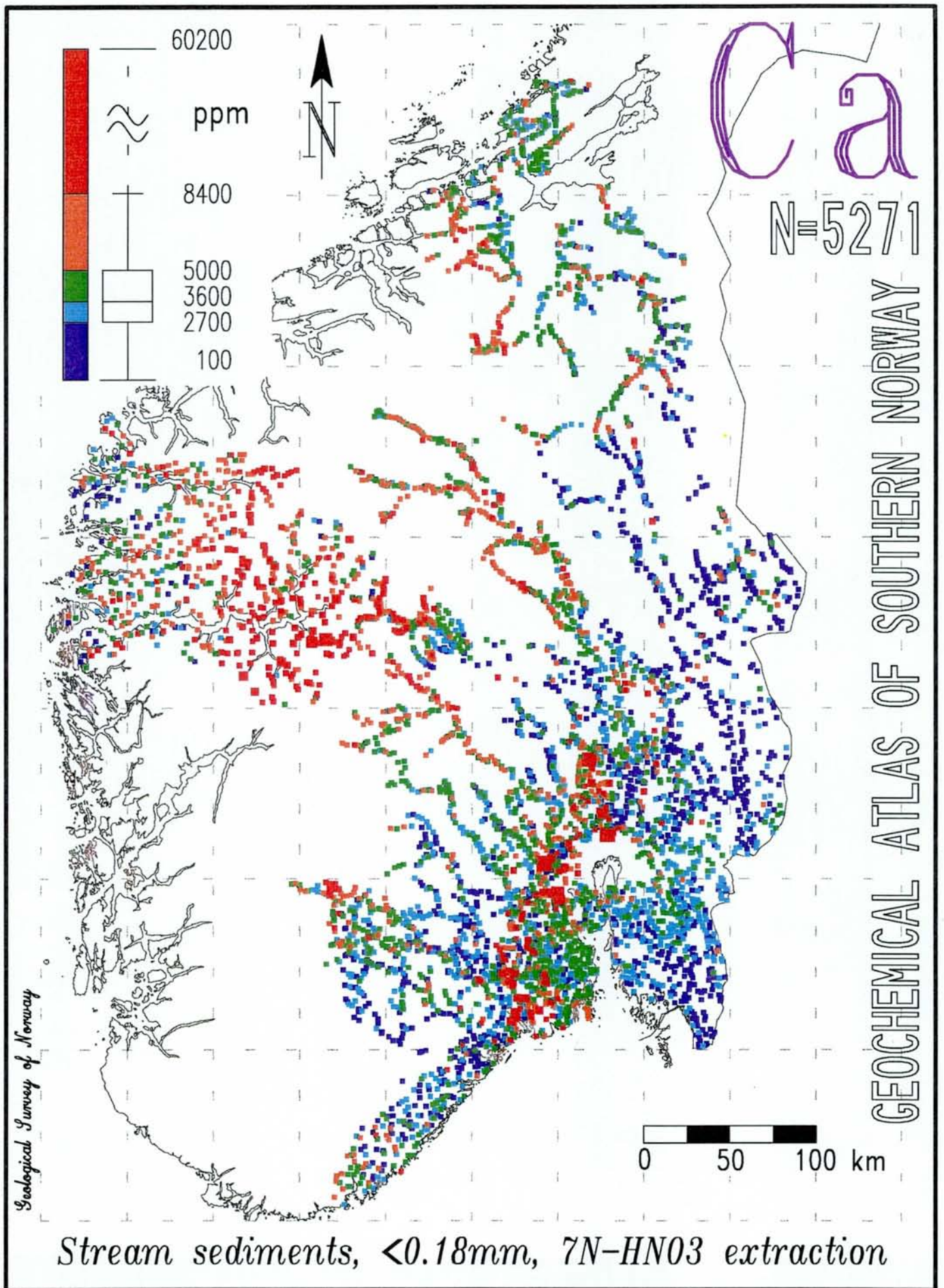
compiled from: Sigmund E.M.O (1992): *Bedrock Map, Norway and adjacent ocean areas*

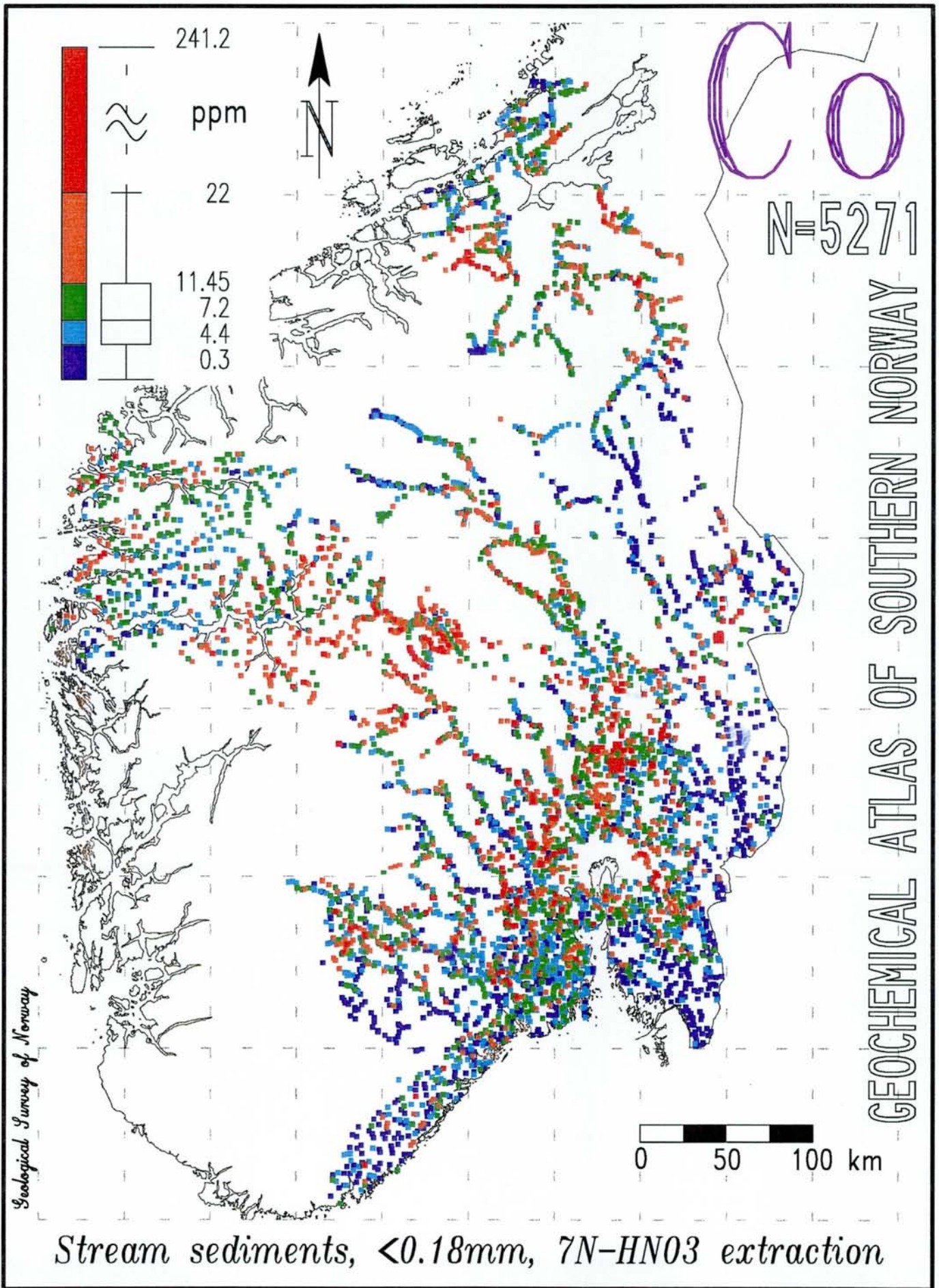
-  Charnokittiske til anorthosittiske bergarter
-  Dypbergarter
-  Dypbergarter, vulkanske og sedimentære bergarter
-  Fyllitt, glimmerskifer, glimmergneis, slamskifer, metasandstein, amfibolitt
-  Gabbro, amfibolitt, ultramafiske bergarter
-  Gabbro, dioritt
-  Gabbro, dioritt, amfibolitt, noe anortositt og mangertitt
-  Gardnosbrekjen, meteorkrater
-  Glimmergneis, glimmerskifer, amfibolitt
-  Gneis, migmatitt
-  Gneis, migmatitt, foliert granitt
-  Gneis, migmatitt, foliert granitt, amfibolitt
-  Gneis, migmatitt, granitt, omdannede vulkanske og sedimentære bergarter, udifferensierbare
-  Granitt
-  Granitt til tonalitt
-  Granulitt (høytrykksomdannede bergarter)
-  Grønnstein, grønskifer, amfibolitt, meta-andesitt
-  Kalkstein, marmor
-  Kalkstein, slamsstein, sandstein
-  Leirstein, siltstein, noe sandstein
-  Metarhyolitt, metarhyodacitt
-  Metabasalt, meta-andesitt, amfibolitt
-  Metarhyolitt, metarhyodacitt
-  Metasandstein, glimmerskifer, konglomerat, gneiser (omdannede sedimentære og vulkanske bergarter)
-  Metasandstein, hovedsaklig meta-arkose, glimmerskifer
-  Monzonitt
-  Mirk slamsstein og leirstein, siltstein, enkelte benker av kalkstein
-  Omdannede sedimentære og vulkanske bergarter, gneis
-  Sandstein, konglomerat, stedvis slamskifer, vulkanske bergarter
-  Sedimentære bergarter, hovedsaklig sandstein og konglomerat
-  Tillitt
-  Ultramafiske bergarter
-  Vulkanske bergarter, med noe sedimentære bergarter

