



Bergvesenet rapport nr 6407	Intern Journal nr	Intern arkiv nr	Rapport lokalisering	Gradering
Kommer fra ..arkiv Nordlandske	Ekstern rapport nr NGU 1010	Oversendt fra	Fortrolig pga	Fortrolig fra dato:
Tittel Geokjemiske undersøkelser 1970. Råna nikkelmalmfelt. Ballangen, Nordland fylke.				
Forfatter Bjørn Bølviken		Dato År 1971	Bedrift (oppdragsgiver og/eller oppdragstaker) Stavanger Staal A/S	
Kommune Ballangen	Fylke Nordland	Bergdistrikt	1: 50 000 kartblad 13311	1: 250 000 kartblad
Fagområde Geokjemi	Dokument type		Forekomster (forekomst, gruvefelt, undersøkelsesfelt) Råna	
Råstoffgruppe Malm/metall	Råstofftype NI			
Sammendrag, innholdsfortegnelse eller innholdsbeskrivelse Bekkesedimenter. Anomalier ved kjente forekomster og enkelte andre steder, tydeligs for Ni, men også tydelig monster for Co, Cu og Cr. Anbefalt å analysere prøvene på. Konklusjon at bekkersedimentmetoden er godt egnet.				

45.

Oppdragsgiver:

STAVANGER STAAL A/S

NGU Rapport nr. 1010

Geokjemiske undersøkelser 1970

RANA NIKKELMALMFELT

Ballangen, Nordland fylke

1 my valdzen.

Oppdr.

1 2 3 4 5
1010

Kort nr.

11

Org/till/reff.

12

Innv.

Fort

Sted

Stavanger Staal

År

-70

Art

Bekkesed

Anm.

Innv.

19

av

Oppsl

19

av

Ansl met

Kornst

-180µ

Date	20/7 71	21/7 71	22/7 71	23/7 71			
Navn	ESB	ESB	ESB	ESB			
1st ppm _{avl}	1/200	5/100	1/20	10/200	/	/	/
2. st ppm _{avl}	005/0.5	05/10	005/0.5	05/10	/	/	/
Prøvent	B	Ag	Zn	Cd	V		
24A	05	31	05	32			
	03	46	05	47			
	03	50	07	52			
	03	28	06	35			
	03	31	07	28			
	03	34	10	36			
	04	22	07	29			
	04	17	08	22			
	05	34	10	46			
	07	23	10	24			
34B	05	34	08	33			
32B	03	44	07	10			
32B							

Stativ Serie

Stativ Serie

Oppdr. 1 2 3 4 5
1010

Kort nr. 11

Org/till/rett 12

Innv. 1g Fort 2cm

Sted Stavanger Staal. år -70 Art. Bekkesed. Anm. Renslyse

Innv. / 19 av Oppst. / 19 av Ansl met Kornst. 180µ

	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37								
	Date					20/7.71					21/7.71					22/7.71					23/7.71																			
	Navn					ESB					ESB					ESB					ESB																			
	1st ppm/avl					1/20					5/100					1/20					10/200																			
	2. st ppm/avl					0.25					0.5					0.5/10					0.05/10					0.5/10														
	A																																							
	Prøvenr. B					20					21					22					23					24														
Stativ	Serie	101	0.3	33	0.6	1.8																																		
			0.4	22	0.7	1.7																																		
			0.4	32	0.8	1.7																																		
			0.5	60	0.6	5.2																																		
			0.5	24	0.7	2.5																																		
			0.5	31	0.9	2.6																																		
			0.4	31	0.8	2.0																																		
			0.4	27	0.8	2.4																																		
			0.4	27	0.6	2.0																																		
			110	0.5	28	0.8	2.5																																	
Stativ	Serie		0.5	25	0.7	2.3																																		
			0.6	29	0.9	3.0																																		
			0.7	27	0.7	2.7																																		
			0.5	32	0.5	3.0																																		
			0.6	33	0.6	3.2																																		
			0.7	36	0.7	3.7																																		
			0.4	35	0.5	3.4																																		
			0.5	33	0.6	3.2																																		
			0.7	26	0.6	2.4																																		
			120	0.5	40	0.7	3.3																																	

Oppdr 1 2 3 4 5 1010Kort nr. 11Org./in./rett 12

Innv. lg Part 20ne

Sted Stavanger Staal År 1970 Art

Anm.

Innv / 19 av Oppsl / 19 av Anal met

Kornst. 7150μ

6 7 8 9 10 11					12	13	14	15	16	17
Dato					27.71	27.71	27.71	27.71		
Navn					ESB	ESB	ESB	ESB		
1. st ppm/avl					12 200	5 100	95 100	5 100		
2. st ppm/avl					225 05	95 10	925 10	95 10		
A										
Prøvens B					Pb	Zn	Cd	V		
121					06	34	06	26		
					05	09	10	38		
					05	33	09	49		
					03	32	07	43		
					03	40	09	42		
					03	38	09	42		
					05	45	07	45		
130					05	47	08	54		
					01	34	08	42		
					04	40	04	47		
					05	42	08	50		
					07	44	07	47		
					06	31	06	44		
					06	32	08	48		
140					03	34	05	49		
					06	36	08	44		
					05	48	08	53		
					04	29	03	43		
					07	38	03	56		
					05	32	07	44		

Oppdr.

1	2	3	4	5
	1	0	1	0

Kort nr.

11

Org./till./rett.

12

Innv. 19 Fort. 20.2

Sted. Stavanger Staal År 1970 Art.

Anm.

Innv. / 19 av Oppsl. / 19 av Anal. met. Kornst. $\frac{1}{x} 180 \mu$

6 7 8 9 10 11					12	21	22	23	33	37
Date					20/7-71	21/7-71	22/7-71	23/7-71		
Navn					ESB	ESB	ESB	ESB		
1. st. ppm/avl					1/20	5/100	1/200	10/200	/	/
2. st. ppm/avl					0,25/5	0,5/10	0,00/1,0	0,5/10	/	/
A										
Prøvenr. B					As	Zn	Cd	V		
141					05	34	1,1	43		
					04	46	05	52		
					04	36	06	46		
					08	52	1,1	60		
					06	52	08	62		
					06	39	1,0	49		
					08	42	1,0	53		
					06	47	08	60		
					08	49	09	62		
150					04	40	05	56		
					08	52	06	61		
					04	23	06	33		
					04	30	1,0	40		
					07	30	06	50		
					08	41	05	51		
					08	43	08	53		
					07	50	09	60		
					08	52	09	48		
					10	93	09	62		
160					08	69	08	54		

January 19 - Feb 20

4908

Kunstl. 130L

Date		1st		2nd		3rd		4th	
Name		1st		2nd		3rd		4th	
1st		2nd		3rd		4th		5th	
2nd		3rd		4th		5th		6th	
161	06	50	05	48					
	05	59	09	53					
	08	44	08	60					
	06	40	06	40					
	05	38	08	40					
	07	54	08	52					
	08	56	08	57					
	06	55	09	60					
	08	57	06	59					
170	09	55	07	03					
	08	51	08	50					
	08	47	07	41					
	05	45	07	46					
	07	51	12	54					
	09	42	09	59					
	08	55	09	66					
	06	50	08	55					
	08	45	08	50					
	06	50	10	53					
180	05	60	11	49					

Enriquez

Sted Stavanger Skole År 1970 Art Bekkesed. Anm

1

Stativ

Date	21/7 71	21/7 71	21/7 71	25	29	33	37
Navn	ESB	ESB	ESB	ESB			
1st ppm/avl	1/200	5/100	05/100	10/200	/	/	/
2. st. ppm/avl	0000/05	05/10	0000/05	/	/	/	/
Prøvenr.	B	Ag	Zn	Cd	V		
201		03	60	09	64		
		06	43	06	55		
		04	52	05	56		
		02	22	07	39		
		06	41	05	50		
		05	47	06	54		
		04	29	07	42		
		05	16	05	30		
		02	40	06	67		
210		07	34	07	46		
		08	34	09	46		
		09	26	06	32		
		09	37	11	42		
		13	46	12	49		
		05	19	06	36		
		08	23	09	32		
		10	51	14	49		
		08	71	08	80		
		07	74	09	61		
220		06	54	07	63		

Opodr. 1 2 3 4 5
1010

Kort nr. 11

Org./till/rett 12

Innv. 19 Fort 20me

Sted Balangen

År 1970 Art Bekkesed. Anm.

Innv. 19 av Opodr. 19 av Ansl. met. Kornst. -180µ

6 7 8 9 10 3					11	12	13	14	15	16	17
Date					18/7 71	24/2 71	24/2 71				
Navn					ESB	ESB	ESB				
1st ppm %v					1 20	5 100	1 200				
2. st. ppm %v					200 05	95 10	200 15				
A											
Prøvenr. B					Ag	Zn	Cd	V			
221	71				12	08					
	10				90	09					
	08				74	05					
	06				55	06					
	13				86	13					
	09				72	07					
	08				70	07					
	12				65	08					
230	08				86	09					
	09				95	07					
	08				59	07					
	09				62	08					
	08				72	11					
	06				64	03					
	08				74	10					
	11				69	07					
240	09				59	08					
	07				67	09					
	09				67	07					
	11				62	11					

Oppdr. 1 2 3 4 5
1010

Kort nr. 11

Org/till/rett. 12

Innv. 1g Fort 20m

Sted Balangen År 1970 Art Bekkased. Anm

Innv. / 19 av Oppsi. / 19 av Anal. met. Kornst. $\div 180\mu$

6 7 8 9 10 11					17	21	25	29	33	37
Date					21/7 71	21/7 71	22/7 71			
Navn					ESB	ESB	ESB			
1st ppm/avl					1/20	5/100	0.5/10.0	/	/	/
2. st. ppm/avl					0.05/95	0.5/10	0.05/10	/	/	/
A										
Prøvenr. B					Ag	Zn	Co	V		
241					08	62	08			
					09	78	09			
					08	70	10			
					08	72	10			
					10	54	08			
					11	118	14			
					12	36	07			
					16	44	08			
					12	26	09			
250					12	39	07			
					11	24	02			
					12	60	10			
					10	16	05			
					10	21	09			
					13	39	10			
					11	37	12			
					08	29	10			
					09	24	07			
					11	36	07			
260					10	26	08			

Stativ Serie

Stativ Serie

Oppdr. 1 2 3 4 5
1010

Kort nr. 11

Org./till./rett. 12

Innv. lg Fort 200

Sted. Balangen

År 1970

Art.

Anm.

Innv. / 19 av Oppsl. / 19 av Anal. met. Kornst. +180µ

	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
Date	21/7	71	21/7	71	21/7	71																										
Navn	ESB		ESB		ESB																											
1. st. ppm/avl	1/20		5/100		1/200																											
2. st. ppm/avl	0.025		0.5		0.5/10																											
A																																
Prøvenr. B	Ag		Zn		Cd		V																									
261	73		11		09																											
	13		14		09																											
	13		14		05																											
	11		15		09																											
	14		16		05																											
	10		26		03																											
	09		25		06																											
	03		15		07																											
	06		19		04																											
270	05		22		07																											
	05		24		08																											
	08		30		10																											
	07		24		08																											
	08		25		05																											
	06		22		09																											
	09		21		11																											
	06		22		08																											
	08		32		06																											
	07		16		07																											
280	08		24		07																											

Oppdr ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 1010Kort nr. ☐ 11Org/till/rett ☐ 12

Innv. lg Fort 20ml

Sted Balangen

År 1970 Art Bekkeseid

Anm.

Innv. / 19 av

Oppsl / 19 av

Ansl. met

Kurst.

-180µ

	1	2	3	4	5	10	15	20	25	30	35
Date	21/7-71	21/7-71	22/7-71								
Navn	ESB	ESB	ESB								
1st ppm/av	1 20	5 100	1 200	/	/	/	/	/	/	/	/
2. st ppm/av	05	05 10	005 10	/	/	/	/	/	/	/	/
	A										
Prøver	B	Ag	Zn	Cd	V						
281		05	20	04							
		05	20	04							
		04	26	07							
		05	24	07							
		07	25	08							
		04	19	08							
		05	23	07							
		10	23	07							
		07	22	09							
290		07	31	08							
		04	20	07							
		03	16	10							
		08	22	08							
		03	26	08							
		06	19	09							
		08	24	08							
		06	19	09							
		08	32	09							
		07	24	08							
300		07	30	09							

Oppdr. 1 2 3 4 5
1010

Kort nr. 11

Org./till./rett. 12

Innv. 1g Fort 20ml

Sted Balangen

År 1970 Art. Bekkased.

Anm.

Innv. / 19 av Oppst. / 19 av Andl. met. Kornst. $\div 180\mu$

	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
Dato												21/7 71	21/7 71	22/7 71																		
Navn												ESB	ESB	ESB																		
1st ppm/avl												1/20	5/100	95/100	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
2. st ppm/avl												995/95	95/10	995/10	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
A																																
Prøvenr.												301	301	301																		
												06	28	06																		
												04	25	06																		
												05	31	06																		
												06	32	08																		
												04	44	11																		
												02	50	11																		
												03	18	06																		
												03	21	09																		
												05	24	09																		
												05	33	10																		
												03	23	04																		
												05	28	07																		
												05	27	07																		
												04	23	05																		
												07	21	02																		
												06	25	06																		
												08	24	06																		
												03	22	04																		
												05	23	07																		
												04	21	06																		

Oppdr. 1 2 3 4 5 1010 Kort nr. 11 Org/till/rett. 12 Innv. lg. Feri. 2. ukt

Sted Balangen År 1970 Art Bekkesed. Anm.

Innv. / 19 av Oppst. / 19 av Angi met. Kornst. 180µ

	6	7	8	9	10	11	12	21	25	29	33	37			
Dato	21/77					21/77					21/77				
Navn	ESB					ESB					ESB				
1. st. ppm/avl.	1/20					5/100					95/100				
2. st. ppm/avl.	200/0.5					95/10					200/10				
Prøvenr. A															
Prøvenr. B	Pa					Zn					Cd				
321	04					27					08				
	06					24					03				
	06					28					06				
	05					27					08				
	08					27					09				
	03					32					04				
	02					24					04				
	02					21					05				
	02					25					05				
330	03					28					05				
	02					30					05				
	02					28					05				
	03					28					04				
	02					31					04				
	02					30					03				
	03					29					05				
	—					—					—				
	03					26					05				
	04					28					05				
340	05					26					05				

Stativ Serie

Stativ Serie

Oppdr. 1 2 3 4 5
1010

Kortnr. 11

Org./till./rett. 12

Innv. lg Fort 20 ml

Sted Balangen År 1970 Art. Belckesed Anm.

Innv. / 19 av Oppsl. / 19 av Anal. met. Kornst. 180 µ

6 7 8 9 10					17	21	25	29	33	37
Dato					21/7-71	21/7-71	24/7-71			
Navn					ESB	ESB	ESB			
1st ppm/avl					1/20	5/100	05/10,0	/	/	/
2nd ppm/avl					005/0,5	05/10	005/1,0	/	/	/
A										
Prövnr. B					Aa	Zn	Ca	V		
341					02	24	06			
					05	19	03			
					08	51	07			
					06	58	06			
					05	43	07			
					06	58	08			
					06	52	06			
					04	75	08			
					06	109	09			
350					05	102	07			
					03	56	04			
					04	53	03			
					05	50	06			
					05	47	06			
					03	38	07			
					03	52	05			
					04	31	04			
					03	52	09			
					03	62	06			
360					04	54	06			

Oppdr. 1 2 3 4 5
1010

Kort nr. 11

Org/till/rett 12

Innv. lg Fort 20m

Sted Balangen År 1970 Art Bekkased. Anm Reanalyse

Innv. / 19 av Oppsl. / 19 av Ansl met Korast 780

	6	7	8	9	10	13	17	21	25	29	33	37
Dato	21/7 71						21/7 71	22/7 71				
Navn	ESB						ESB	ESB				
1. st. ppm/avl	1/20						5/100	05/100	/	/	/	/
2. st. ppm/avl	022/05						05/10	005/2,0	/	/	/	/
A												
Prøvenr	B						Ca	Zn	Cd	V		
361	04						42	06				
	04						43	07				
	05						36	04				
	05						50	06				
	04						59	06				
	03						44	04				
	03						55	04				
	03						53	04				
	02						43	07				
370	05						54	06				
	04						83	09				
	03						64	05				
	04						70	09				
	01						35	04				
375	03						44	06				

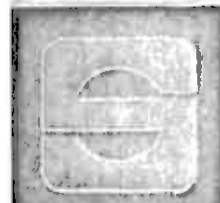
Stavanger Staal as

TIDLIGERE STAVANGER ELECTRO-STAAVERK A.S.

4100 Jørpeland. Tlf. 044 *47200. Telex 33093. Giro: Post 66950. Bank 5343.05.00011. Bergens Privatbank, 4300 Sandnes

Norges Geologiske Undersøkelser
Leif Erikssonsvei 39

7000 TRONDHEIM



9.12.70
K
Jm. 4383

Deres ref.

Deres brev av

Vår ref.

Postnr., sted, datum

TG/MB

4100 Jørpeland, 7.12.70

GEOKJEMISKE UNDERSØKELSER I RÅNAFELTET, BALLANGEN.

Vi bekrefter for ordens skyld vår bestilling av geokjemiske undersøkelser med bekkersediment-metoden over en del av Rånafeltet, inklusive Bruvannsførekkomsten, kfr. NGU's program for prøvetakingen av 30.9.70.

Det ville være ønskelig å få rapporten så snart som mulig på nyåret 1971. Bestemmelsene ønskes i første omgang gjort på elementene Ni, Cu, Co, Cr, Mn og Fe.

Med hilsen
pr STAVANGER STAAL A/S
for adm. direktør Knut Kluge

R. Mydland
regnskapssjef

Oppdragsgiver:
STAVANGER STAAL A/S

NGU Rapport nr. 1010

Geokjemiske undersøkelser 1970
RÅNA NIKKELMALMFELT
Ballangen, Nordland fylke

Saksbearbeider:
Geokjemiker Björn Bölviken

Norges geologiske undersøkelse
Kjemisk avdeling,
Boks 3006,
7001 TRONDHEIM

INNHold

Side

INNLEDNING	1
METODIKK	2
Prøvetaking	2
Prøvebehandling og analysering	2
Statistisk behandling, kartfremstilling	3
RESULTATER	3
VURDERING OG KONKLUSJON	8
ANBEFALING	10

BILAG

Appendiks 1. Statistisk bearbeiding.

Tegninger:

1010 - 1	Prøvenummer	1:50 000
2	-"-	1:20 000
3	Syreløselig Ni	1:50 000
4	-"- Cu	-"-
5	-"- Co	-"-
6	-"- Cr	-"-
7	-"- Mn	-"-
8	-"- Fe	-"-
9	-"- Ni	1:20 000
10	-"- Cu	-"-
11	-"- Co	-"-
12	-"- Cr	-"-
13	-"- Mn	-"-
14	-"- Fe	-"-

INNLEDNING

Bergingeniør Karl Ingvaldsen har i august 1970 gitt en vurdering av Råna Nikkelfelt i Ballangen [*], og foreslår i de videre arbeider følgende geokjemiske undersøkelser: "Geokjemiske feltarbeider med innsamling av bekkesedimenter, jordprøver og prøver for studium av fastfjellsgeokjemi og bakgrunnsverdier. Forsøk med analyse av grunnvannskilder nær forekomsten med henblikk på variasjon i innholdet av tungmetaller som malmletingsmetode".