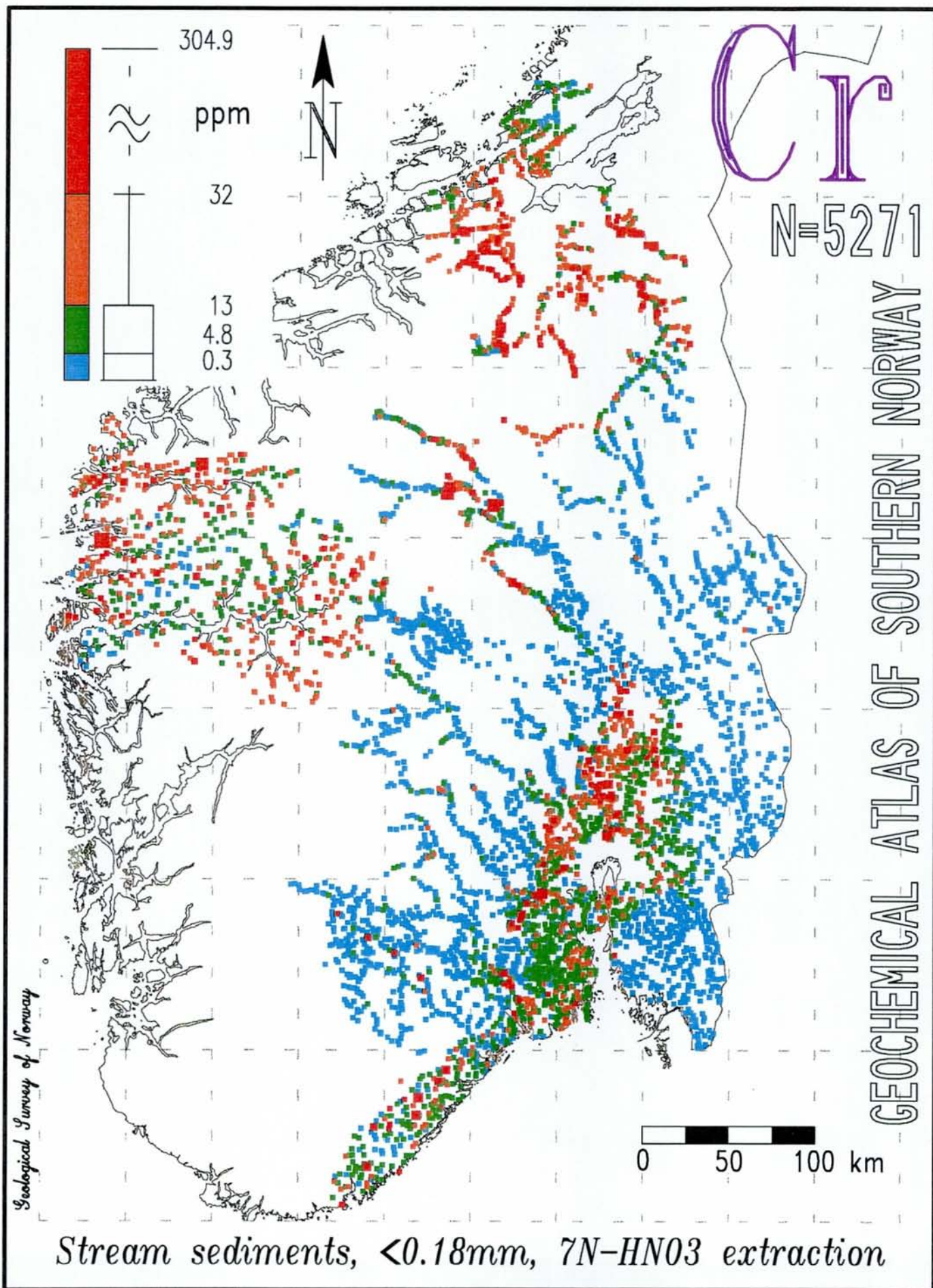


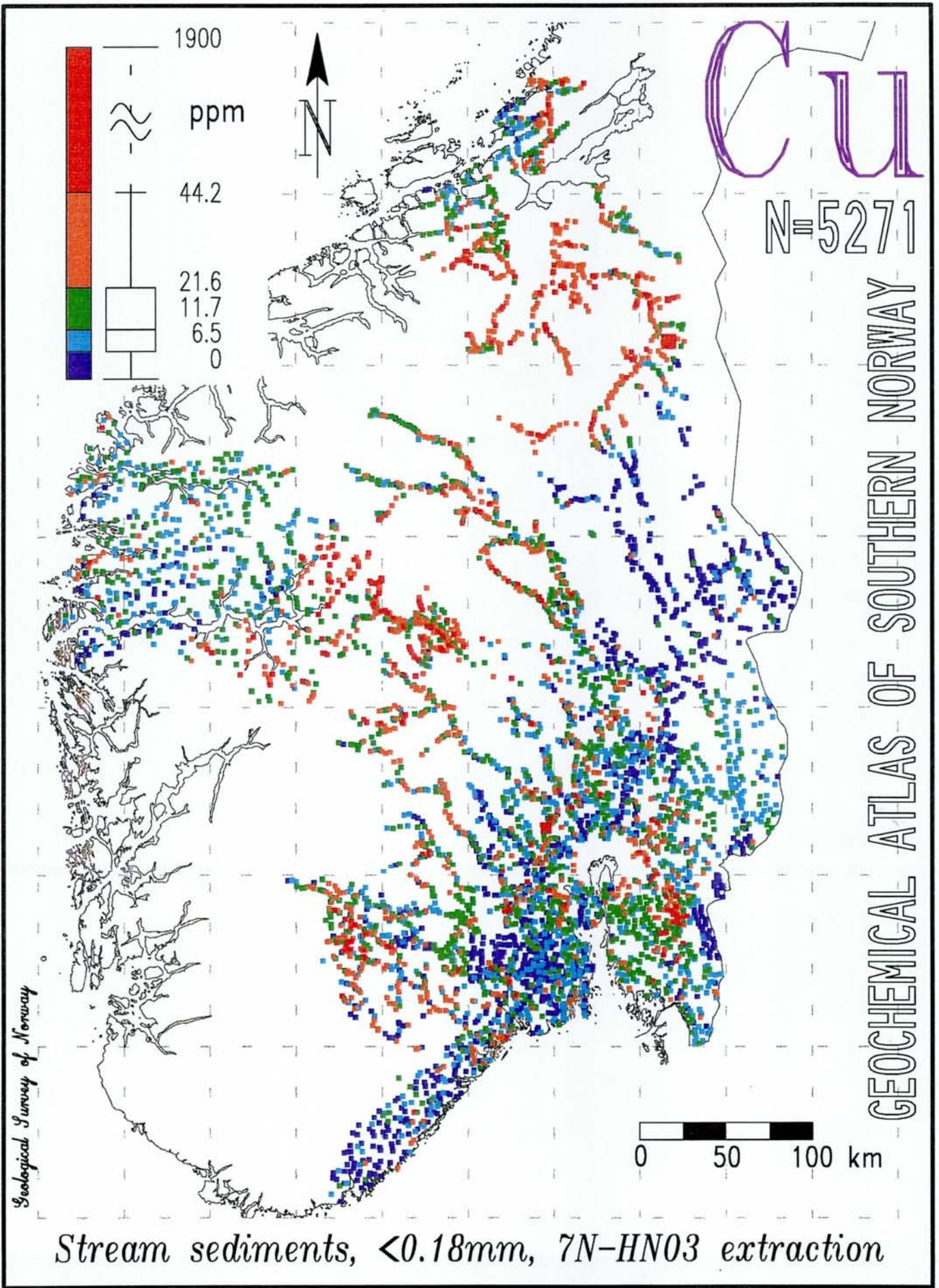


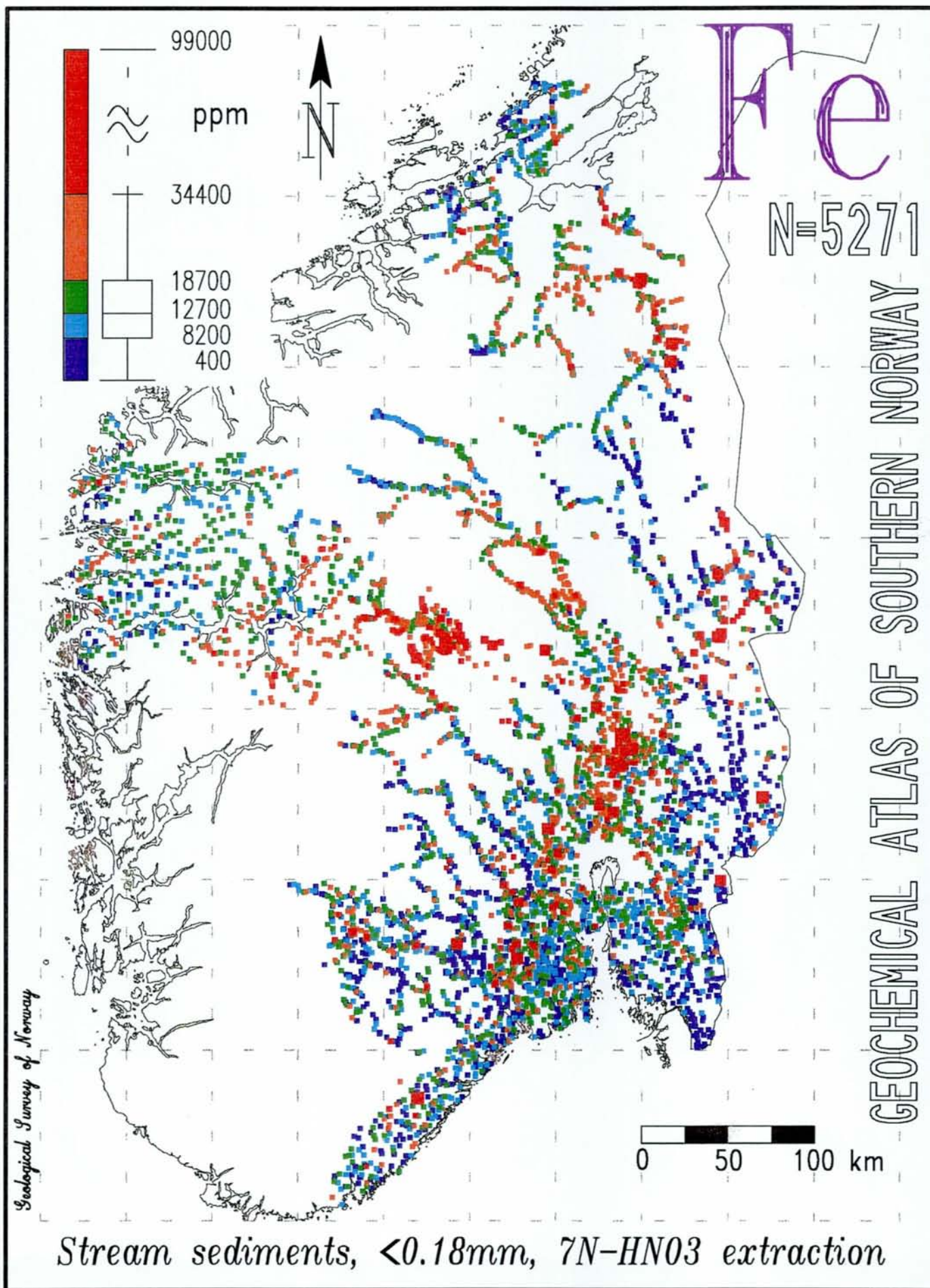


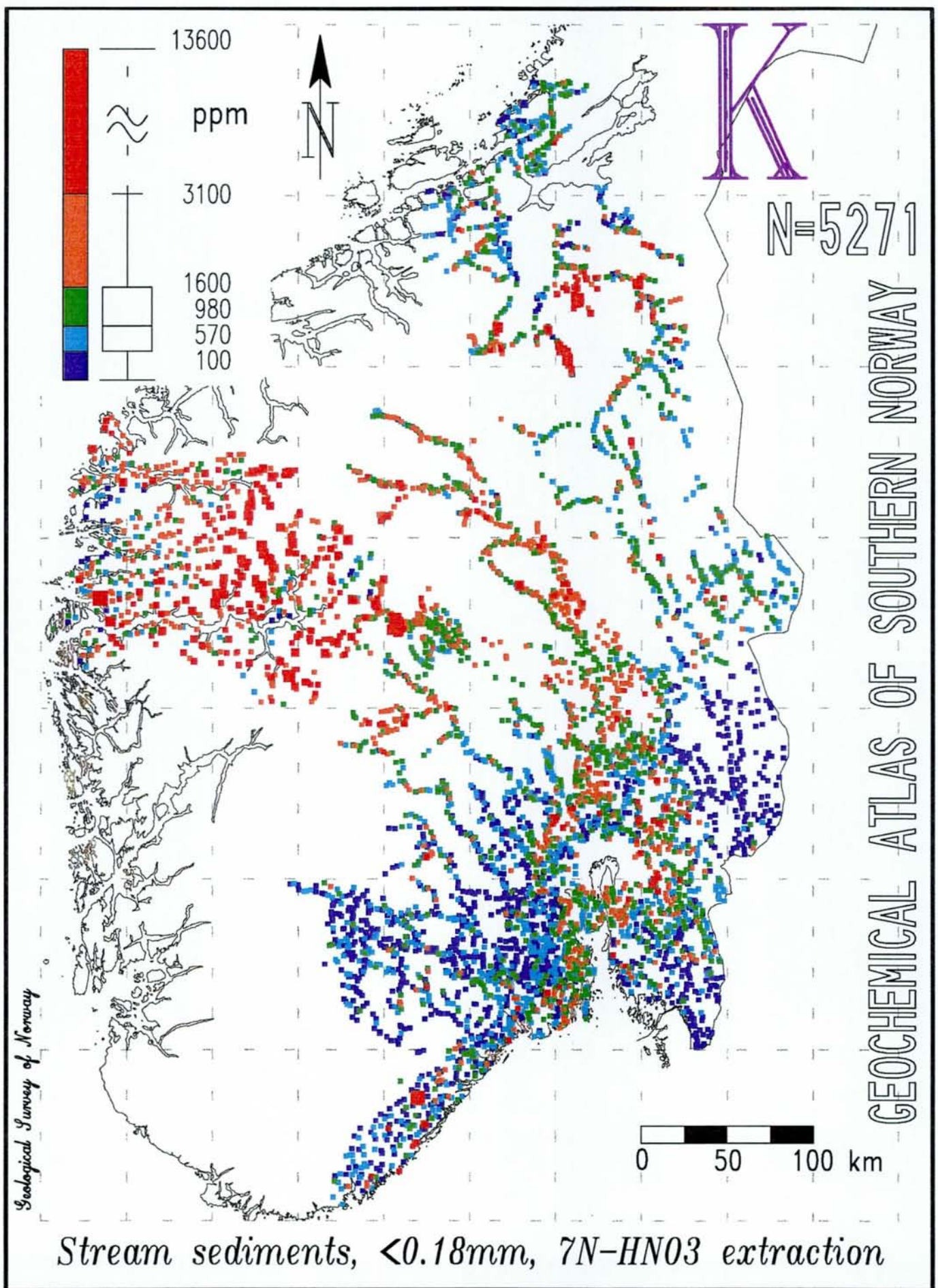








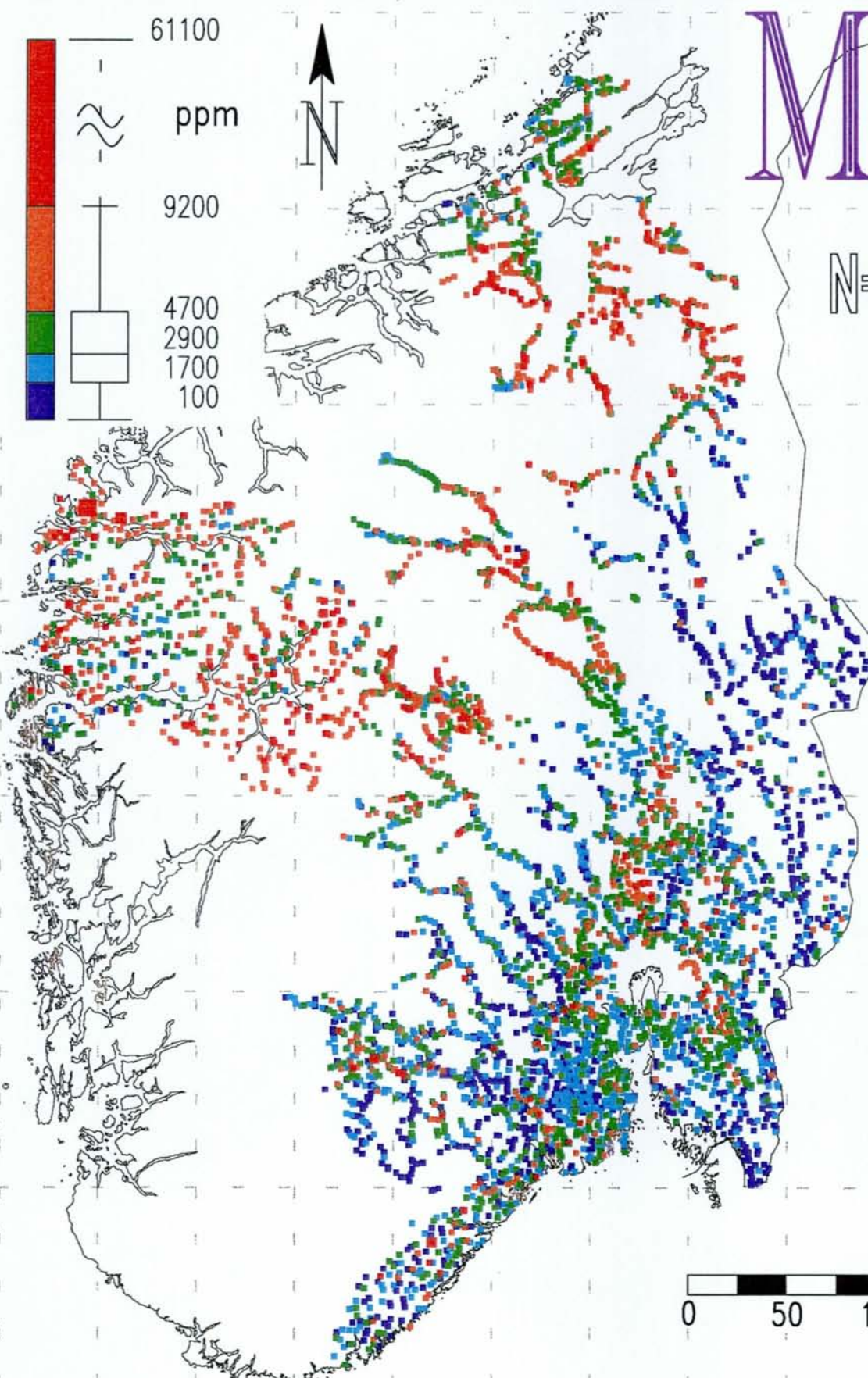
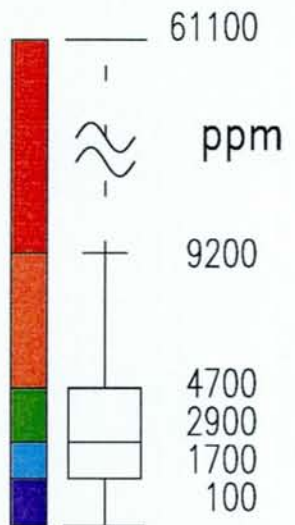