Det kjente potensielle nikkelfelt er på ca. 60 km². NGU har etter oppdrag av Stavanger Staal A/S undersøkt fordelingen av Ni, Co, Cu, Cr, Fe og Mn i bekkesedimenter fra følgende områder innenfor dette felt:

1. I bekkene som drenerer forekomstene ved Bruvann (Arneselven og Storelven med tillöp), ca. 15 km².
2. I to bekker innerst i Ballangen som drenerer glimmer-skifer, 2 - 3 km².
3. I alle bekker som krysser E6 mellom Ballangen og Skjærviken, ca. 20 km veilengde.

Undersøkelsen er således å betrakte som et orienterende forsök, og dens hensikt er å skaffe svar på spørsmål som:

1. I hvilken grad kan geokjemisk kartlegging påregnes å skaffe informasjoner av verdi for en vurdering av feltet, og bör geokjemiske undersøkelser av sporelementer i bekkesedimenter inngå i en fremtidig malmleting i et større område rundt forekomstene.
2. Hvilken prøvetakingstetthet bör en eventuelt bruke.
3. Hvilke metaller bör det analyseres på.
4. Hvilken rolle spiller forurensning fra kjente gruver og skjerp.

[*] Fotnote: Bruvannsforekomsten, Råna nikkelmalmfelt i Ballangen, Nordland fylke.
Vurdering ved bergingeniør Karl Ingvaldsen, august 1970.

Prøvetakingen ble utført av Asbjörn Holmen og Terje Holmen i oktober 1970. Etter avtale med Stavanger Staal A/S ble prøvene analysert på Ni, Co, Cu, Cr, Fe og Mn. Denne rapport beskriver metoder og oppnådde resultater. Alle resultater er plottet på kart, og i teksten gitt en kortfattet vurdering. Til slutt er det foreslått et opplegg for videre undersøkelser.

METODIKK

Prøvetaking.

Prøvene langs E6 ble tatt ca. 40 m ovenfor veien i alle bekker som krysser veien. Ved hvert prøvested ble det tatt to prøver A og B, med ca. 10 m mellomrom. De øvrige prøver ble tatt ved å følge bekkene til fots med ca. 100 m avstand mellom hvert prøvested. Det ble her tatt en prøve ved hvert prøvested. Avstander ble skrittet. Prøvene ble tatt fra aktive sedimenter under vann midt i bekken, eller minst 1 m fra bekkebredden. På prøvetakingsstedet ble prøven våtsiktet gjennom nylonduk med maskevidde 600 micron og 180 micron. Både finfraksjon og mellomfraksjon ble tatt vare på. Prøvene ble emballert i merkede papirposer og sendt til NGU's laboratorier i Trondheim.

Prøvebehandling og analysering.

I Trondheim ble prøvene tørket i varmluft ved ca. 80° C. 1 g av den tørrede finfraksjon (- 180 micron) ble behandlet i reagensglass med 5 ml HNO₃ 1:1 3 timer på kokeplate ved ca. 110° C. Etter avkjøling ble oppløsningen fortynnet til 20,3 ml og filtrert gjennom nylonfilter, maskevidde 20 micron. Den filtrerte løsning ble oppbevart på glassflaske med plasthette. Ni, Co, Cu, Cr, Fe og Mn ble bestemt ved atomabsorpsjonspektrometri i denne løsning. Til standarder ble brukt metallsalter løst i HNO₃ 1:8.

Statistisk behandling, kartfremstilling.

Frekvensfordelingen for hvert metall ble regnet ut med EDB.

Prøvene ble for dette formål delt i to:

1. Prøvene tatt langs vei, (32 veiprøver) som ble antatt noenlunde å representere bakgrunnsfordelingen.
2. De øvrige prøver (275 detaljprøver). I denne gruppe er prøver fra kjente forekomster overrepresentert.

De oppnådde frekvenser ble kumulert og tegnet på sannsynlighetspapir med logaritmisk abscisse. En slik fremstilling er et hjelpemiddel til å estimere:

1. Om fordelingene er tilnærmet lognormale.
2. Om det er en eller flere fordelinger i materialet.
3. Sentralverdier og spredning for fordelingene.

Appendiks 1 gir nærmere beskrivelse av den statistiske behandling.

For kartfremstillingen ble metallkonsentrasjonene gruppert etter en geometrisk rekke (like avstander på logaritmisk skala). Ved en 5-deling av hver tierpotens fremkommer ved avrunding følgende skala som begrensning for konsentrasjonsgruppene:

10, 15, 25, 40, 65, 100, 150, osv.

Hver konsentrasjonsgruppe er på kartene symbolisert med en fylt sirkel. Sirkelstørrelsen öker med ökende konsentrasjon.

Analyseresultatet står angitt som tall ved siden av symbolet.

(Enhet: % for Fe, forövrig ppm = parts per millon = gram per tonn).

RESULTATER

Det er tegnet to kart for hvert metall, ett i målestokk 1:50 000 som viser prøvene tatt langs vei, og ett i målestokk 1:20 000 som viser de övrige prøver. På hvert kart er vedkommende frekvensfordeling inntegnet. Fölgende kart finnes som bilag bak i rapporten:

1010 - 1	Prövenummer	1:50 000
2	-"-	1:20 000
3	Nikkel	1:50 000
4	Kobber	-"-
5	Kobolt	-"-
6	Krom	-"-
7	Mangan	-"-
8	Jern	-"-
9	Nikkel	1:20 000
10	Kobber	-"-
11	Kobolt	-"-
12	Krom	-"-
13	Mangan	-"-
14	Jern	-"-

Nedenfor gis en kort beskrivelse av resultatene idet det vises til diagram for frekvensfordeling og til kartbildet.

Nikkel. Tegning 1010/3 og 1010/9.

Frekvensfordeling.

Detaljprøvene har et nikkelinnhold som er omtrent dobbelt så stort som nikkelinnholdet i prøvene tatt langs vei. Resultatenes spredning (hellingen på kurven) er omtrent den samme i begge tilfeller. Begge kurver har en knekk ved omtrent samme abscisseverdi, ca. 45 ppm. For detaljprøvene kommer knekken ved ordinaten ca. 55 %, for vei prøvene ved ordinaten ca. 80 %. Knekken indikerer at det finnes to fordelinger i hvert tallmateriale. Den ene fordelingen (tilsvarende B i appendiks 1) vil omtrent falle sammen med nederste del av kurven for vei prøver. Den andre fordelingen (tilsvarende A i appendiks 1) er flatere og ligger lengre til høyre. Den førstnevnte representerer rimeligvis bakgrunnen, og den andre fordelingen anomaliene. I de 32 vei prøver er det anslått å være 20 % anomali-prøver, i de 275 detaljprøver ca. 40 % anomali-prøver.

Kartbildet.

1. Bekkesedimenter fra områder med glimmerskifer har lavere nikkelinnhold enn bekkesedimenter fra basiske og ultrabasiske eruptiver.
2. Det er høye nikkelkonsentrasjoner i området nord for de kjente forekomster ved Bruvann, og i to prøver ved Råna der det geologiske kartet viser olivinbergarter i dreneringsfeltet.
3. Det er en tydelig nikkelanrikning i midterste del av det sydlige tillöp til Bruvann.

Kobber. Tegning 1010/4 og 1010/10.

Frekvensfordeling.

Detaljprövene har et kobberinnhold som er omtrent dobbelt så stort som kobberinnholdet i prøvene tatt langs vei. Resultatenes spredning (hellingen på kurven) er omtrent den samme i begge tilfelle. Kurvene har ingen markerte knekkpunkter. Det er derfor sannsynligvis en lognormal fordeling i hvert tallmateriale.

Kartbildet.

1. Bekkesedimenter fra området med glimmerskifer har lavere kobberinnhold enn bekkesedimenter fra områder med basiske og ultrabasiske bergarter.
2. Langs veien er det høye kobberinnhold i to prøver ved Råna, og i tre, fire prøver nord for de kjente forekomster ved Bruvann.
3. Det er tydelig kobberanomali i tillöp fra öst til Arneselven og i Storelvens övre löp.
4. Det er tydelig kobberanrikning i midterste del av det sydlige tillöp til Bruvannet.

Kobolt. Tegning 1010/5 og 1010/11.

Frekvensfordeling.

Detaljprøvene har et koboltinnhold som er nesten dobbelt så høyt som koboltinnholdet i prøvene tatt langs vei. Resultatenes spredning er omtrent den samme i begge tilfeller. Begge kurver har en knekk ved omtrent samme abscisseverdi, ca. 20 ppm. For detaljprøvene kommer knekken ved ordinaten ca. 40 %, for vei prøvene ved ordinaten ca. 80 %. Knekken indikerer at det finnes to fordelinger i hvert tallmateriale. Den ene fordeling (tilsvarer B i appendiks 1) faller omtrent sammen med nederste del av kurven for vei prøver. Den andre fordelingen (tilsvarer A i appendiks 1) har større sentralverdi og større spredning. Den førstnevnte fordelingen representerer rimeligvis bakgrunnen, og den andre fordelingen anomaliene. I 32 vei prøver er det anslått å være ca. 20 % anomale prøver, i de 275 detaljprøver ca. 60 % anomale prøver.

Kartbildet.

1. Prøvene fra glimmerskifer er ikke vesentlig lavere enn prøvene fra basiske intrusiver.
2. Langs veien er det relativt høye koboltinnhold nord for Bruvannsfeltet og i to prøver ved Råna.
3. Det er tydelig koboltanomali i Arneselvans tilløp fra øst og særlig i midtre parti av Storelven.
4. Det er også en koboltanrikning i midterste del av sydligste tilløp til Bruvannet.

Krom. Tegning 1010/6 og 1010/12.

Frekvensfordeling.

Detaljprøvene har et krominnhold som er bortimot 1,5 ganger så høyt som krominnholdet i vei prøvene. Resultatenes spredning er omtrent den samme i begge tilfeller. Kurvene har ingen markerte knekkpunkter.

Kartbildet.

1. Bekkesedimentene fra området med glimmerskifer har omtrent samme krominnhold som bekkesedimentene fra basiske intrusiver.
2. Langs veien er det relativt høye krominnhold særlig i to bekker nord for Bruvannsfeltet, og ellers noe høyt krominnhold ved Råna.
3. Det er en tydelig kromanomali i tillöp fra öst til Arneselven og i nedre del av Storelven og dens tillöp fra vest.
4. Det er en meget tydelig kromanrikning i nederste del av det sydlige tillöp til Bruvannet.

Mangan. Tegning 1010/7 og 1010/13.

Frekvensfordeling.

Det er ingen påvisbar forskjell i frekvensfordelingen for Mn i veiprövene og i detaljprövene.

Kartbildet.

1. Glimmerskifer og basiske intrusiver viser omtrent samme manganinnhold i sedimentene.
2. Langs veien virker mangankonsentrasjonene tilfeldig fordelt.
3. Det er konstant høyt manganinnhold i tillöp fra öst til Arneselven, spredte manganinnhold finnes ellers noenlunde tilfeldig fordelt over hele kartet.

Jern. Tegning 1010/8 og 1010/14.

Frekvensfordeling.

Det er ingen påvisbar forskjell mellom frekvensfordelingen for jern i veiprövene og i detaljprövene.

Kartbildet.

1. Det er ingen klar forskjell i jerninnhold i prøver fra glimmerskifer og prøver fra basiske intrusiver.
2. Langs veien er det høye jerninnhold i en prøve ved Saltvik og to prøver ved Skjærviken.
3. Det er en tydelig jernanrikning i tillöp fra öst til Arneselven.
4. Det er en jernanrikning i överste parti av vestligste del av tillöp fra syd til Bruvannet.

VURDERING OG KONKLUSJON

1. Kartlegging av Ni, Co, Cu, Cr, Fe og Mn i bekkersedimenter i Rånafeltet viser anomalier
 - a) ved kjente forekomster.
 - b) enkelte steder utenom de kjente forekomstene.

Bestemmelse av sporelementer i bekkersedimenter kan derfor anbefales som malmletingsmetode i Rånafeltet.

2. Ved en prøvetakingstetthet på ca. 100 meter langs bekkene opptrer anomaliene i opptil 28 påfølgende punkter. Ved systematisk prøvetaking bör anomaliene vises i minst 3 punkter langs bekken. En prøvetakingsavstand på mellom 300 og 500 meter synes rimelig ved fremtidige undersøkelser.
3. Nikkel gir det tydeligste anomalibilde, men også kobolt, kobber og krom viser anomalimönstre som må ha sammenheng med Ni-mineraliseringen. Jern- og manganfordelingen har også en viss relasjon til mineraliseringene, men denne relasjon er ikke entydig da høye innhold av jern og mangan også opptrer i bakgrunnsområdene. I litteraturen er det rapportert at jern- og manganutfellinger på bekkersedimenter

kan forårsake falske anomalier av slike sporelementer som Co, Cu og Zn. NGU's erfaringer viser at den slags falske anomalier også kan dannes under norske forhold. Jern- og manganmønsteret kan derfor være en støtte ved prioritering av anomalier på andre tungmetaller.

Edelmetaller kan tenkes å forekomme i tilknytning til nikkel-mineraliseringer, men fordelingen av edelmetaller i Rånafeltet er lite kjent. Det kunne derfor være ønskelig å analysere bekkesedimentprøvene på Ag, som er det eneste edelmetall NGU har hurtigmatoder for.

4. I prinsippet kan man skille mellom 2 hovedårsaker til høye metallinnhold i bekkesedimenter:
 1. Naturlig høyt metallinnhold innenfor dreneringsfeltet.
 2. Forurensning fra gruver og skjerp.

Hvilken andel forurensninger fra gruver og skjerp representerer i en gitt situasjon, lar seg ikke uten videre bedømme. Rimeligvis er det relativt stor grad av forurensning i Arneselven. Likevel tyder anomaliene i mer jomfruelig terreng i Ballangen på at naturlig høyt Ni-, Cu-, Co-, Cr-innhold i et dreneringsfelt vil avspeiles i bekkesedimentene. Ved anvendelse av metoden i mer ukjent terreng, må man derfor vente at noen anomalier kan vise seg å være forårsaket av skjerp. Det er for såvidt mulig at de anomalifordelinger som er nevnt under RESULTATER kan skyldes forurensning. Dette betyr ikke nødvendigvis at metoden er ubrukbar, men at det under ellers like forhold blir flere anomalier å følge opp enn i områder uten skjerp. Jern- og manganinnholdet i sedimentene kan muligens være en hjelp også i denne forbindelse, idet det ser ut til at gruver og skjerp gir seg utslag i høyt jern- og manganinnhold i prøvene.

ANBEFALING

1. Det anbefales å analysere de hittil innsamlede bekkesedimentprøver på sølv for å se om sølvfordelingen i prøvene kan gi ytterligere bidrag til kjennskap av feltet. Andre elementer som NGU har innarbeidede metoder for kunne også kanskje forsøkes: Zn, Cd, V.
2. Analyse av bekkesedimenter anbefales brukt i fremtidig malmleting i Rånafeltet.
3. Prøvetakingen bør utføres systematisk innenfor de ca. 60 km² noritt som er noenlunde lett tilgjengelig. Det foreslås 300 - 500 meters avstand mellom prøvene langs bekkene. I tillegg foreslås prøvetaking av bekkesedimenter også langs veiene i området, og videre i tilløpene til alle vann mellom Sjømen og Etfjord. Ved en slik arbeidsmåte måtte man kunne ha muligheter til:
 - a) Å lokalisere eventuelle lovende mineraliserte soner innenfor noritten.
 - b) På en billig måte å få indisier på eventuelle hittil ukjente nikkelførende bergartskomplekser i tilgrensende områder.
4. Da tilleggsomkostninger ved å analysere på mange elementer er relativt beskjedne i forhold til omkostningene i forbindelse med prøvetaking, sikting og oppslutting, bør prøvene analyseres på Ni, Co, Cu, Cr, Fe og Mn, etter nærmere undersøkelse eventuelt også på Ag.

Trondheim, 15. april 1971

NORGES GEOLOGISKE UNDERSÖKELSE
Kjemisk avdeling

Björn Bölviken
Björn Bölviken

Man kan skaffe seg en oversikt over en gruppe analyseresultater ved å fremstille et søylediagram eller histogram (fig. 1) på følgende måte:

Langs abscissen avsettes analyseresultatene (x) inndelt i passende grupper, langs ordinaten avsettes antall prøver (n) i hver gruppe. Hver søyle bør stå symmetrisk rundt midtpunktet i hver gruppe.

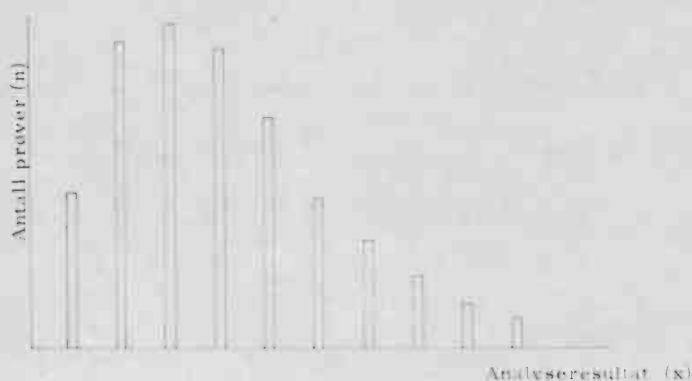


Fig. 1. Histogram.

Antall prøver i hver gruppe langs ordinaten kan omregnes til % ved å dividere med det totale antall prøver (N) i materialet og multiplisere med 100. Det tilsvarende diagram kalles da en frekvensfordeling (fig. 2).



Fig. 2. Frekvensfordeling.

Hvis man suksessivt summerer alle frekvensene og avsetter disse summene langs ordinaten, fåes en kumulativ frekvensfordeling (fig. 3).
Kumuleres nedenfra, bør hvert punkt plottes ved øvre grense av hver gruppe.