Mg

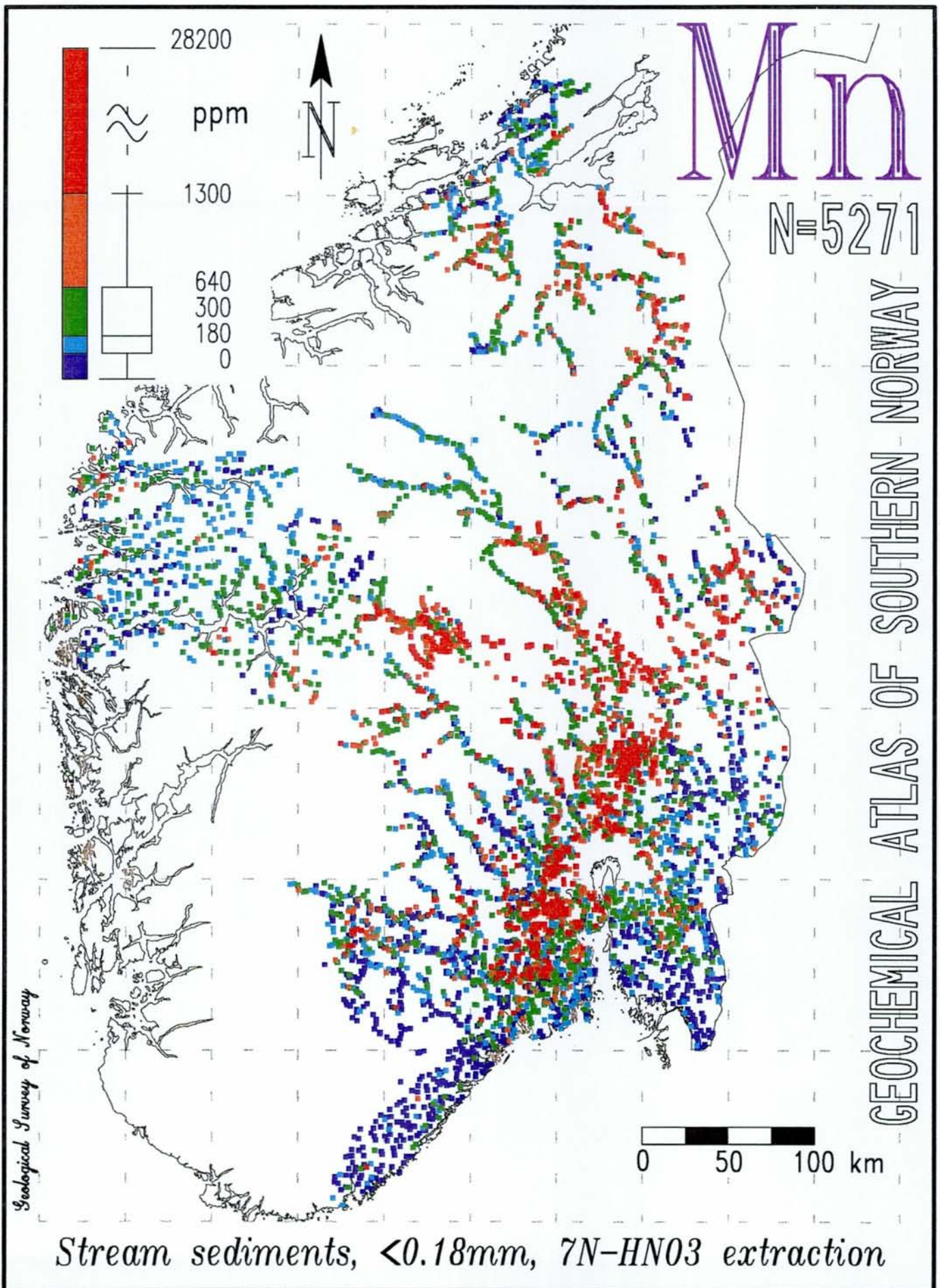
N=5271

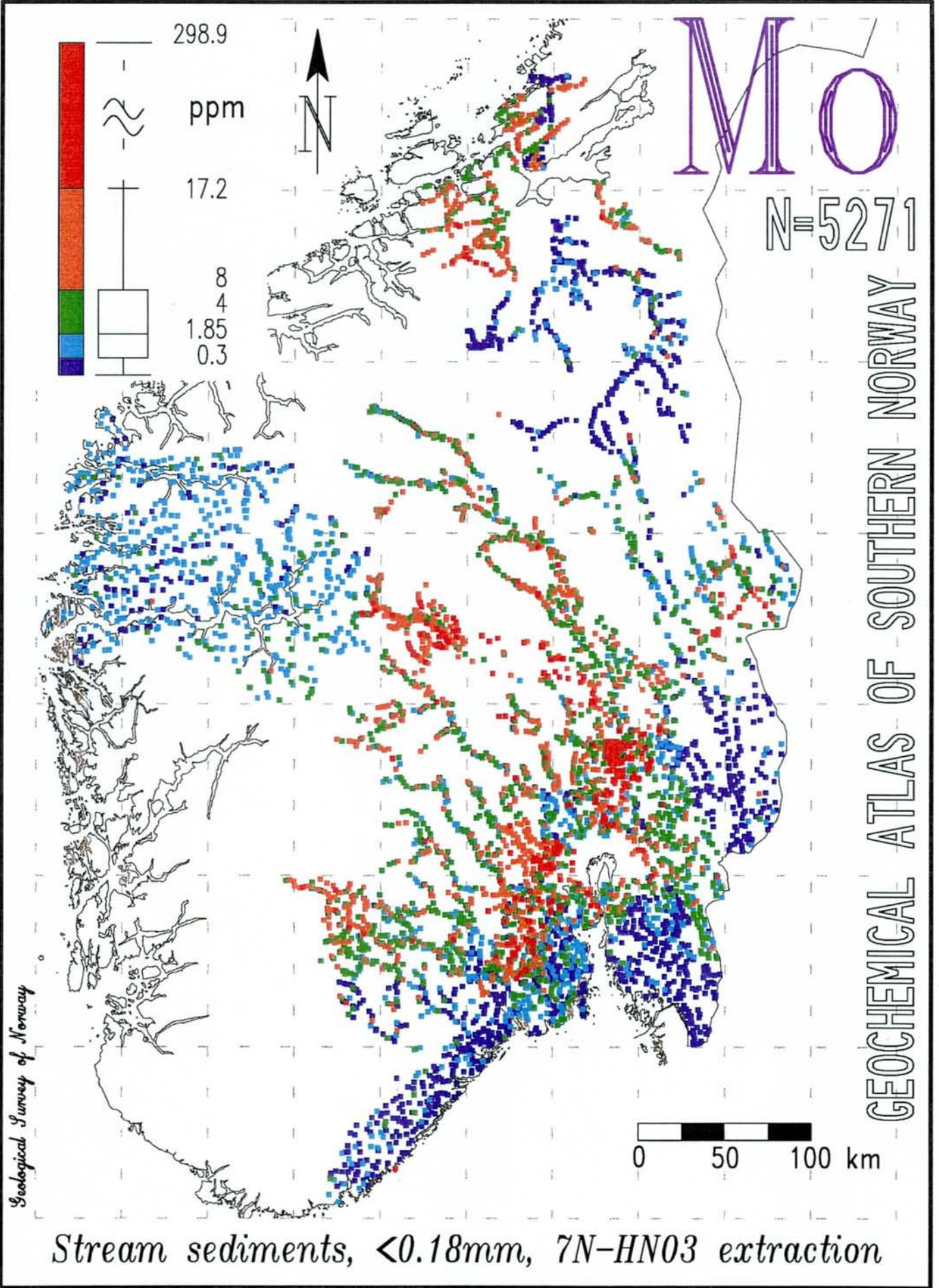
GEOCHEMICAL ATLAS OF SOUTHERN NORWAY

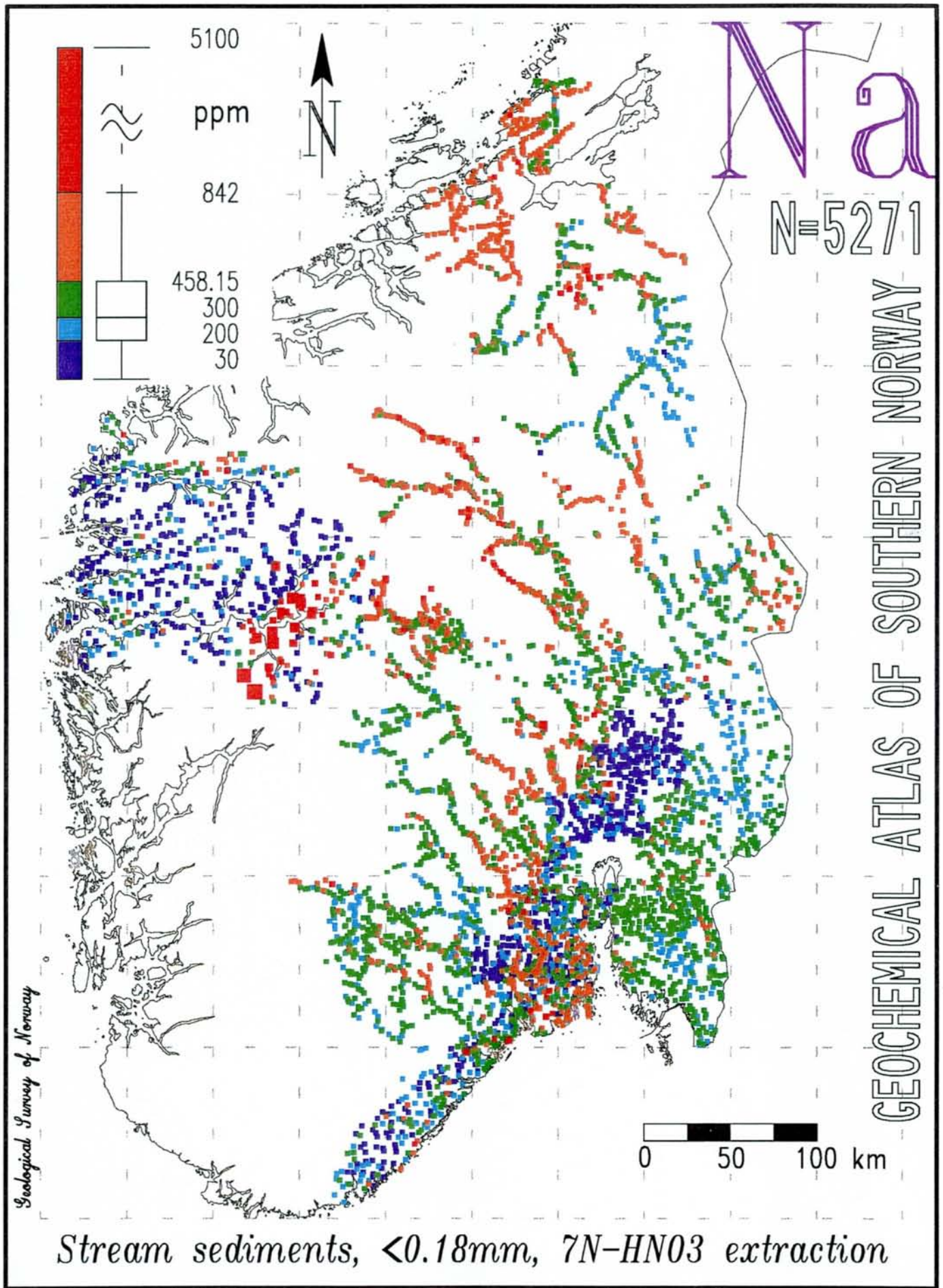


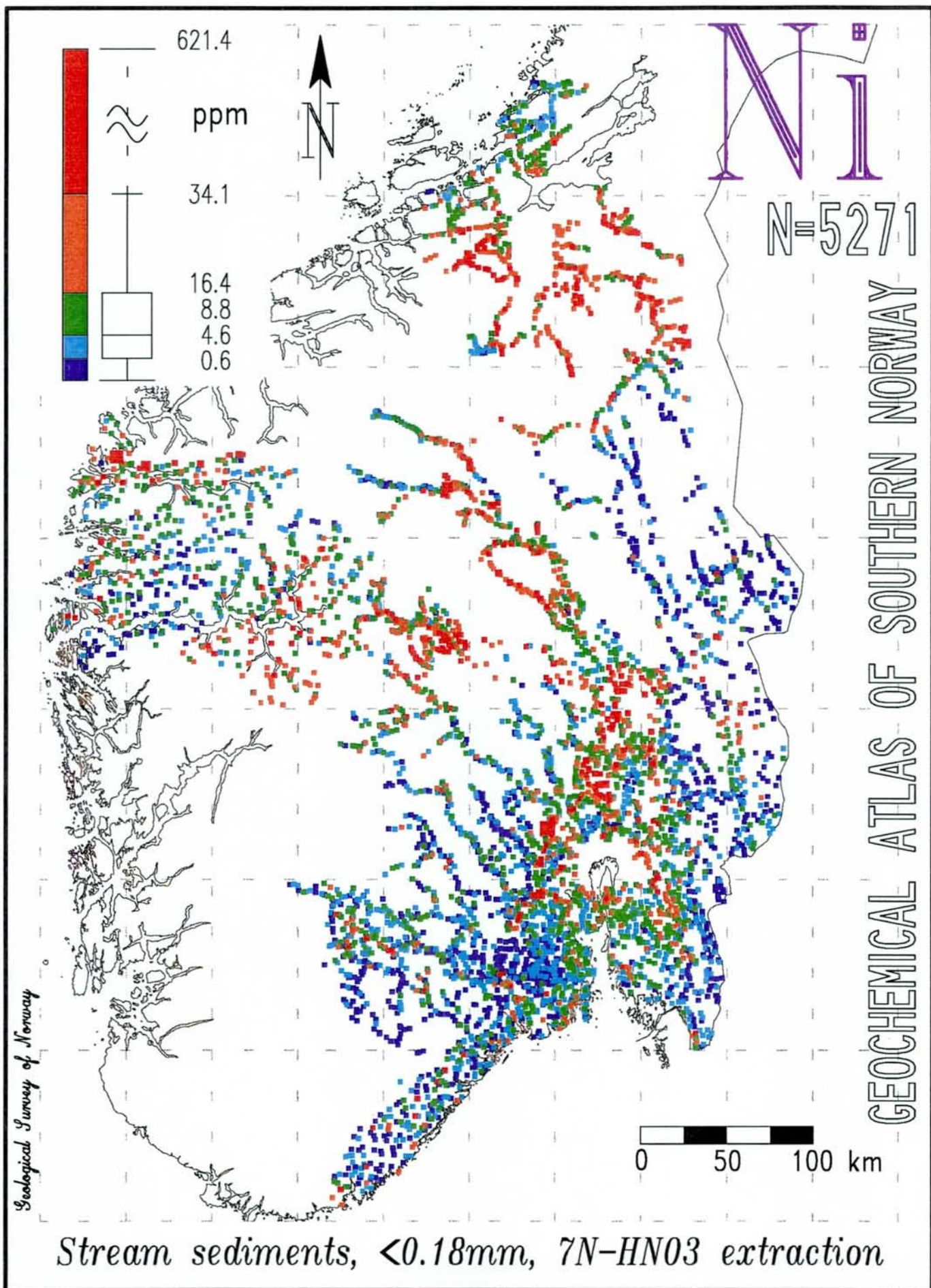
Geological Survey of Norway

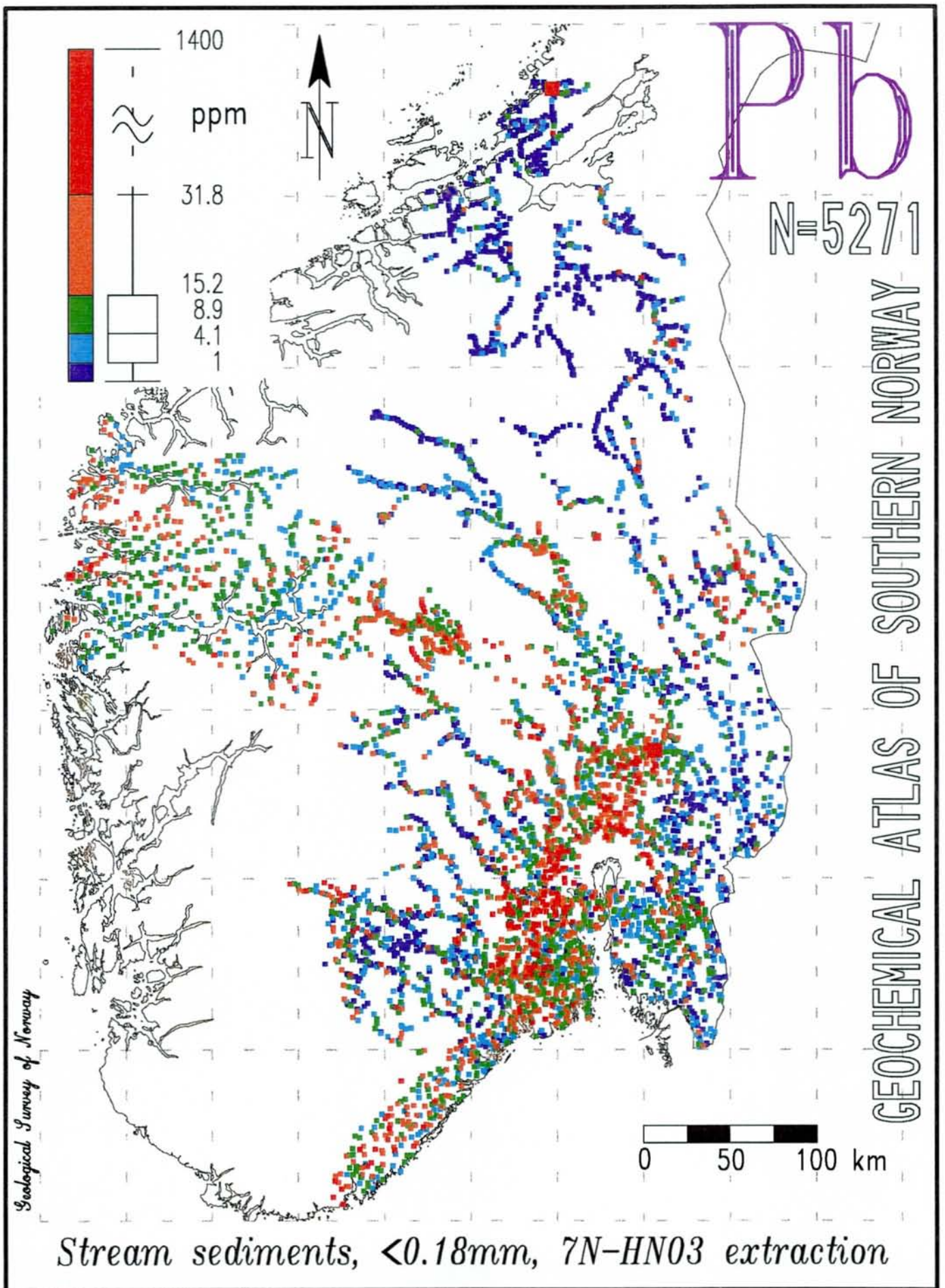
Stream sediments, <0.18mm, 7N-HNO3 extraction