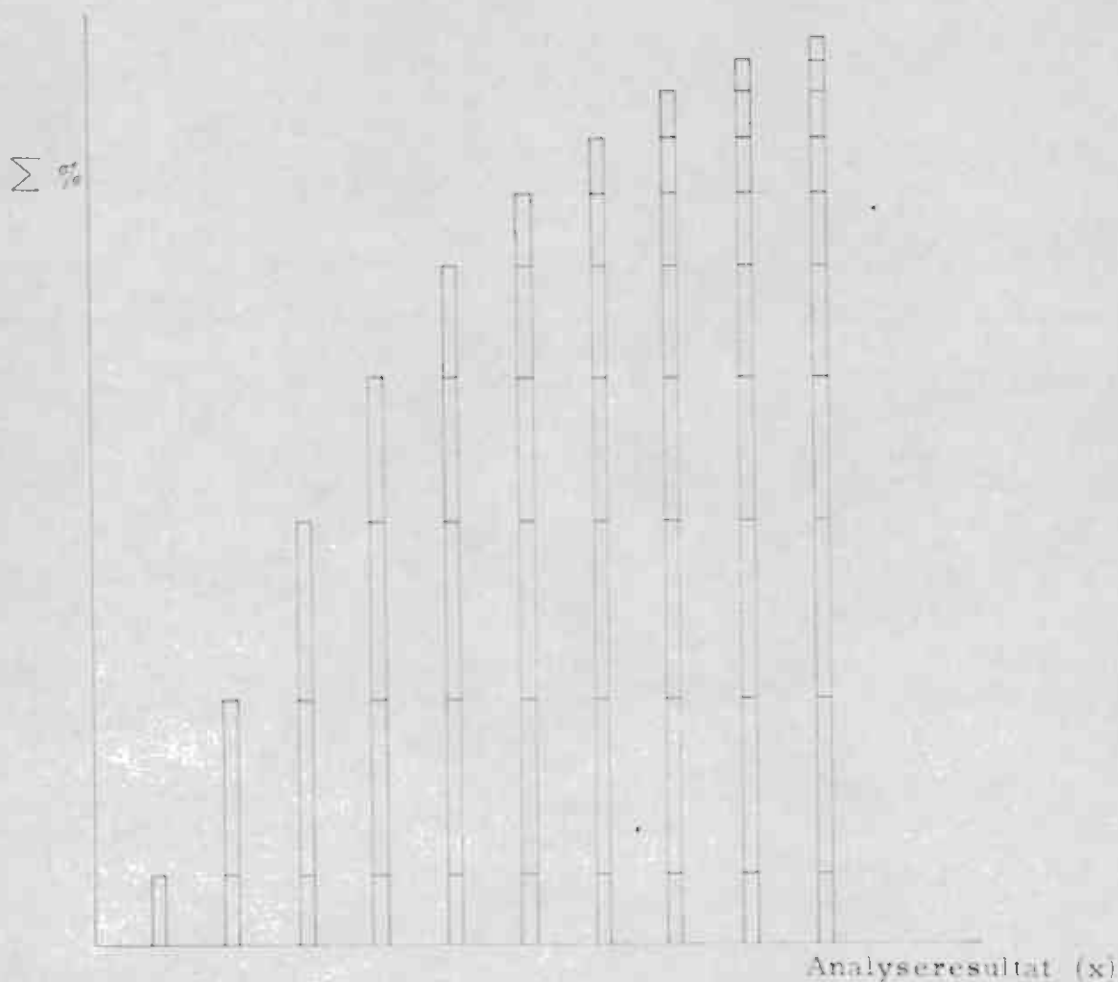


Fig. 3. Kumulativ frekvensfordeling.

En kumulativ frekvensfordeling kan avsettes på sannsynlighetspapir. Dette papir har lineær eller logaritmisk skala langs abscissen. Ordinaten er inndelt etter Gauss intergralet for normalfordeling. Når en kumulert normalfordeling fremstilles på sannsynlighetspapir med lineær abscisse, fremkommer en rett linje. En lognormal fordeling er en fordeling hvor logaritmene til den observerte verdi er normalfordelt. Følgelig vil en kumulert lognormal fordeling beskrive en rett linje når den fremstilles på sannsynlighetspapir med logaritmisk abscisse, (Fig. 4).

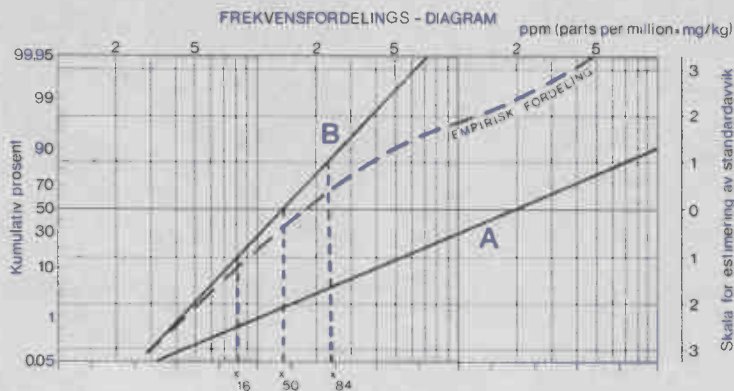


Fig. 4. Kumulative frekvensfordelinger.

Ved fremstilling på sannsynlighetspapir kan uttrykk for sentralverdi og spredning estimeres grafisk (se fig. 4, kurve B).

Sentralverdi.

Medianverdien (M) er den abscisseverdi som tilsvarer ordinaten 50 %. For lognormale fordelinger vil dette punkt falle sammen med geometrisk middel (G) av den målte variable eller med antilogaritmen til det aritmetiske middel av logaritmene til den målte variable,

$$\text{Median } (M) = x_{50\%}$$

$$\text{Geometrisk middel } (G) = \sqrt[n]{x_1 \cdot x_2 \cdots x_n} = \text{Antilog } \frac{\sum \log x}{n}$$

Spredning.

Standardavviket for logaritmene til den målte variable (x) kan estimeres grafisk ved f. eks. å subtrahere logaritmen til den abscisseverdi som tilsvarer ordinaten 50 % fra logaritmen til den abscisseverdi som tilsvarer ordinaten 84.13 %. En sikrere estimering fåes hvis man også gjør tilsvarende avlesning for nedre halvdel av kurven (ved henholdsvis 50 og 15.87 %).

$$S_{\log x} = \frac{1}{2} [(\log x_{84} - \log x_{50}) + (\log x_{50} - \log x_{16})] = \frac{1}{2} \left[\log \frac{x_{84}}{x_{50}} + \log \frac{x_{50}}{x_{16}} \right]$$

Et hensiktsmessig mål for spredningen, uttrykt direkte ved den målte variable, for bruk i geokjemisk prospektering er antilogaritmen til standardavviket for logaritmen til den målte variable (x). Denne størrelse kalles det geometriske avvik (S').

$$S' = \text{antilog } S_{\log x} = \sqrt{\frac{x_{84}}{x_{50}}} \cdot \sqrt{\frac{x_{50}}{x_{16}}} = \sqrt{\frac{x_{84}}{x_{16}}}$$

For også å ta hensyn til medianverdien kan følgende tilnærmede formel brukes i praksis

$$S' = \frac{1}{2} \left[\frac{x_{84}}{x_{50}} + \frac{x_{50}}{x_{16}} \right]$$

NB. De angitte mål for sentralverdi og spredning ved lognormal fordeling må ikke forveksles med aritmetisk middel (α) og standardavvik (β) for ikke log-transformerte data. Størrelsene α og β kan beregnes etter følgende formler (Aitchison & Brown 1966, s. 8).

$$\alpha = \exp \left[\frac{\sum 2,3 S_{\log x}}{n} + \frac{1}{2} (2,3 S_{\log x})^2 \right]$$

$$\beta = \exp \left[(2,3 S_{\log x})^2 - 1 \right]$$

Man skal spesielt merke seg at for lognormale fordelinger er det aritmetiske middel (α) regnet ut etter ovenstående formel, et bedre estimat av populasjonens aritmetiske middel enn det mer nærliggende estimat

$$\bar{x} = \sum_{j=1}^n \frac{x_j}{n} \quad \text{som kan gi for høyt resultat.}$$

Ahrens (1954) påstod at frekvensfordelinger for elementer i geologisk materiale vanligvis er lognormale. Tallrike forfattere har senere vist at loven om lognormalitet ofte stemmer godt for sporelementer. Når geokjemiske sporelementdata fremstilles på logaritmisk sannsynlighetspapir, fåes derfor ofte tilnærmet rette linjer.

Bruken av logaritmisk sannsynlighetspapir i geokjemisk prospektering er introdusert av Tennant and White (1959) og senere diskutert av Lepeltier (1969) som også viser den praktiske arbeidsmåte.

Noen ganger er kurvene for geokjemiske data rettlinjete i midtpartiet på begge sider av ordinaten 50 %, men bøyer av i begge ender. Denne avbøyning kan skyldes lavt prøveantall eller at analysemetodens relative nøyaktighet varierer med konsentrasjonen. Hvis prøveantallet er stort nok, og avbøyningen fra den rette linje ikke bare inntreffer i ekstreme deler av kurven, kan man hvis avbøyningen følger bestemte mønstre, ha en kombinasjon av 2 eller flere lognormale fordelinger. Hvis man har 2 fordelinger (bimodal fordeling), kan det være mulig å skille de to fordelinger ved grafisk løsning (Bolviken 1971). I noen tilfelle kan da den ene fordeling betraktes som den geokjemiske bakgrunn (fig. 4, kurve B), og den andre fordeling som den geokjemiske anomali (fig. 4, kurve A). Ved kartfremstilling av slike data, vil det ofte være gunstig å gruppere analyseresultatene i intervaller begrenset av hele multiplum av bakgrunnens standardavvik. Antall grupper vil da variere med hvordan bakgrunnsfordelingen ligger i forhold til den empiriske fordeling. Hver gruppe gies et karttegn. For bekkesedimenter bør karttegnet oftest være en fylt sirkel, der sirkelstørrelsen øker med økende konsentrasjon.

Det kan ellers være hensiktsmessig å velge en universell oppdeling av konsentrasjoner når man skal fremstille kart over geokjemiske data. Spesielt gjelder dette ved regionale undersøkelser når de gjennomføres i flere etapper. Ved universell oppdeling sikrer man da samme gruppering av konsentrasjonene på ethvert stadium av undersøkelsene, slik at resultat-kartenes tegnforklaring blir ensartet over hele det undersøkte område. Siden fordelingene oftest er lognormale, bør en universell oppdeling være slik at den gir like intervaller på en logaritmisk skala. Dette vil si at grensene for konsentrasjonsgruppene danner en geometrisk rekke.

En hensiktsmessig fremgangsmåte vil det da være å dele hver tierpotens i like store deler. Tabellen nedenfor angir de konsentrasjonsgrenser og intervaller man får ved deling av logaritmene mellom hver tierpotens i henholdsvis 3, 4 og 5 like deler:

3-deling av hver tierpotens			4-deling av hver tierpotens			5-deling av hver tierpotens		
Grense	Avrundet	Intervall	Grense	Avrundet	Intervall	Grense	Avrundet	Intervall
1,00	1,00		1,00	1,00		1,00	1,00	
2,15	2,20	1,01- 2,20	1,78	1,80	1,01- 1,80	1,58	1,50	1,01- 1,50
4,63	4,60	2,21- 4,60	3,17	3,20	1,81- 3,20	2,50	2,50	1,51- 2,50
10,0	10,00	4,61- 10,00	5,63	5,60	3,21- 5,60	3,89	4,00	2,51- 4,00
21,5	22,0	10,1 - 22,0	10,00	10,00	5,61- 10,0	6,30	6,50	4,01- 6,50
46,3	46,0	22,1 - 46,0	17,80	18,00	10,0 - 18,0	10,00	10,00	6,51- 10,00
100,0	100,0	46,1 - 100,0	31,70	30,00	18,1 - 32,0	15,80	15,00	10,01- 15,00
osv.	osv.	osv.	56,40	56,00	32,1 - 56,0	25,00	25,00	15,01- 25,00
			osv.	osv.	osv.	38,90	40,00	25,01- 40,00
						osv.	osv.	osv.

Tabell 1. Konsentrasjonsgruppering for geokjemiske kart.

På bakkersedimentkart i sort/hvitt bør hver gruppe også i dette tilfelle symboliseres med fylt sirkel, hvis størrelse øker med økende konsentrasjon. Størrelsen på karttegnene velges ut fra praktiske kriterier. Et mål for hvor "høy" en konsentrasjon er, fås best ved å undersøke hvor på frekvensfordelingen konsentrasjonen ligger, dvs. hvor sjelden den er.

I litteraturen støter man på begrepet terskel (engelsk: threshold) som betegnelsen på grenseområdet mellom bakgrunn og anomali. Ofte defineres da terskel som den konsentrasjon som bare overskrides av 2,5% av prøvene (ved monomodale, normale og lognormale fordelinger svarer dette til 2 standardavvik over medianen). Det synes rimelig å anvende terskel som den grense som overskrides av "høye prøver". Hvis begrepene bakgrunn og anomali oppfattes som statistiske fordelinger, blir nemlig den tradisjonelle definisjon av begrepet terskel meningsløs. Det ligger i dette at begrepet geokjemisk anomali ikke bør knyttes ene og alene til forekomst av høye prøver. Også særtrekk ved den geografiske fordeling av konsentrasjoner i mer sentrale deler av konsentrasjonsskalaen kan tillegges betydning ved tolkning av geokjemiske kart.

NGU, mai 1971.

Litteratur.

- Ahrens, L.H. (1954). The lognormal distribution of the elements. *Geochim. et Cosmochim. Acta* 5, 49-73. Ibid 6, 121-131.
- Aitchison, I., Brown, J.A.C. (1966). *The lognormal distribution*. Cambridge University Press, 176 s.
- Bolviken, B. (1971). A statistical approach to the problem of interpretation in geochemical prospecting. *Can. Inst. Mining Met.*, No. 11.
- Koch, G.S., Link, R.F. (1970). *Statistical analysis of geological data*. John Wiley & Sons, s. 213-243.
- Leplatier, C. (1969). A simplified statistical treatment of geochemical data by graphical representation. *Econ. Geology* 64, 538-550.
- Tessant, C.B., White, M.L. (1959). Study of the distribution of some geochemical data. *Econ. Geology*, 54, 1281-1290.

Man kan skaffe seg en oversikt over en gruppe analyseresultater ved å fremstille et søylediagram eller histogram (fig. 1) på følgende måte:

Langs abscissen avsettes analyseresultatene (x) inndelt i passende grupper, langs ordinaten avsettes antall prøver (n) i hver gruppe. Hver søyle bør stå symmetrisk rundt midtpunktet i hver gruppe.

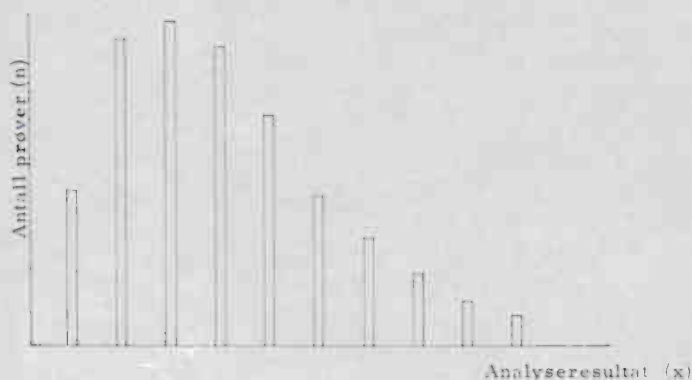


Fig. 1. Histogram.

Antall prøver i hver gruppe langs ordinaten kan omregnes til % ved å dividere med det totale antall prøver (N) i materialet og multiplisere med 100. Det tilsvarende diagram kalles da en frekvensfordeling (fig. 2).

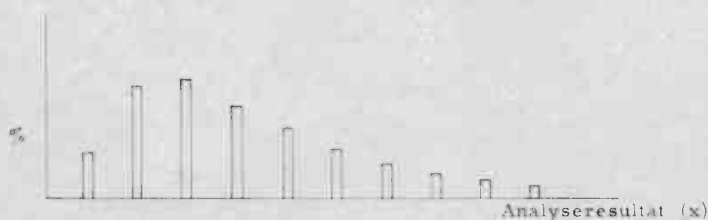


Fig. 2. Frekvensfordeling.

Hvis man suksessivt summerer alle frekvensene og avsetter disse summene langs ordinaten, fås en kumulativ frekvensfordeling (fig. 3).

Kumuleres nedenfra, bør hvert punkt plottes ved øvre grense av hver gruppe.

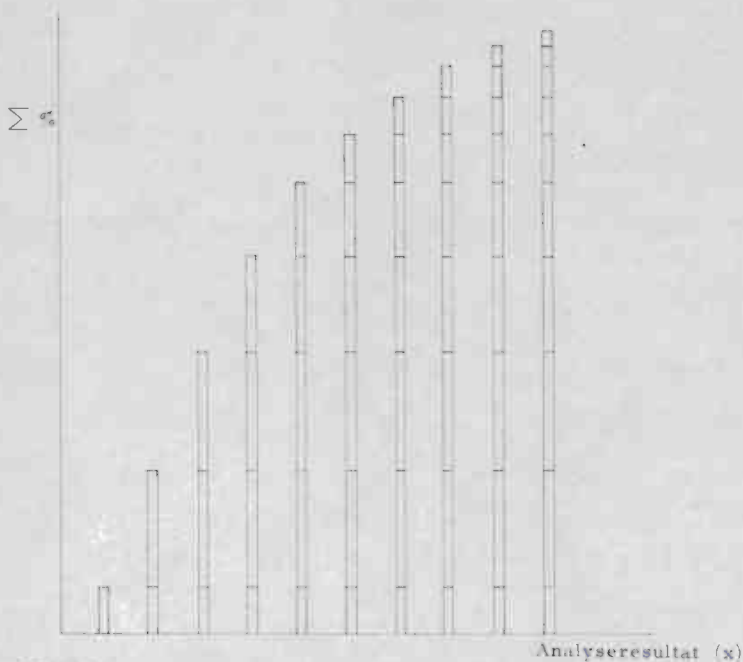


Fig. 3. Kumulativ frekvensfordeling.

En kumulativ frekvensfordeling kan avsettes på sannsynlighetspapir. Dette papir har lineær eller logaritmisk skala langs abscissen. Ordinaten er inndelt etter Gauss intergralet for normalfordeling. Når en kumulert normalfordeling fremstilles på sannsynlighetspapir med lineær abscisse, fremkommer en rett linje. En lognormal fordeling er en fordeling hvor logaritmene til den observerte verdi er normalfordelt. Følgelig vil en kumulert lognormal fordeling beskrive en rett linje når den fremstilles på sannsynlighetspapir med logaritmisk abscisse. (Fig. 4).

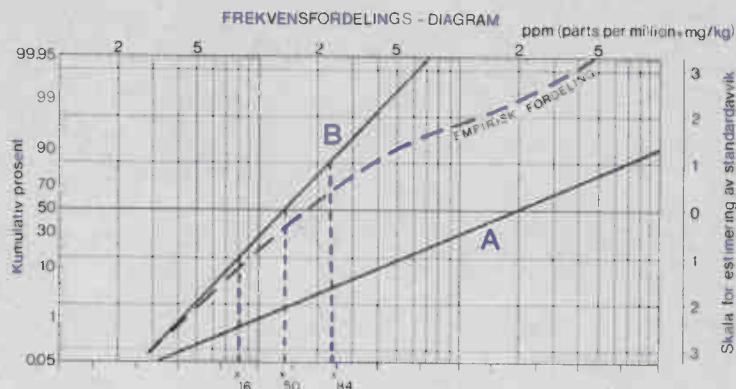


Fig. 4. Kumulative frekvensfordelinger.