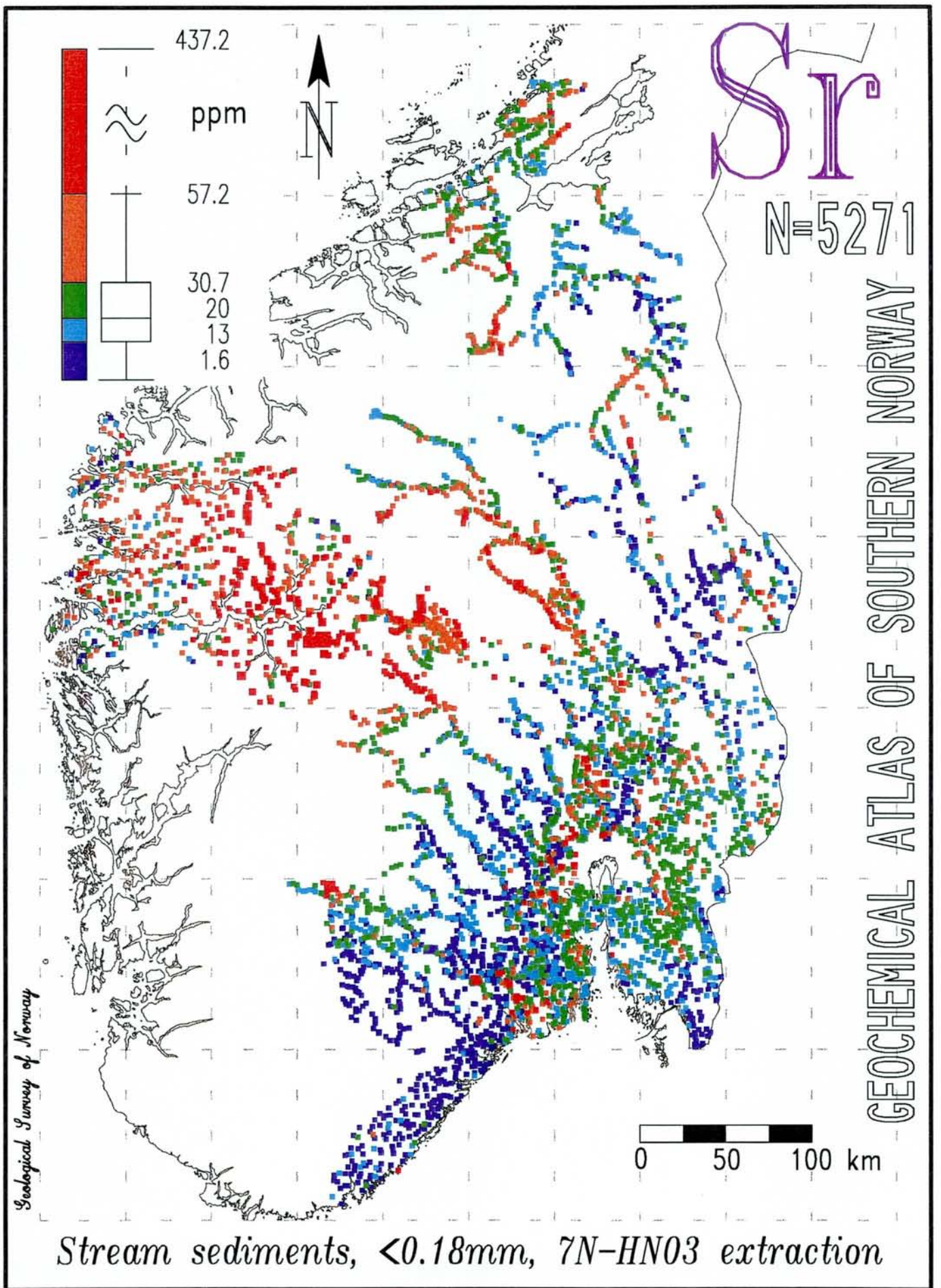


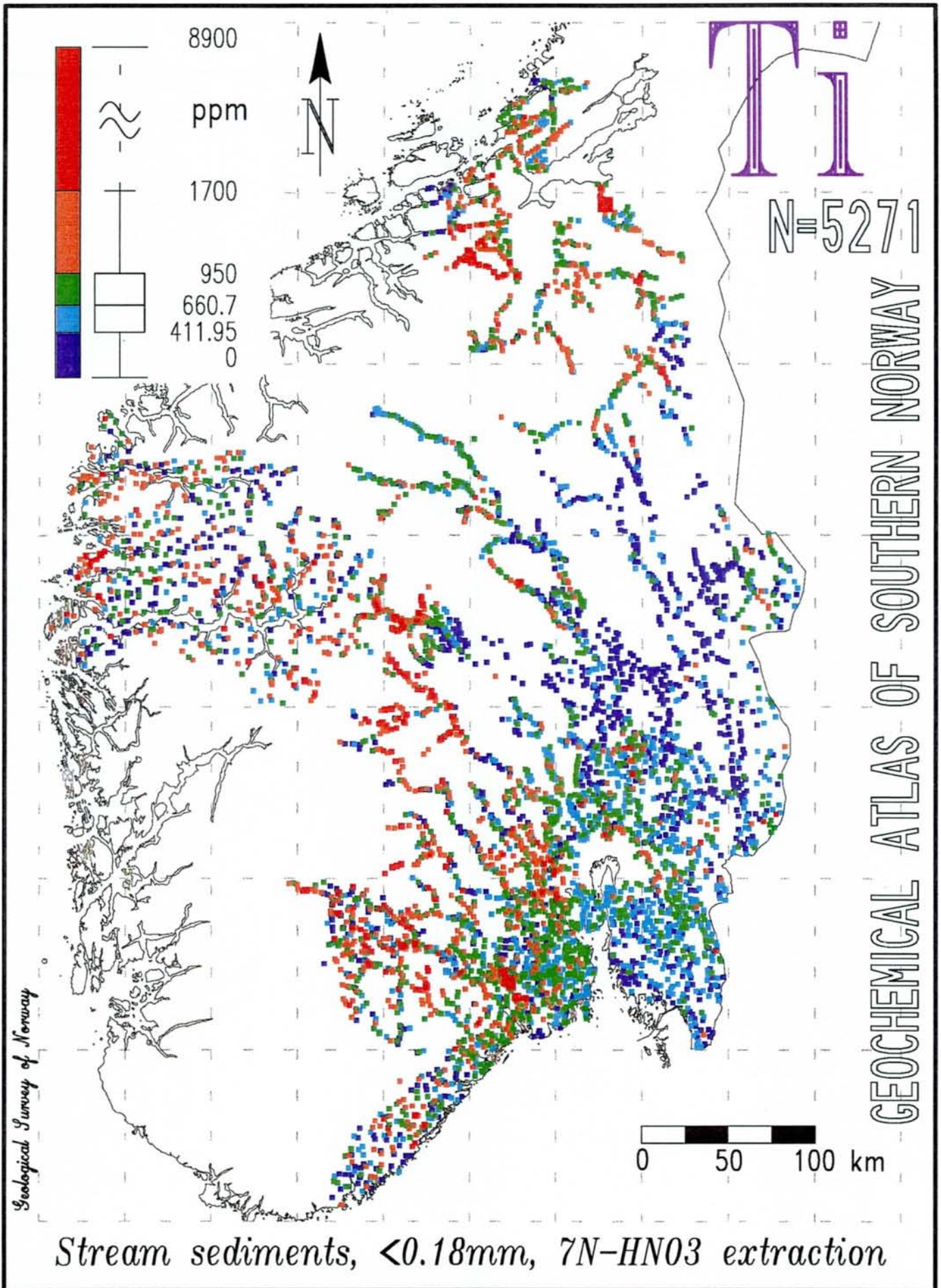


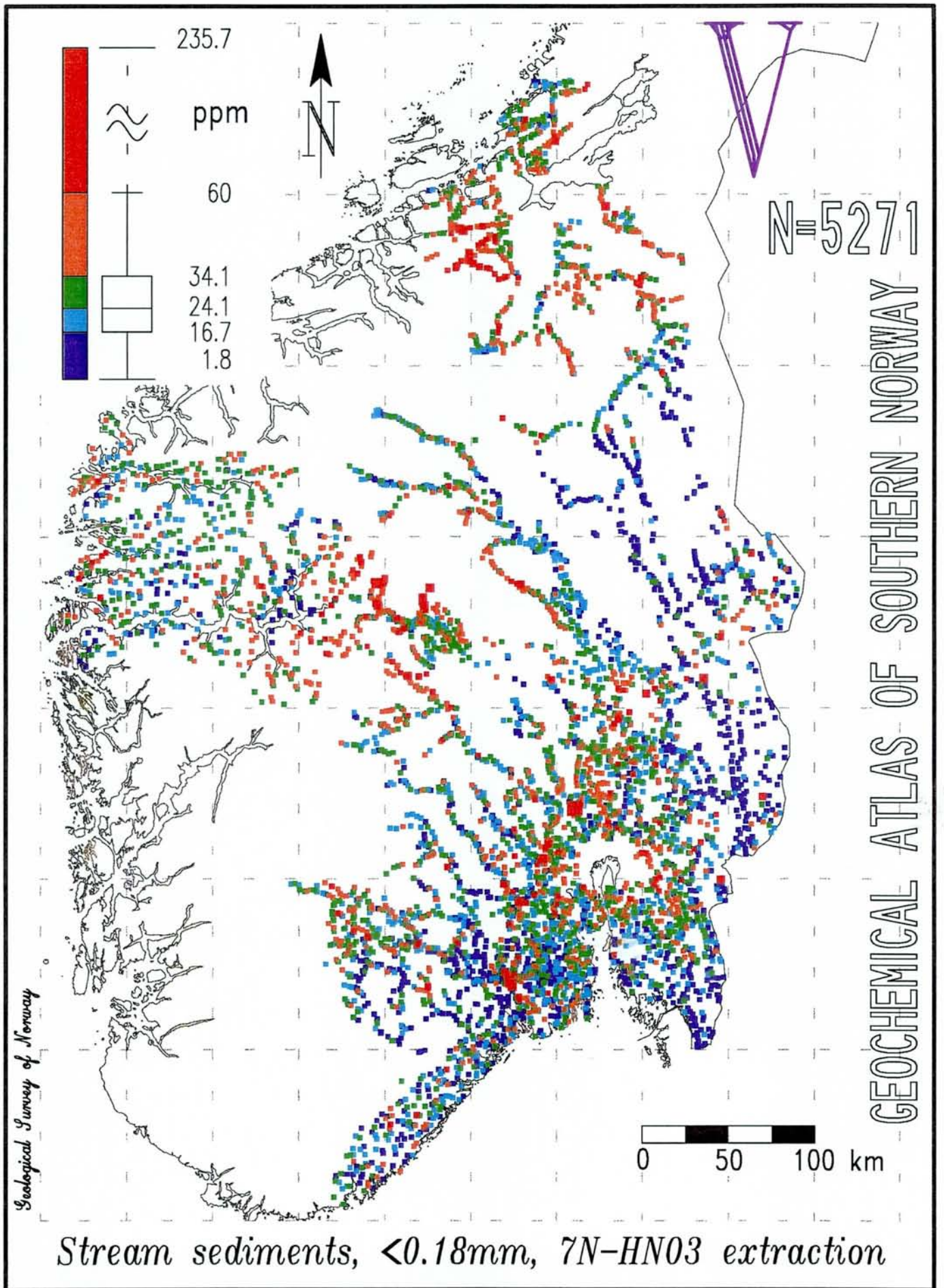


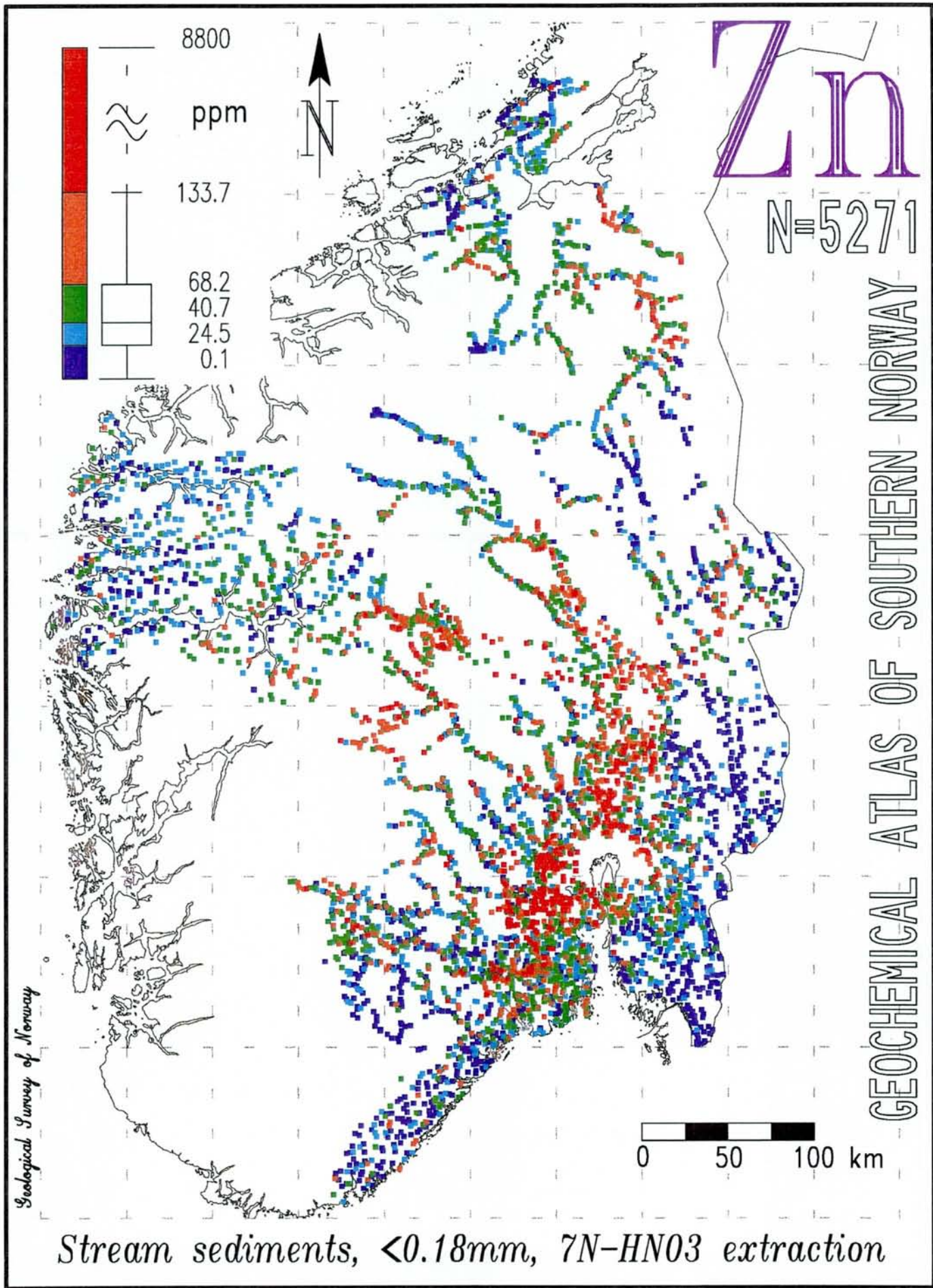








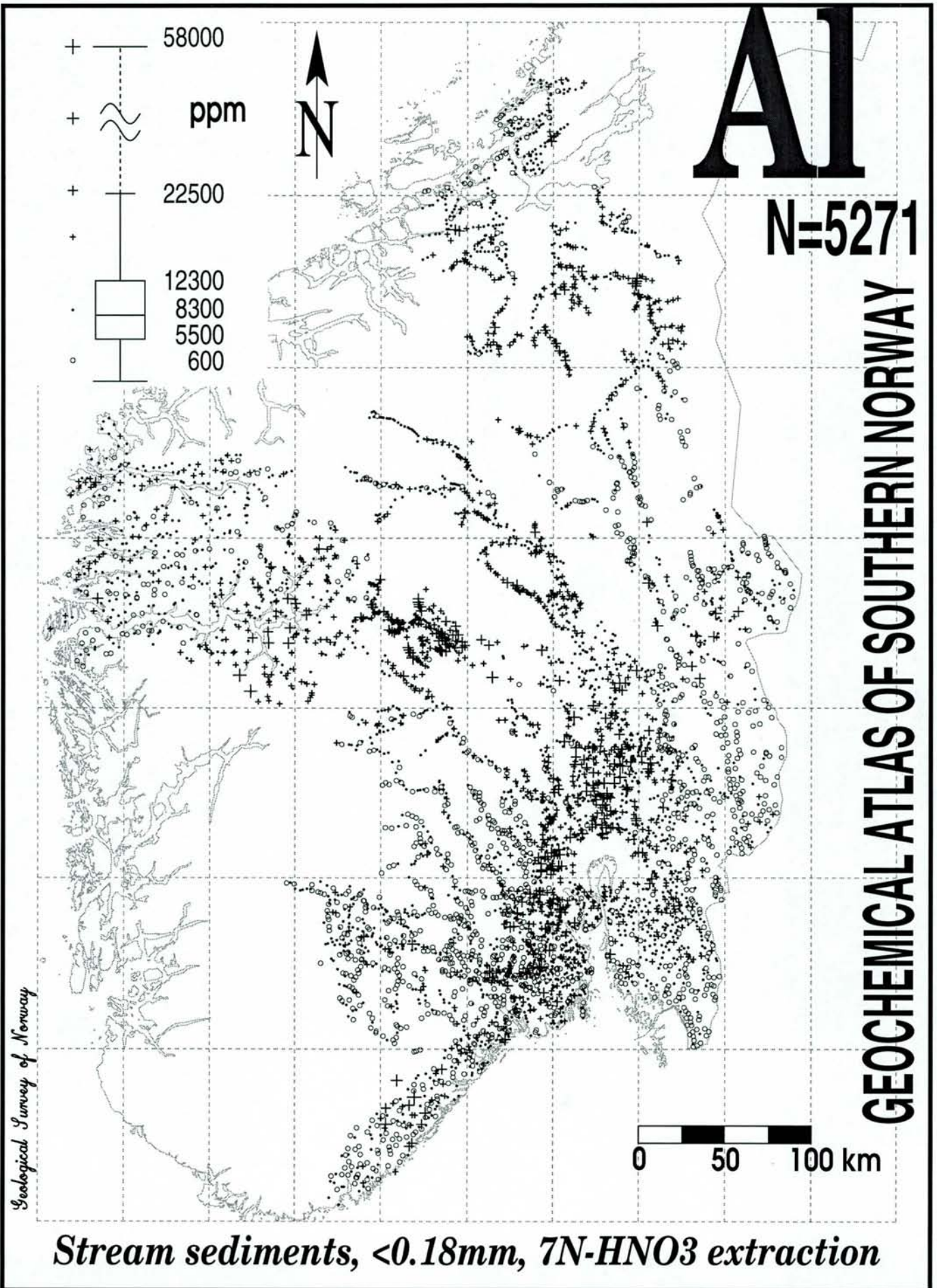




Al

N=5271

GEOCHEMICAL ATLAS OF SOUTHERN NORWAY



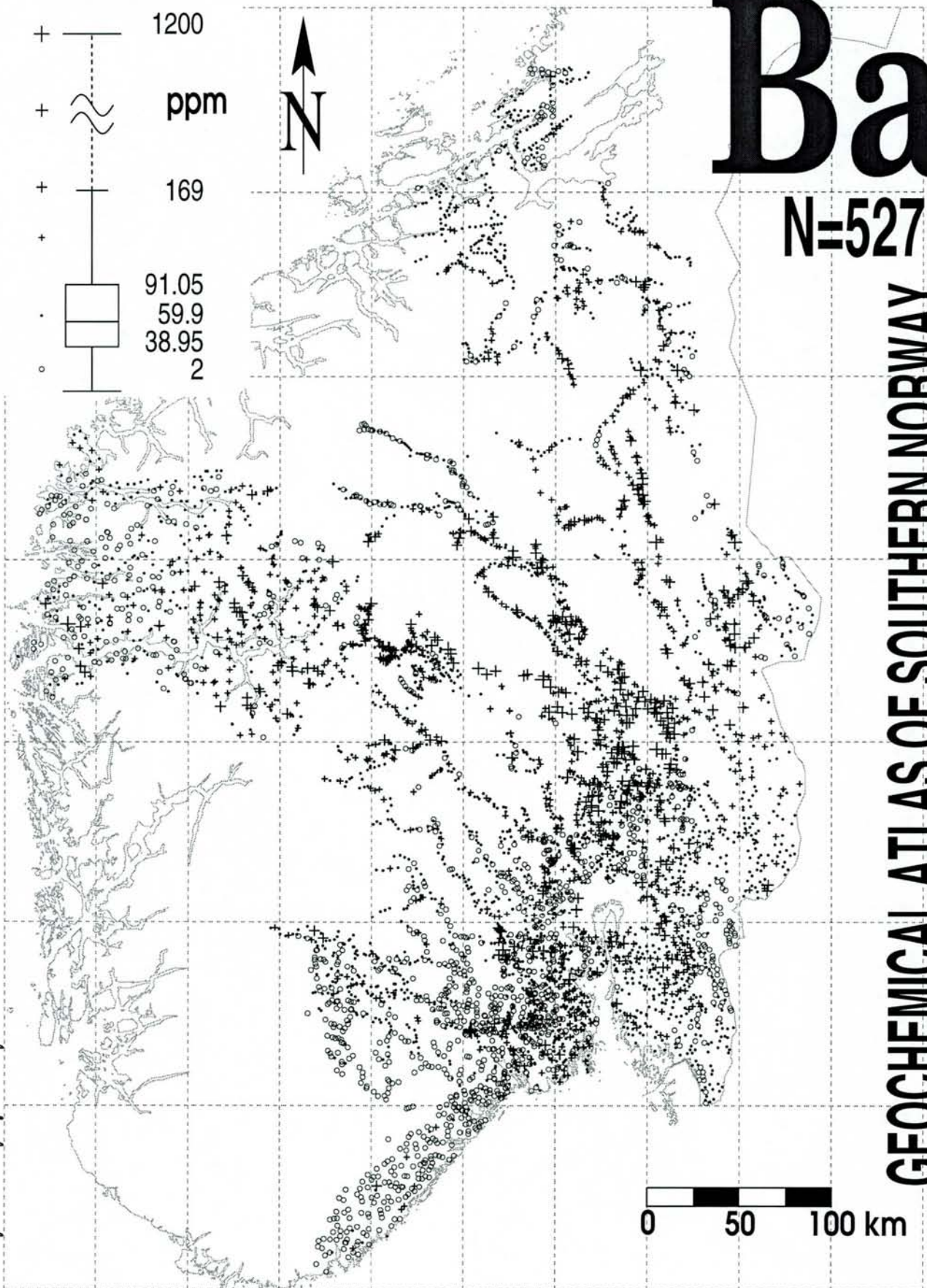
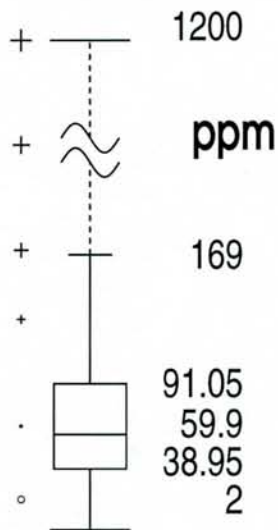
Stream sediments, <0.18mm, 7N-HNO₃ extraction

Ba

N=5271

GEOCHEMICAL ATLAS OF SOUTHERN NORWAY

Geological Survey of Norway

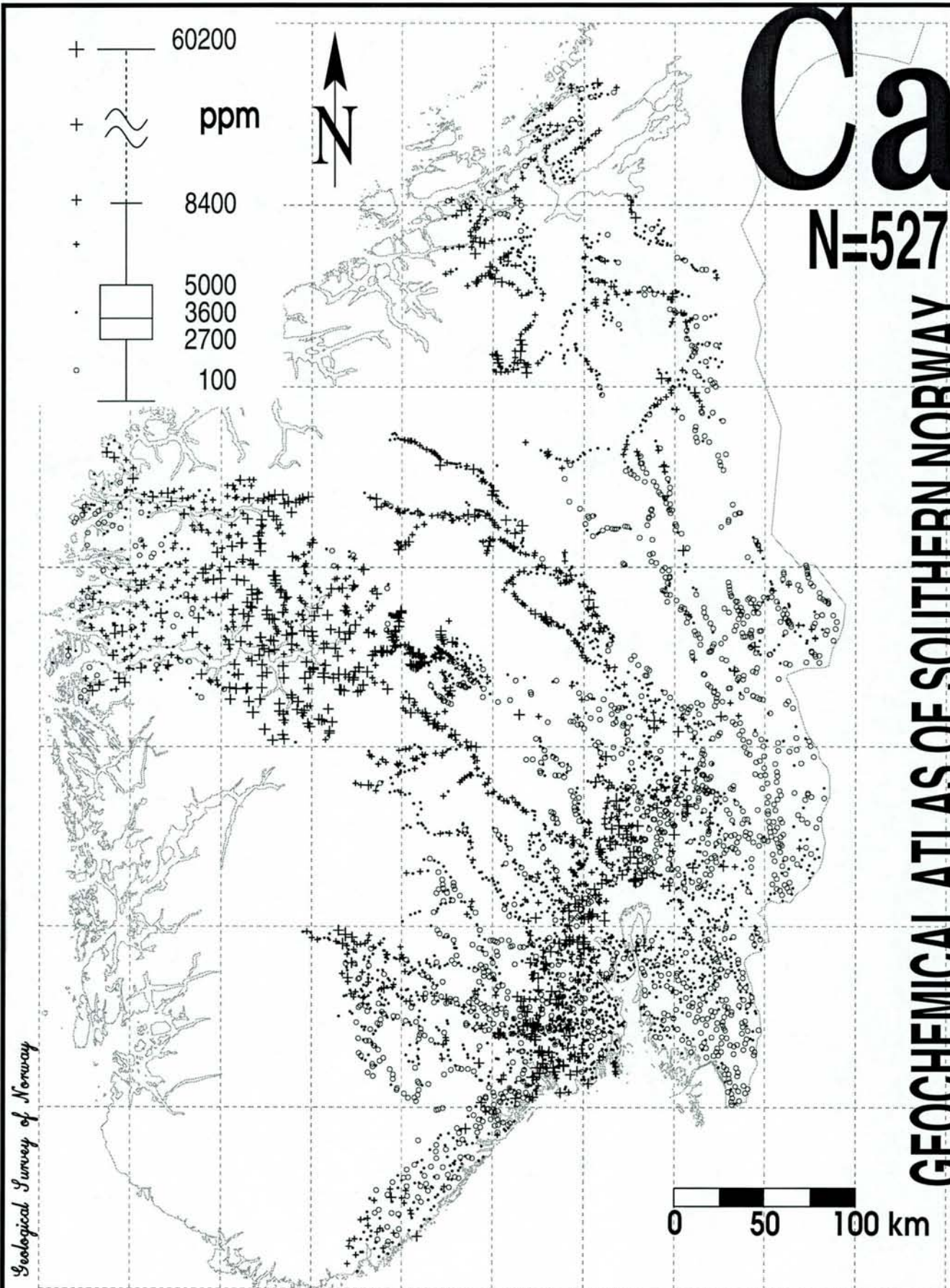


Stream sediments, <0.18mm, 7N-HNO₃ extraction

Ca

N=5271

GEOCHEMICAL ATLAS OF SOUTHERN NORWAY

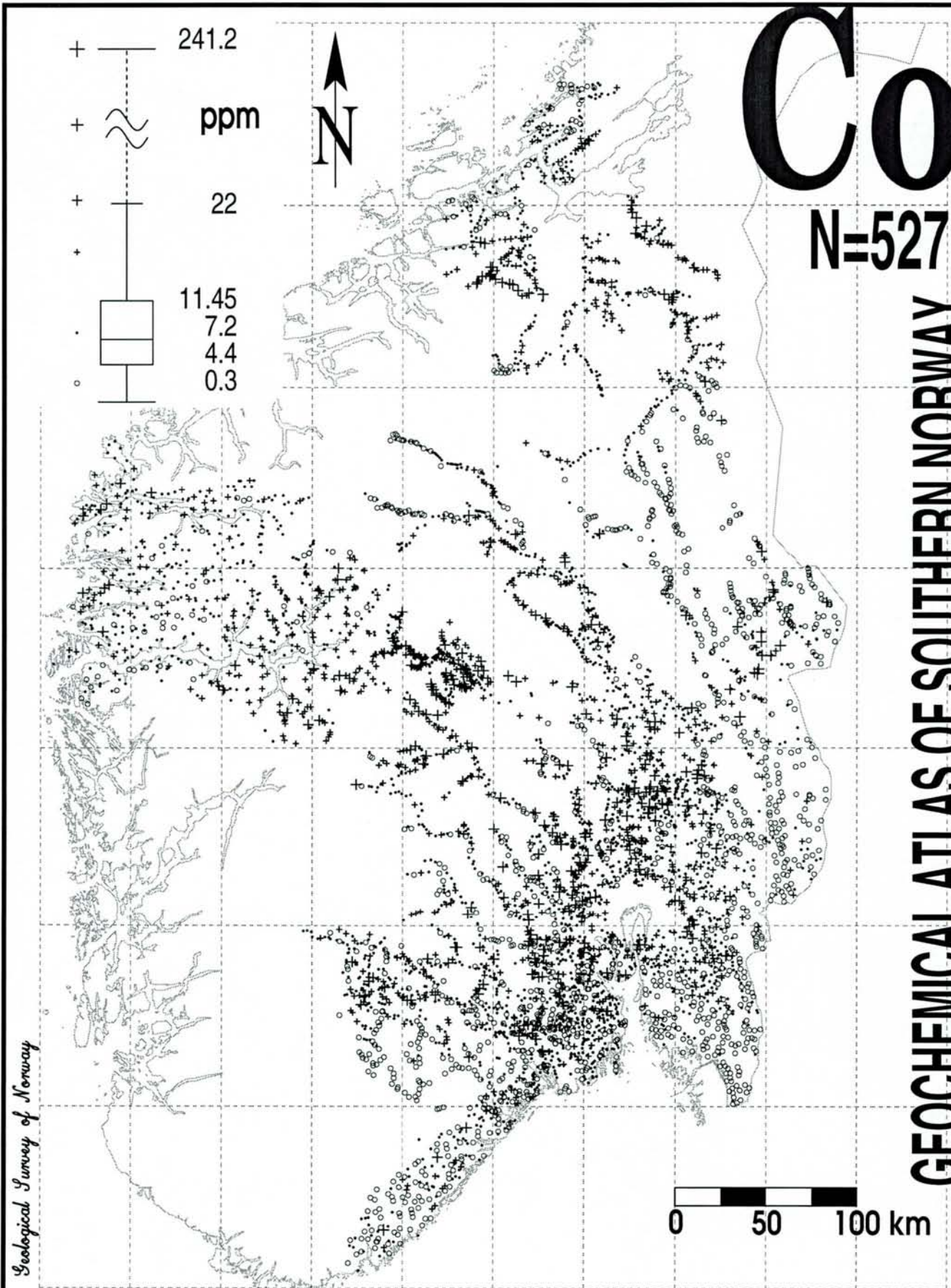


Stream sediments, <0.18mm, 7N-HNO₃ extraction

Co

N=5271

GEOCHEMICAL ATLAS OF SOUTHERN NORWAY

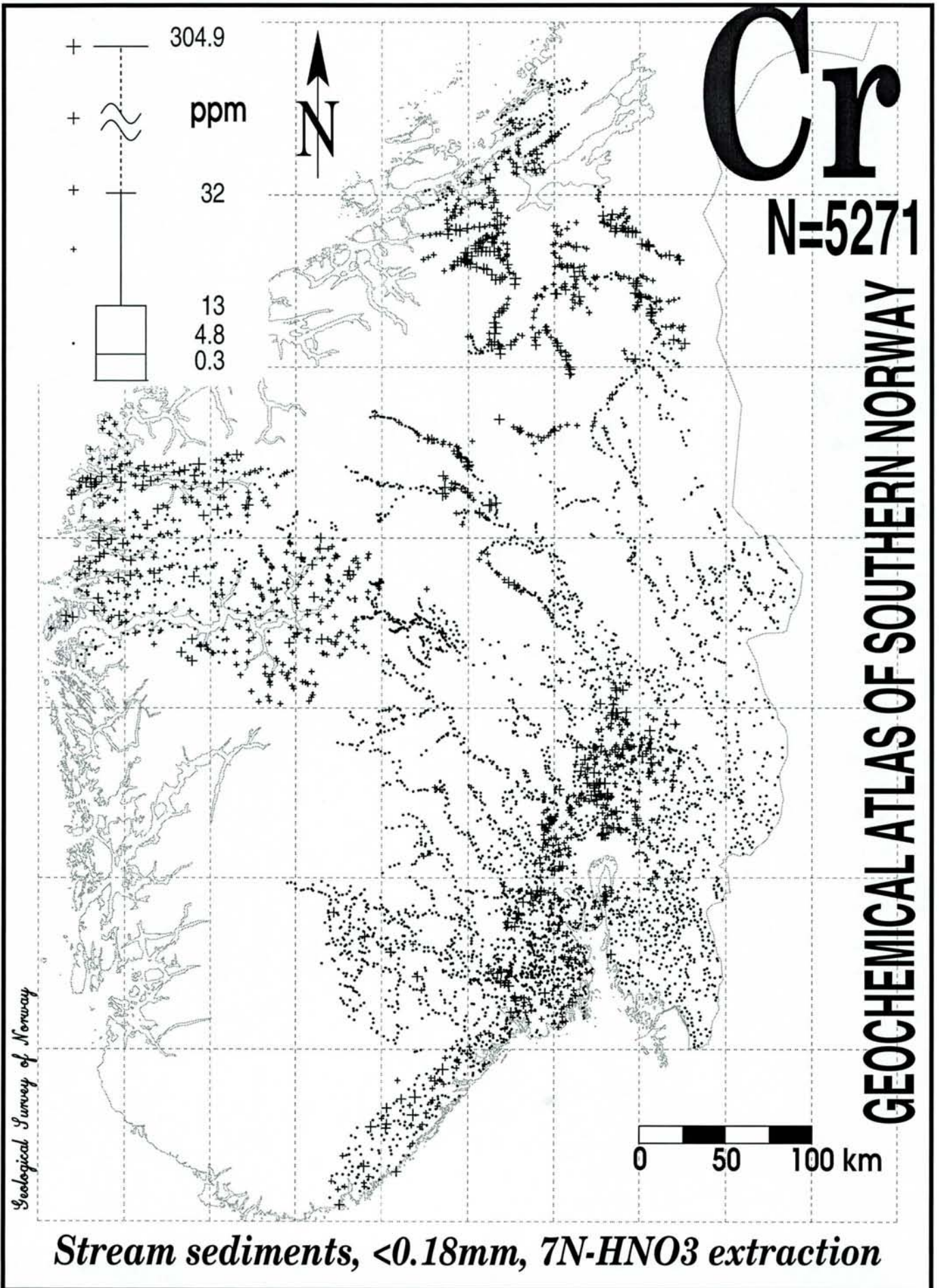


Stream sediments, <0.18mm, 7N-HNO₃ extraction

Cr

N=5271

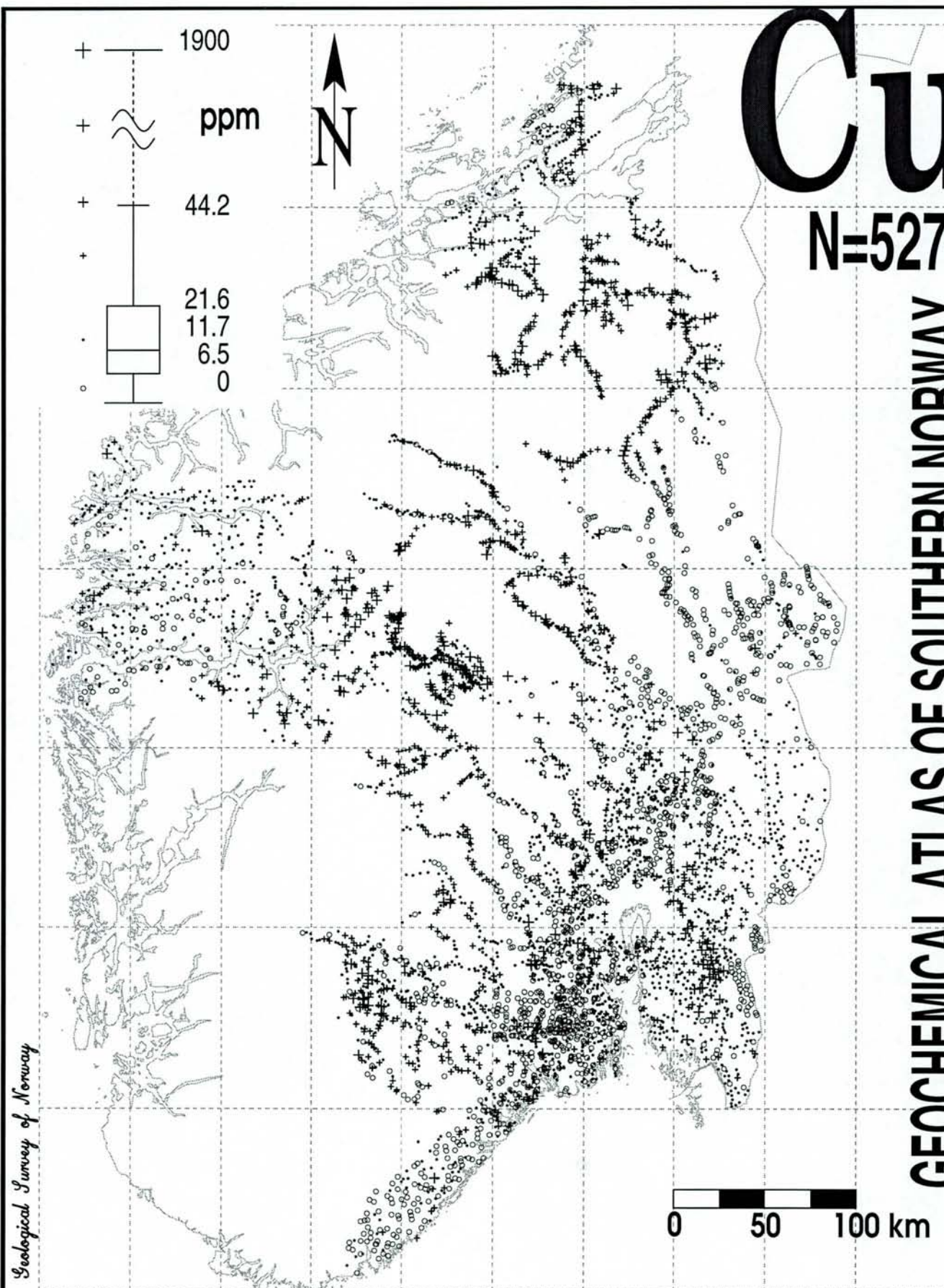
GEOCHEMICAL ATLAS OF SOUTHERN NORWAY



Cu

N=5271

GEOCHEMICAL ATLAS OF SOUTHERN NORWAY

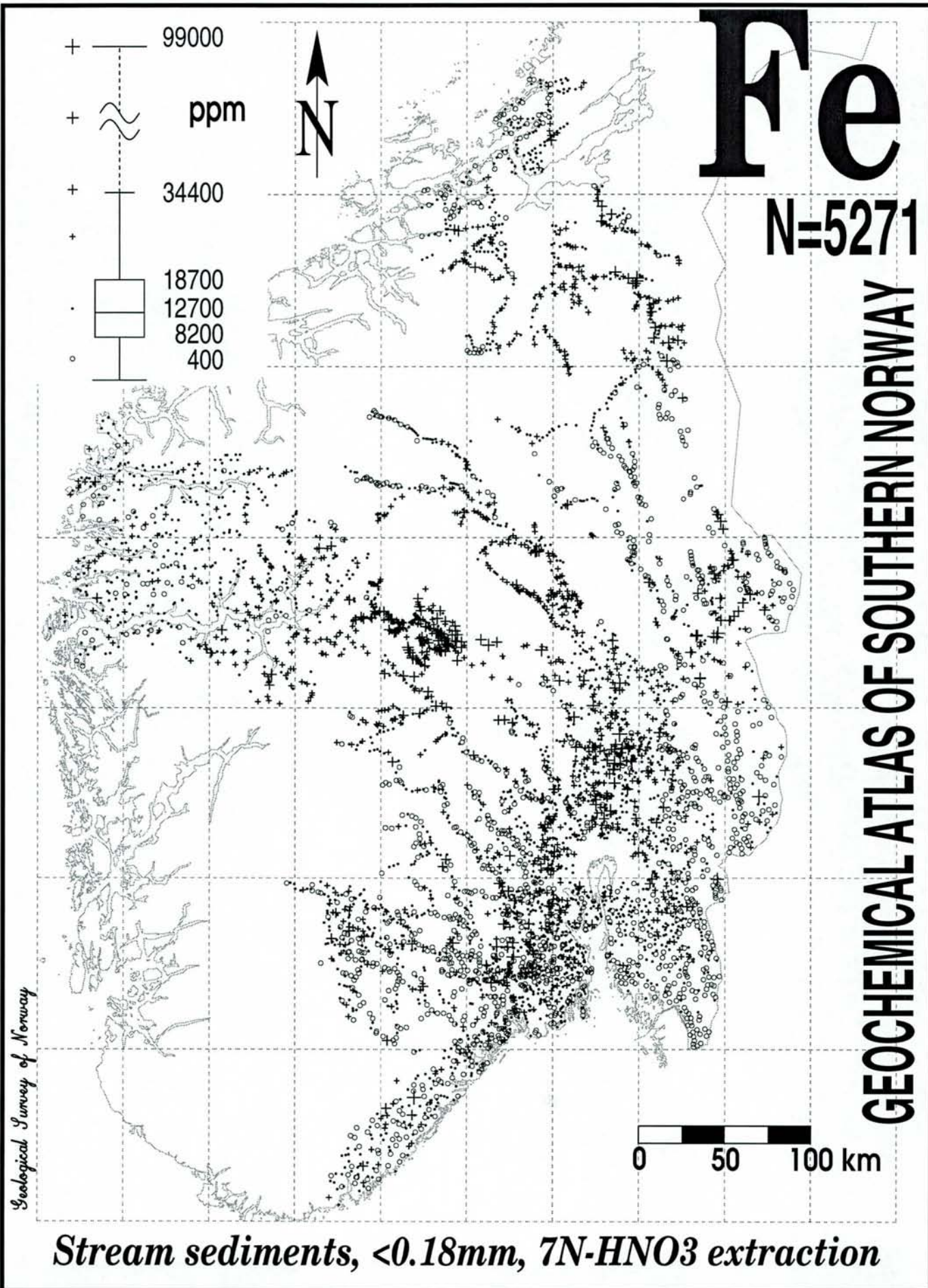


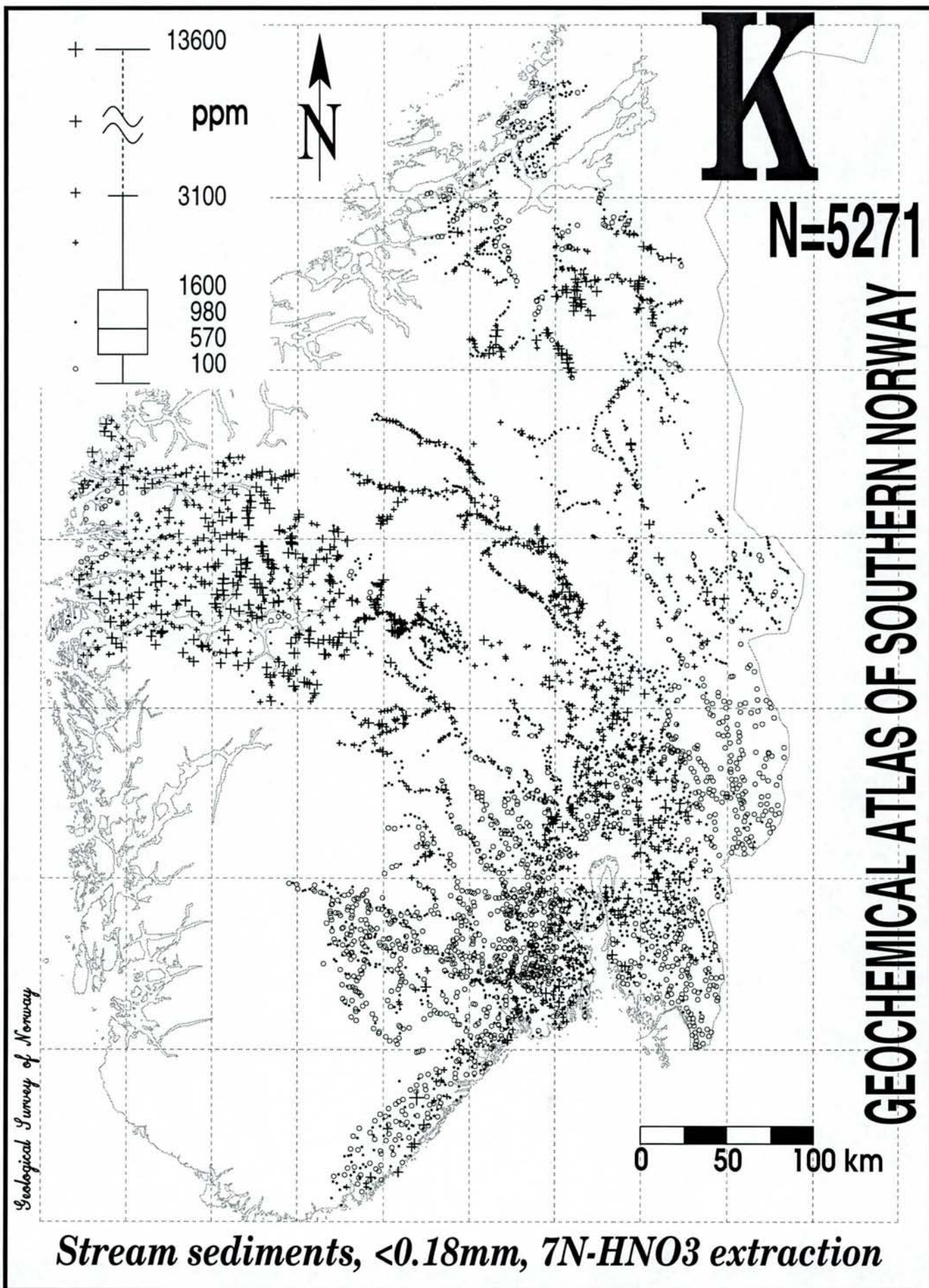
Stream sediments, <0.18mm, 7N-HNO₃ extraction