Ved fremstilling på sannsynlighetspapir kan uttrykk for sentralverdi og spredning estimeres grafisk (se fig. 4, kurve B).

Sentralverdi.

Medianverdien (M) er den abscisseverdi som tilsvarer ordinaten 50 %. For lognormale fordelinger vil dette punkt falle sammen med geometrisk middel (G) av den målte variable eller med antilogarithmen til det aritmetiske middel av logaritmene til den målte variable.

$$\text{Median } (M) = x_{50\%}$$

$$\text{Geometrisk middel } (G) = \sqrt[n]{x_1 \cdot x_2 \cdot \dots \cdot x_n} = \text{Antilog } \frac{\sum \log x}{n}$$

Spredning.

Standardavviket for logaritmene til den målte variable (x) kan estimeres grafisk ved f.eks. å subtrahere logaritmen til den abscisseverdi som tilsvarer ordinaten 50 % fra logaritmen til den abscisseverdi som tilsvarer ordinaten 84,13 %. En sikrere estimering fås hvis man også gjør tilsvarende avlesning for nedre halvdel av kurven (ved henholdsvis 50 og 15,87 %).

$$S_{\log x} = \frac{1}{2}[(\log x_{84} - \log x_{50}) + (\log x_{50} - \log x_{16})] = \frac{1}{2} \left[\log \frac{x_{84}}{x_{50}} + \log \frac{x_{50}}{x_{16}} \right]$$

Et hensiktsmessig mål for spredningen, uttrykt direkte ved den målte variable, for bruk i geokjemisk prospektering er antilogaritmen til standardavviket for logaritmen til den målte variable (x). Denne størrelse kalles det geometriske avvik (S').

$$S' = \text{antilog } S_{\log x} = \sqrt{\frac{x_{84}}{x_{50}}} \cdot \sqrt{\frac{x_{50}}{x_{16}}} = \sqrt{\frac{x_{84}}{x_{16}}}$$

For også å ta hensyn til medianverdien kan følgende tilnærmede formel brukes i praksis

$$S' = \frac{1}{2} \left[\frac{x_{84}}{x_{50}} + \frac{x_{50}}{x_{16}} \right]$$

NB. De angitte mål for sentralverdi og spredning ved lognormal fordeling må ikke forveksles med aritmetisk middel (α) og standardavvik (β) for ikke log-transformerte data. Størrelsene α og β kan beregnes etter følgende formler (Aitchison & Brown 1966, s. 8).

$$\alpha = \exp \left[\frac{\sum 2,3 S_{\log x}}{n} + \frac{1}{2} (2,3 S_{\log x})^2 \right]$$

$$\beta = \exp \left[(2,3 S_{\log x})^2 - 1 \right]$$

Man skal spesielt merke seg at for lognormale fordelinger er det aritmetiske middel (α) regnet ut etter ovenstående formel, et bedre estimat av populasjonens aritmetiske middel enn det mer nærliggende estimat

$$\bar{x} = \sum_{j=1}^n \frac{x_j}{n} \quad \text{som kan gi for høyt resultat.}$$

Ahrens (1954) påstod at frekvensfordelinger for elementer i geologisk materiale vanligvis er lognormale. Tallrike forfattere har senere vist at loven om lognormalitet ofte stemmer godt for sporelementer. Når geokjemiske sporelementdata fremstilles på logaritmisk sannsynlighetspapir, fæses derfor ofte tilnærmet rette linjer.

Bruken av logaritmisk sannsynlighetspapir i geokjemisk prospektering er introdusert av Tennant and White (1959) og senere diskutert av Lepeltier (1969) som også viser den praktiske arbeidsmåte.

Noen ganger er kurvene for geokjemiske data rettlinjet i midipartiet på begge sider av ordinaten 50 %, men bøyer av i begge ender. Denne avbøyning kan skyldes lavt prøveantall eller at analysemetodens relative påvirkning varierer med konsentrasjonen. Hvis prøveantallet er stort nok, og avbøyningen fra den rette linje ikke bare inntreffer i ekstreme deler av kurven, kan man hvis avbøyningen følger bestemte mønstre, ha en kombinasjon av 2 eller flere lognormale fordelinger. Hvis man har 2 fordelinger (bimodal fordeling), kan det være mulig å skille de to fordelinger ved grafisk løsning (Bolviken, 1971). I noen tilfelle kan da den ene fordeling betraktes som den geokjemiske bakgrunn (fig. 4, kurve B), og den andre fordeling som den geokjemiske anomali (fig. 4, kurve A). Ved kartfremstilling av slike data, vil det ofte være gunstig å gruppere analyseresultatene i intervaller begrenset av hele multiplum av bakgrunns standardavvik. Antall grupper vil da variere med hvordan bakgrunnsfordelingen ligger i forhold til den empiriske fordeling. Hver gruppe gies et karttegn. For bakkersedimenter har karttegnet oftest være en fylt sirkel, der sirkelstørrelsen øker med økende konsentrasjon.

Det kan ellers være hensiktsmessig å velge en universell oppdeling av konsentrasjoner når man skal fremstille kart over geokjemiske data. Spesielt gjelder dette ved regionale undersøkelser når de gjennomføres i flere etapper. Ved universell oppdeling sikrer man da samme gruppering av konsentrasjonene på ethvert stadium av undersøkelsene, slik at resultat-kartenes tegnforklaring blir ensartet over hele det undersøkte område. Siden fordelingene oftest er lognormale, bør en universell oppdeling være slik at den gir like intervaller på en logaritmisk skala. Dette vil si at grensene for konsentrasjonsgruppene danner en geometrisk rekke.

En hensiktsmessig fremgangsmåte vil det da være å dele hver tierpotens i like store deler. Tabellen nedenfor angir de konsentrasjonsgrenser og intervaller man får ved deling av logaritmene mellom hver tierpotens i henholdsvis 3, 4, og 5 like deler:

3-delning av hver tierpotens			4-delning av hver tierpotens			5-delning av hver tierpotens		
Grense	Avrundet	Intervall	Grense	Avrundet	Intervall	Grense	Avrundet	Intervall
1,00	1,00	1,01 - 2,20	1,00	1,00	1,01 - 1,80	1,00	1,00	1,01 - 1,50
2,15	2,20	2,21 - 4,60	1,78	1,80	1,81 - 3,20	1,58	1,50	1,51 - 2,50
4,63	4,60	4,61 - 10,00	3,17	3,20	3,21 - 5,60	2,50	2,50	2,51 - 4,00
10,0	10,00	10,1 - 22,0	5,63	5,60	5,61 - 10,0	3,89	4,00	4,01 - 6,50
21,5	22,0	22,1 - 46,0	10,00	10,00	10,0 - 18,0	6,30	6,50	6,51 - 10,00
46,3	46,0	46,1 - 100,0	17,80	18,00	18,1 - 32,0	10,00	10,00	10,01 - 15,00
100,0	100,0		31,70	30,00	32,1 - 56,0	15,80	15,00	15,01 - 25,00
osv.	osv.	osv.	56,40	56,00		25,00	25,00	25,01 - 40,00
			osv.	osv.	osv.	38,90	40,00	
						osv.	osv.	osv.

Tabell 1. Konsentrasjonsgruppering for geokjemiske kart.

På bekkesedimentkart i sort/hvitt bør hver gruppe også i dette tilfelle symboliseres med fylt sirkel, hvis størrelse øker med økende konsentrasjon. Størrelsen på karttegnene velges ut fra praktiske kriterier. Et mål for hvor "høy" en konsentrasjon er, fås best ved å undersøke hvor på frekvensfordelingen konsentrasjonen ligger, dvs. hvor sjelden den er.