Fe

N=5271

GEOCHEMICAL ATLAS OF SOUTHERN NORWAY

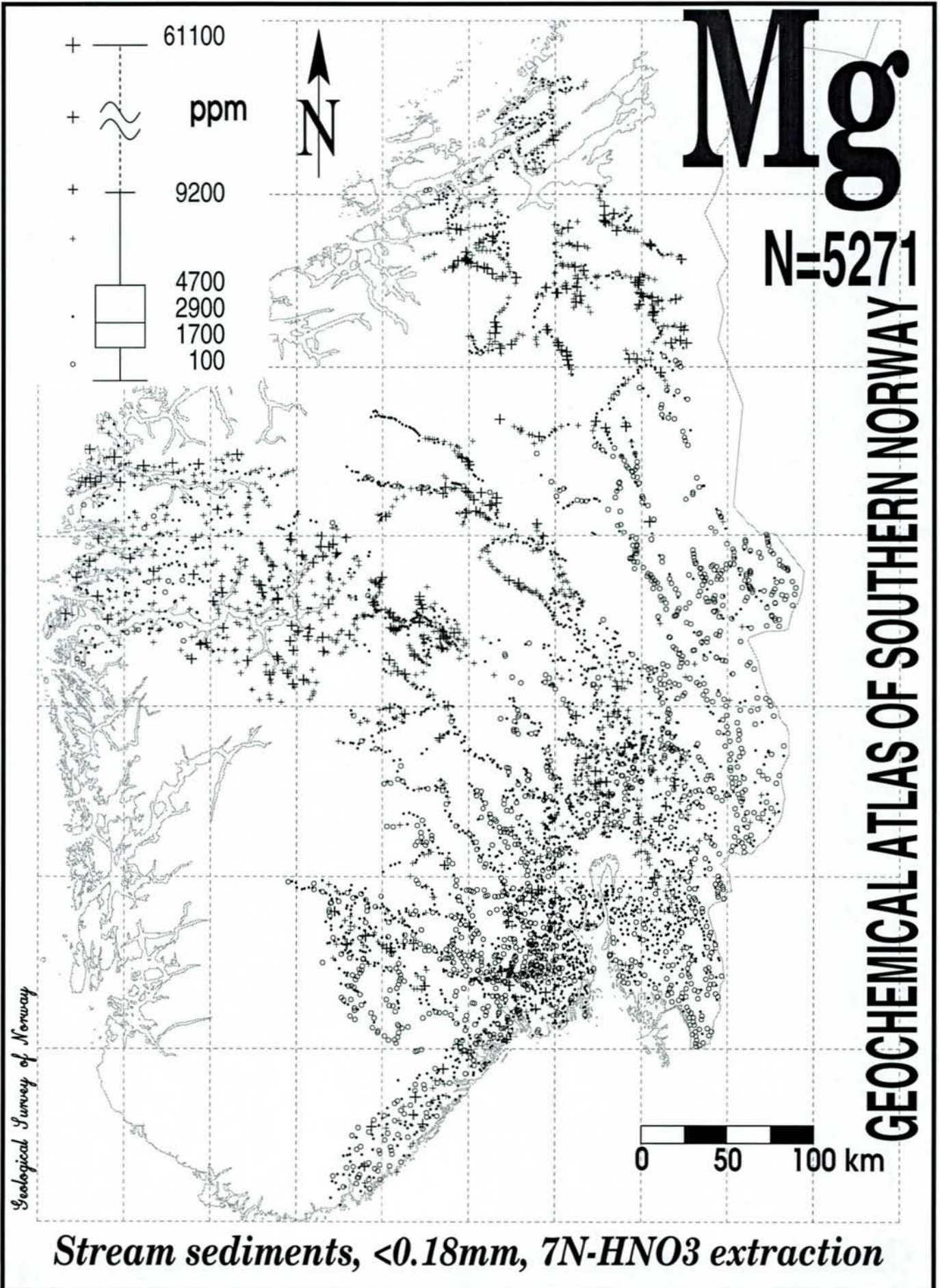




Mg

N=5271

GEOCHEMICAL ATLAS OF SOUTHERN NORWAY

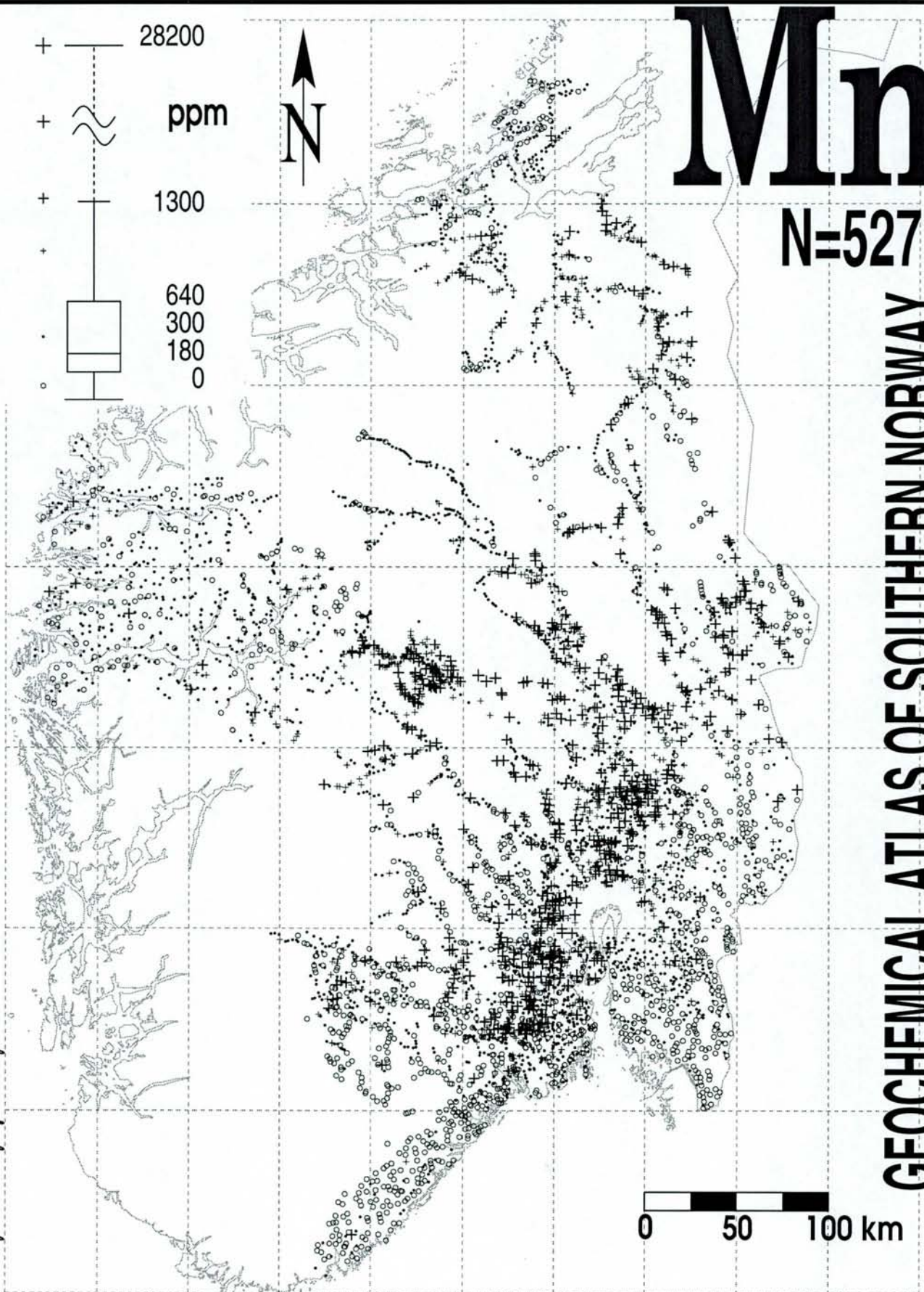
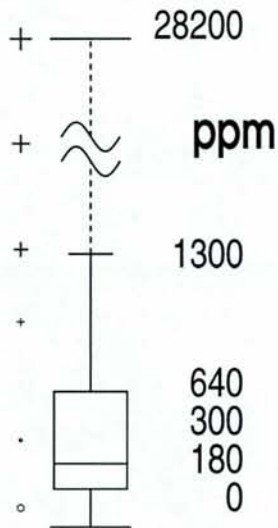


Mn

N=5271

GEOCHEMICAL ATLAS OF SOUTHERN NORWAY

Geological Survey of Norway



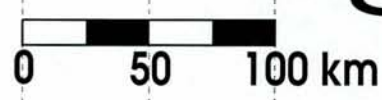
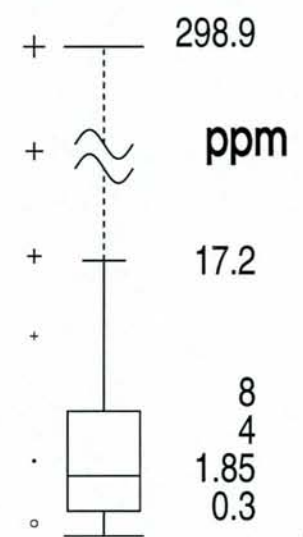
0 50 100 km

Stream sediments, <0.18mm, 7N-HNO₃ extraction

Mo

N=5271

GEOCHEMICAL ATLAS OF SOUTHERN NORWAY



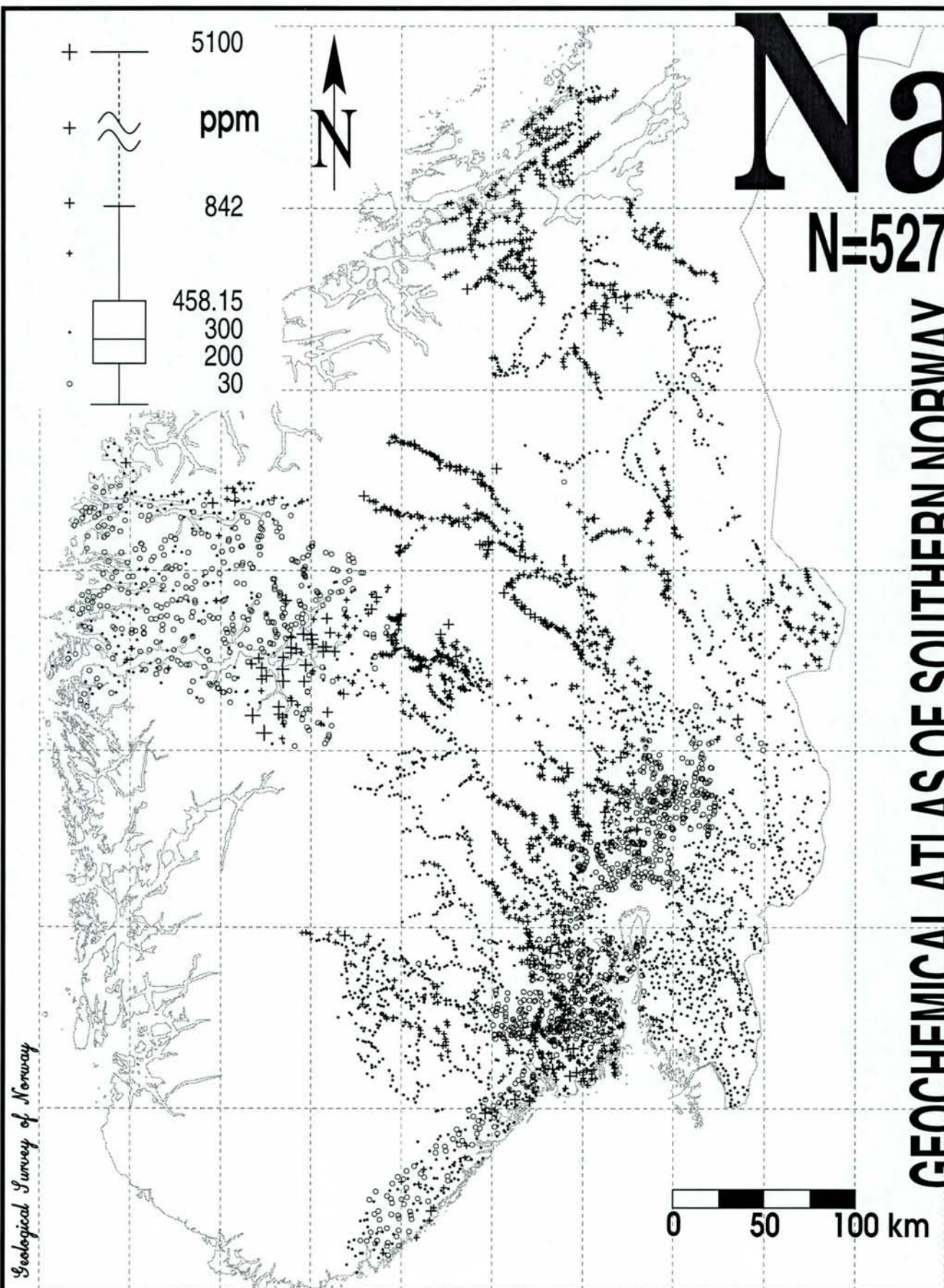
Geological Survey of Norway

Stream sediments, <0.18mm, 7N-HNO₃ extraction

Na

N=5271

GEOCHEMICAL ATLAS OF SOUTHERN NORWAY

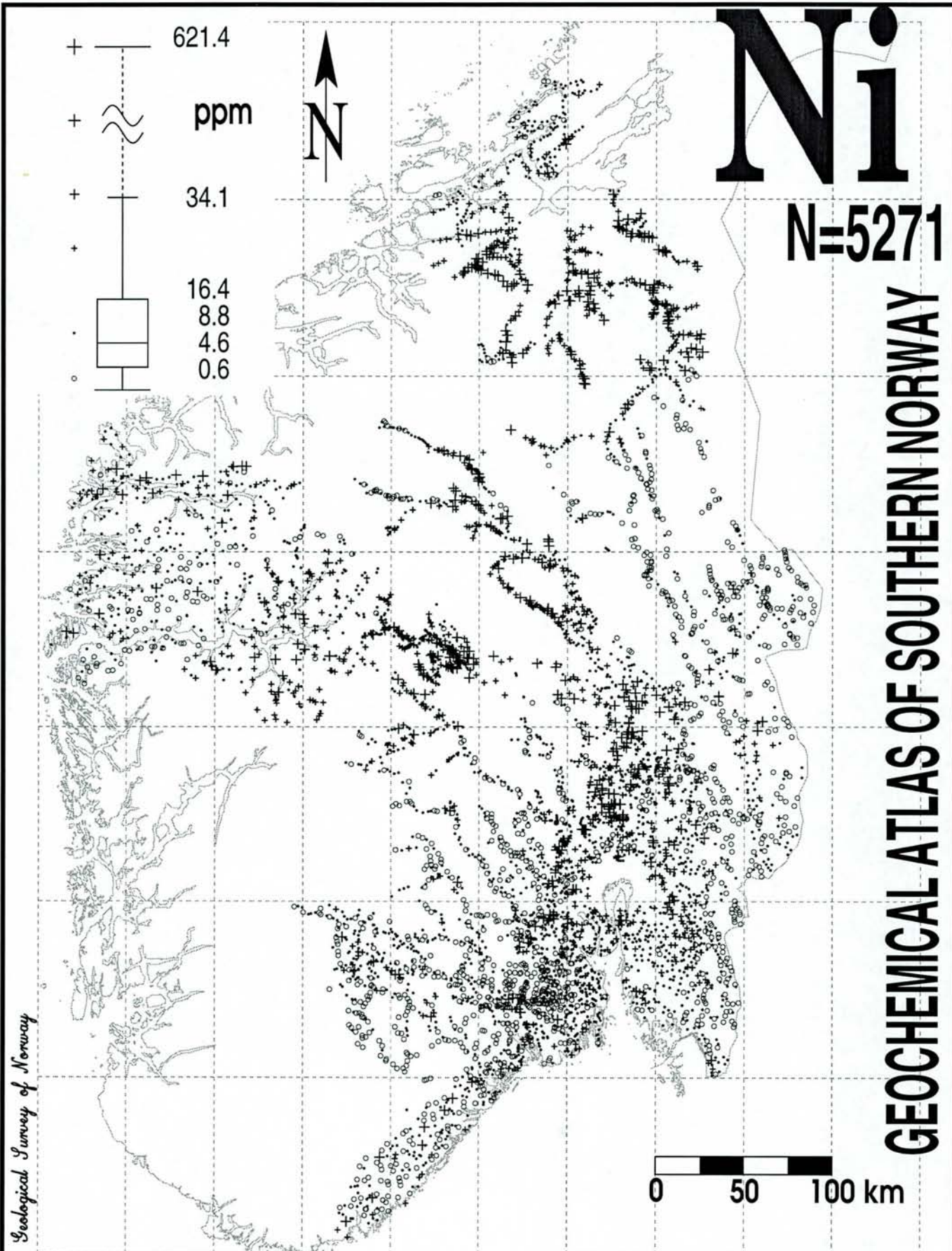


Stream sediments, <0.18mm, 7N-HNO₃ extraction

Ni

N=5271

GEOCHEMICAL ATLAS OF SOUTHERN NORWAY



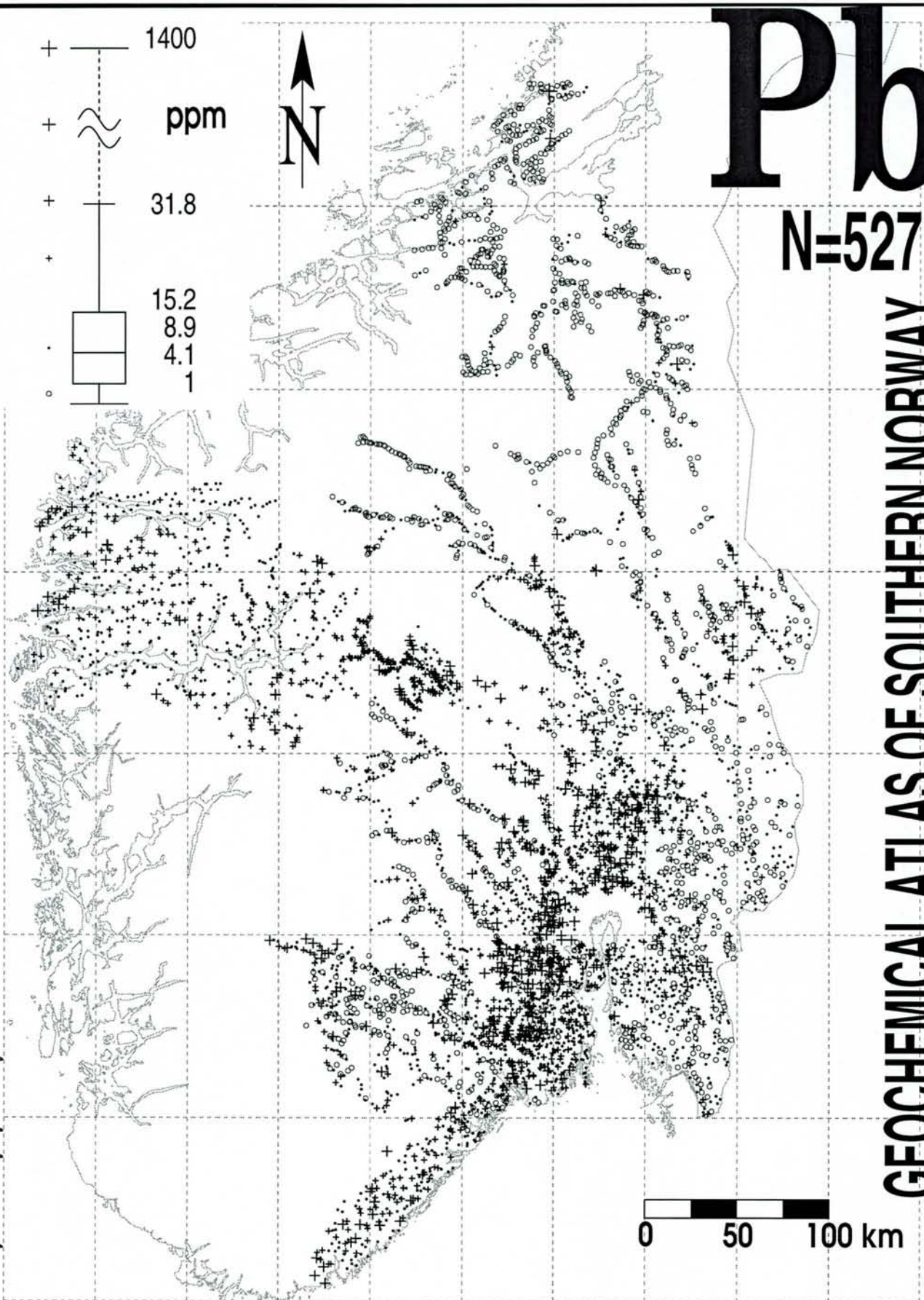
Stream sediments, <0.18mm, 7N-HNO₃ extraction

Pb

N=5271

GEOCHEMICAL ATLAS OF SOUTHERN NORWAY

Geological Survey of Norway

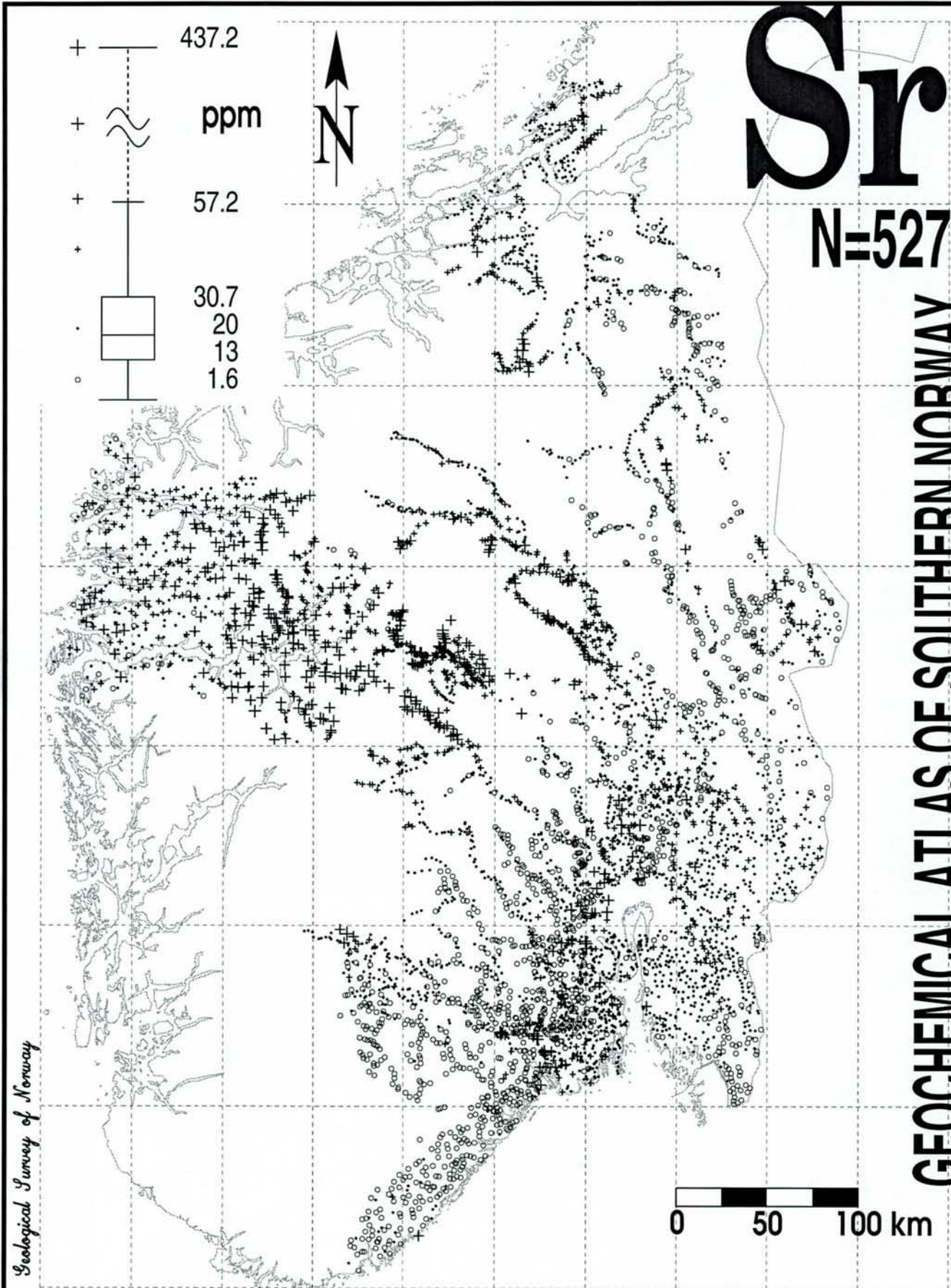


Stream sediments, <0.18mm, 7N-HNO₃ extraction

Sr

N=5271

GEOCHEMICAL ATLAS OF SOUTHERN NORWAY

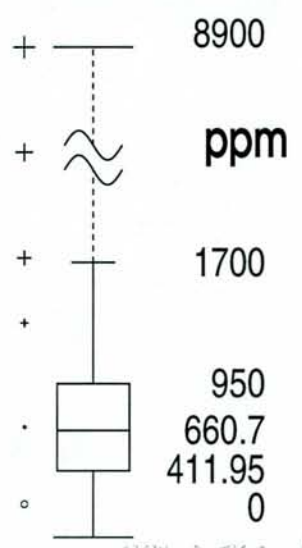


Stream sediments, <0.18mm, 7N-HNO₃ extraction

Ti

N=5271

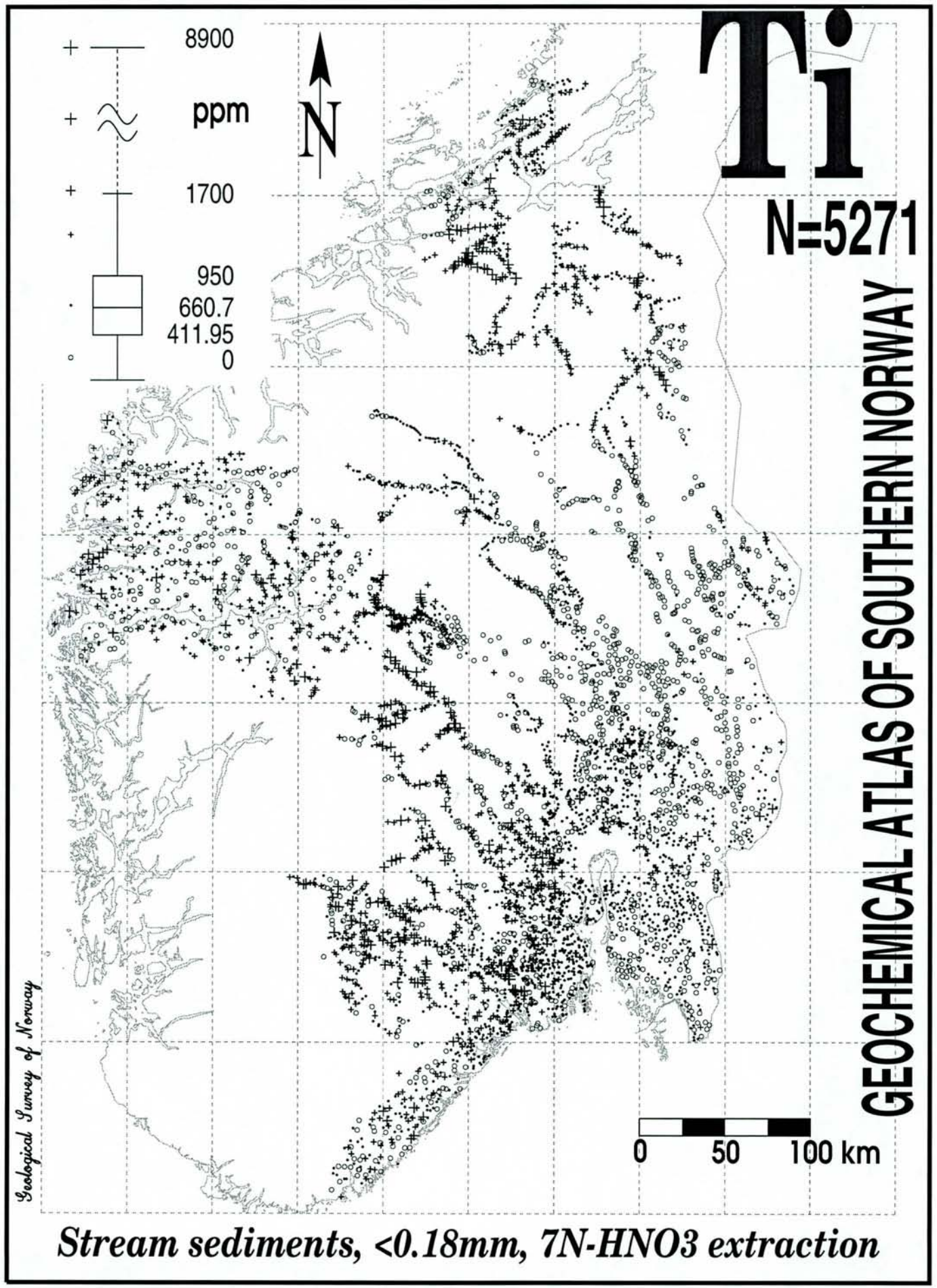
GEOCHEMICAL ATLAS OF SOUTHERN NORWAY

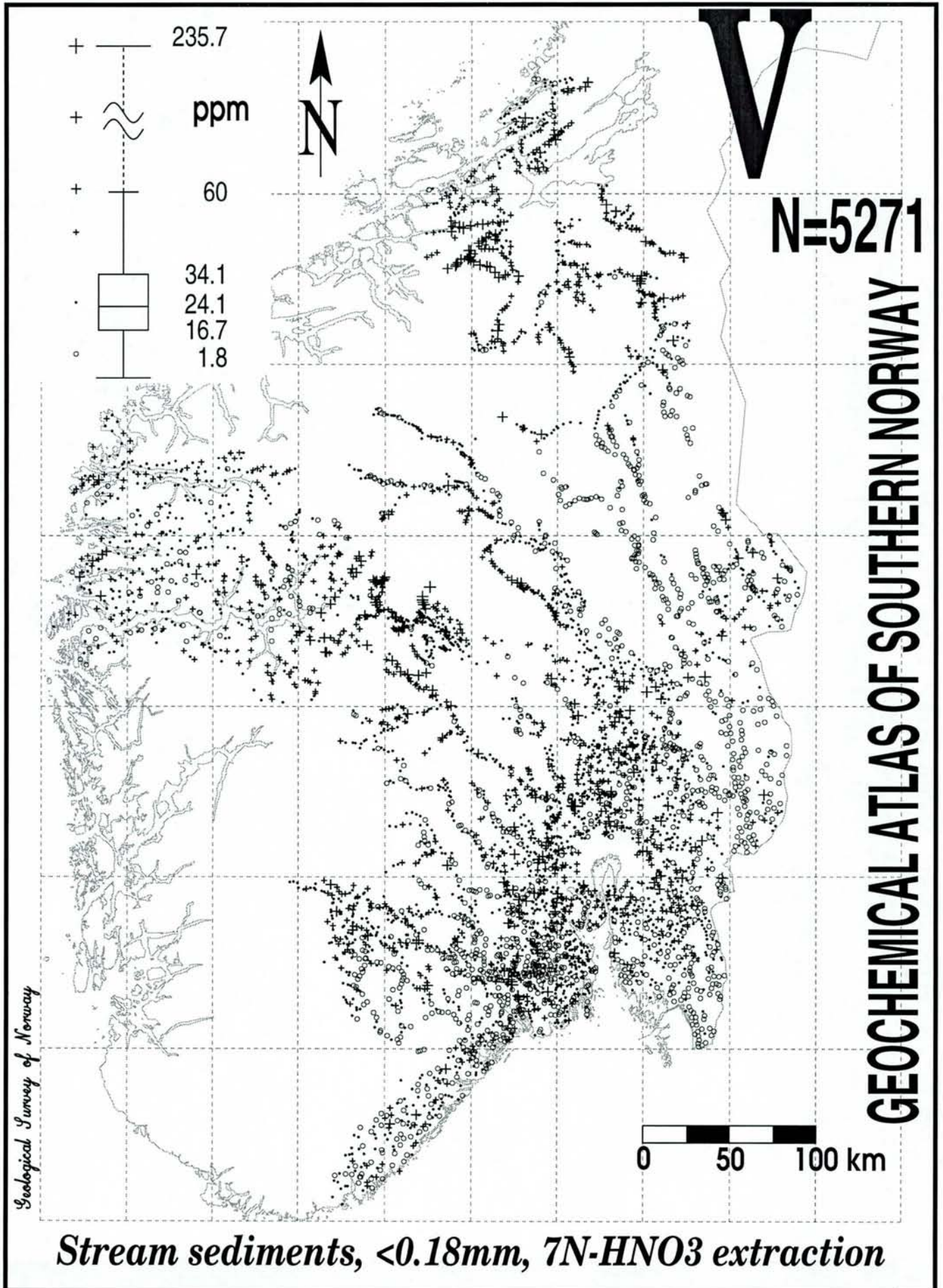


Geological Survey of Norway



Stream sediments, <0.18mm, 7N-HNO₃ extraction



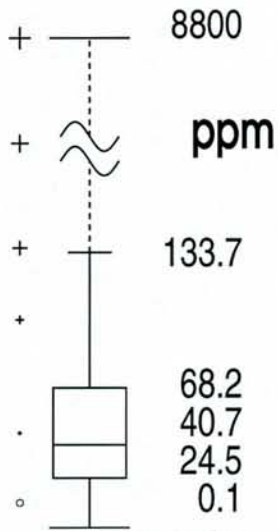


Zn

N=5271

GEOCHEMICAL ATLAS OF SOUTHERN NORWAY

Geological Survey of Norway



Stream sediments, <0.18mm, 7N-HNO₃ extraction