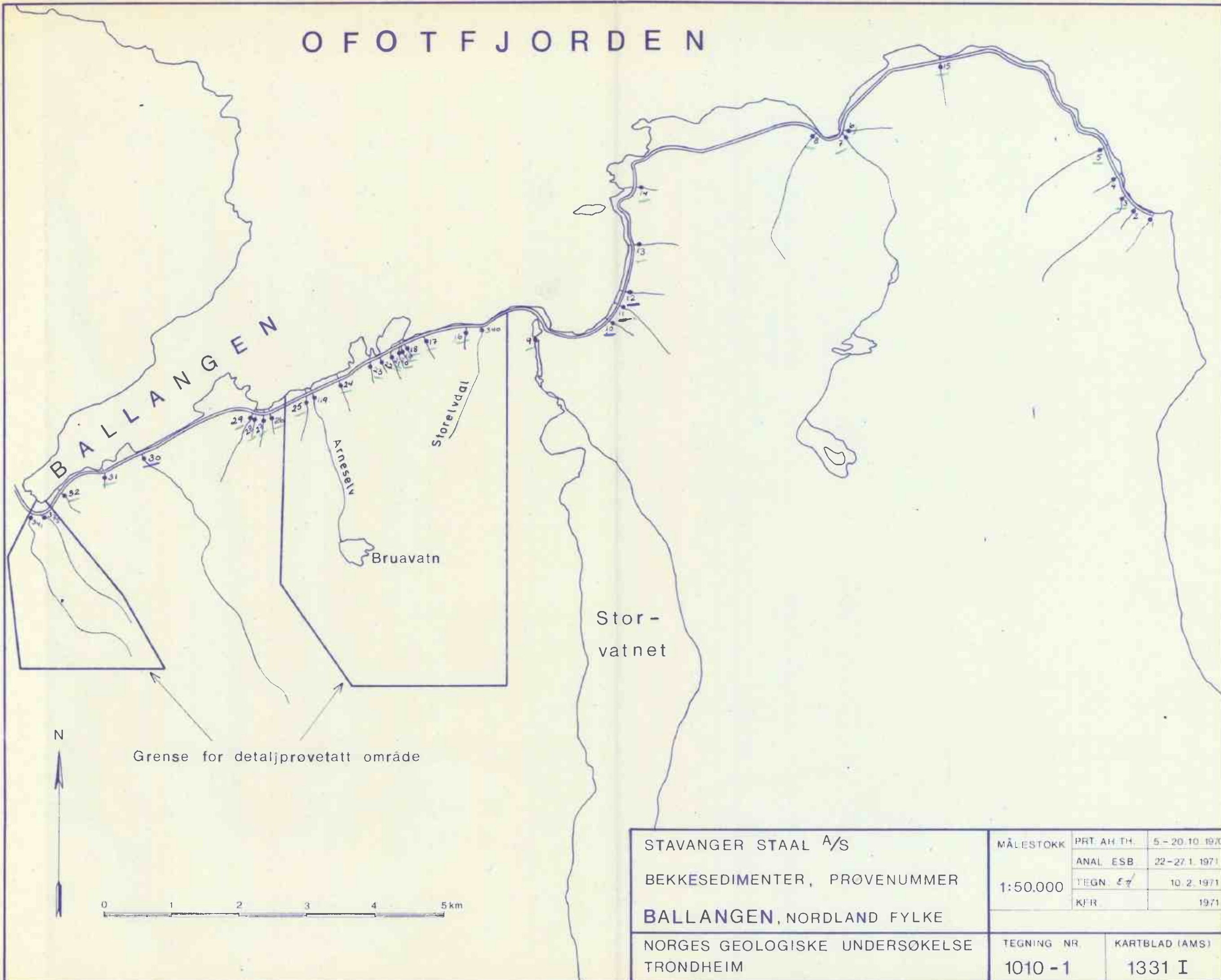
I litteraturen støter man på begrepet terskel (engelsk: threshold) som betegnelse på grenseområdet mellom bakgrunn og anomali. Ofte defineres da terskel som den konsentrasjon som bare overskrides av 2,5% av prøvene (ved monomodale, normale og lognormale fordelinger svarer dette til 2 standardavvik over medianen). Det synes rimelig å anvende terskel som den grense som overskrides av "høye prøver". Hvis begrepene bakgrunn og anomali oppfattes som statistiske fordelinger, blir nemlig den tradisjonelle definisjon av begrepet terskel meningsløs. Det ligger i dette at begrepet geokjemisk anomali ikke bør knyttes ene og alene til forekomst av høye prøver. Også sentrekk ved den geografiske fordeling av konsentrasjoner i mer sentrale deler av konsentrasjonsskalaen kan tillegges betydning ved tolkning av geokjemiske kart.

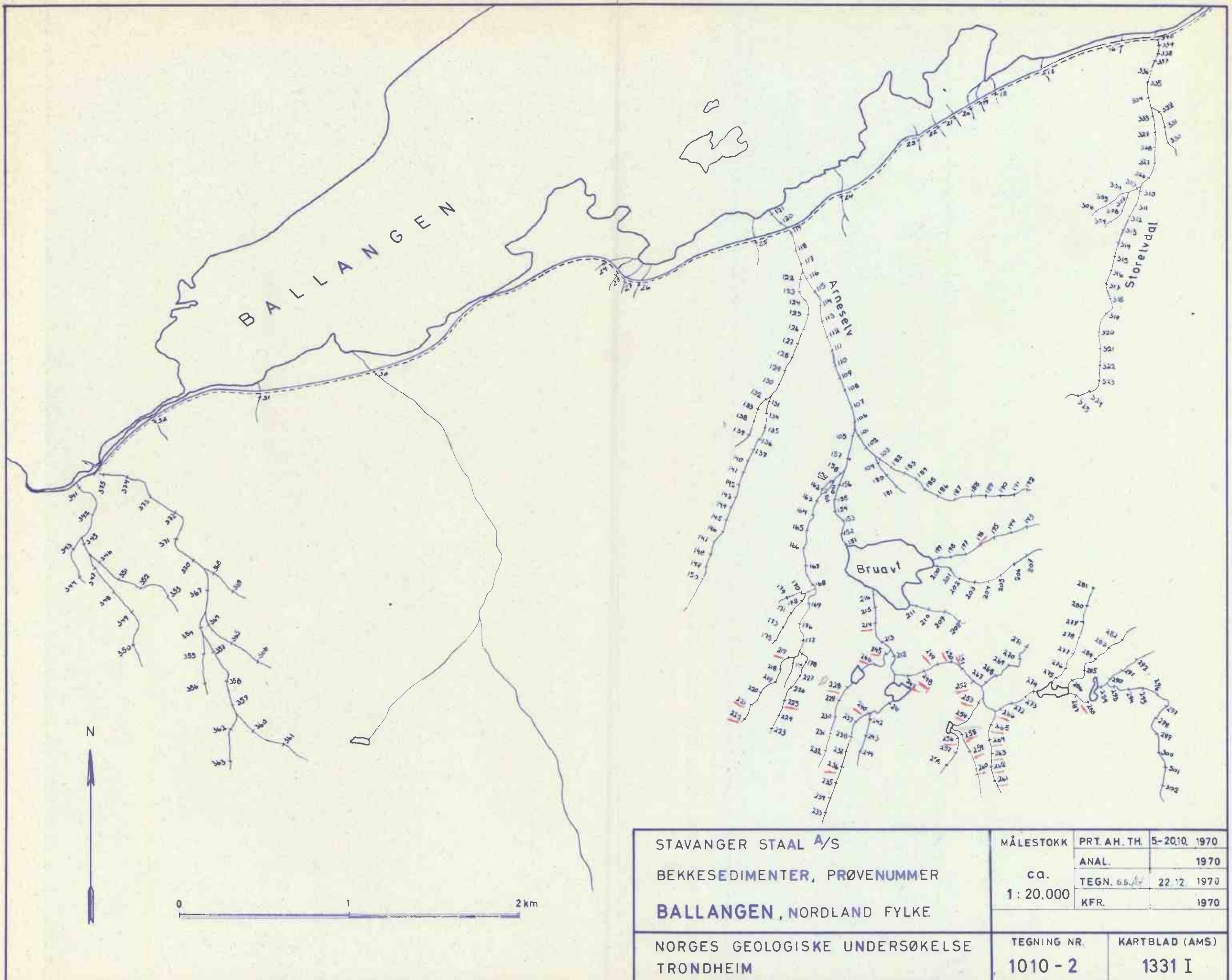
NGU, mai 1971.

Litteratur.

- Ahrens, L.H. (1954). The lognormal distribution of the elements. *Geochim. et Cosmochim. Acta* 5, 49-73. Ibid 6, 121-131.
- Aitchison, J., Brown, J.A.C. (1966). *The lognormal distribution*. Cambridge University Press, 176 s.
- Bolviken, B. (1971). A statistical approach to the problem of interpretation in geochemical prospecting. *Can. Inst. Mining Met.*, No. 11.
- Koch, G.S., Link, B.F. (1970). *Statistical analysis of geological data*. John Wiley & Sons, s. 213-243.
- Lepolter, C. (1969). A simplified statistical treatment of geochemical data by graphical representation. *Econ. Geology* 64, 538-550.
- Tennison, C.B., White, M.L. (1959). Study of the distribution of some geochemical data. *Econ. Geology*, 54, 1281-1290.

OFOTFJORDEN

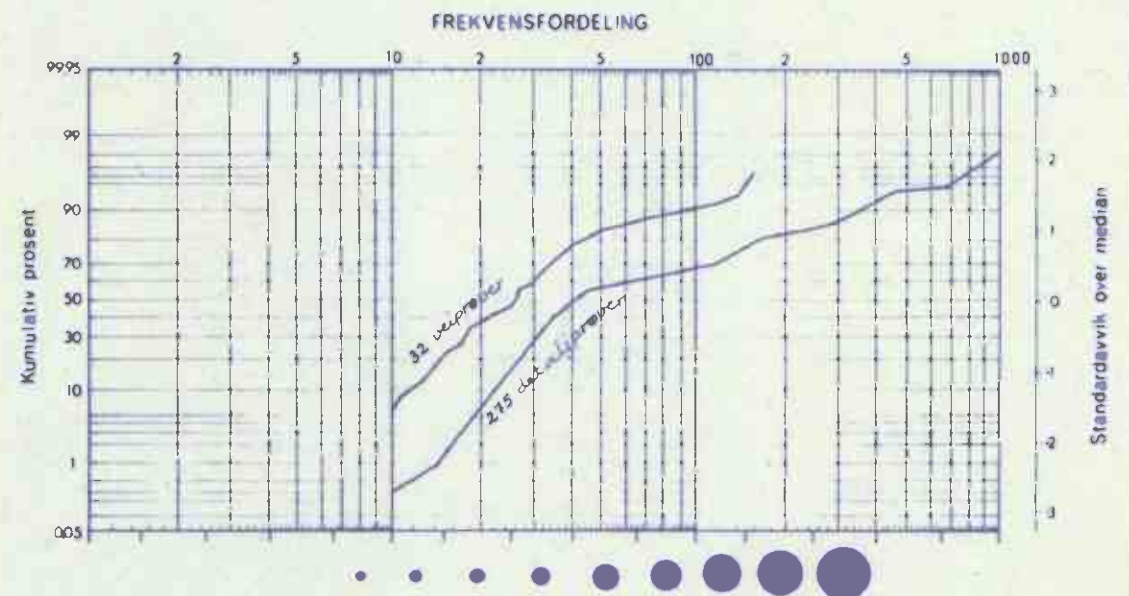
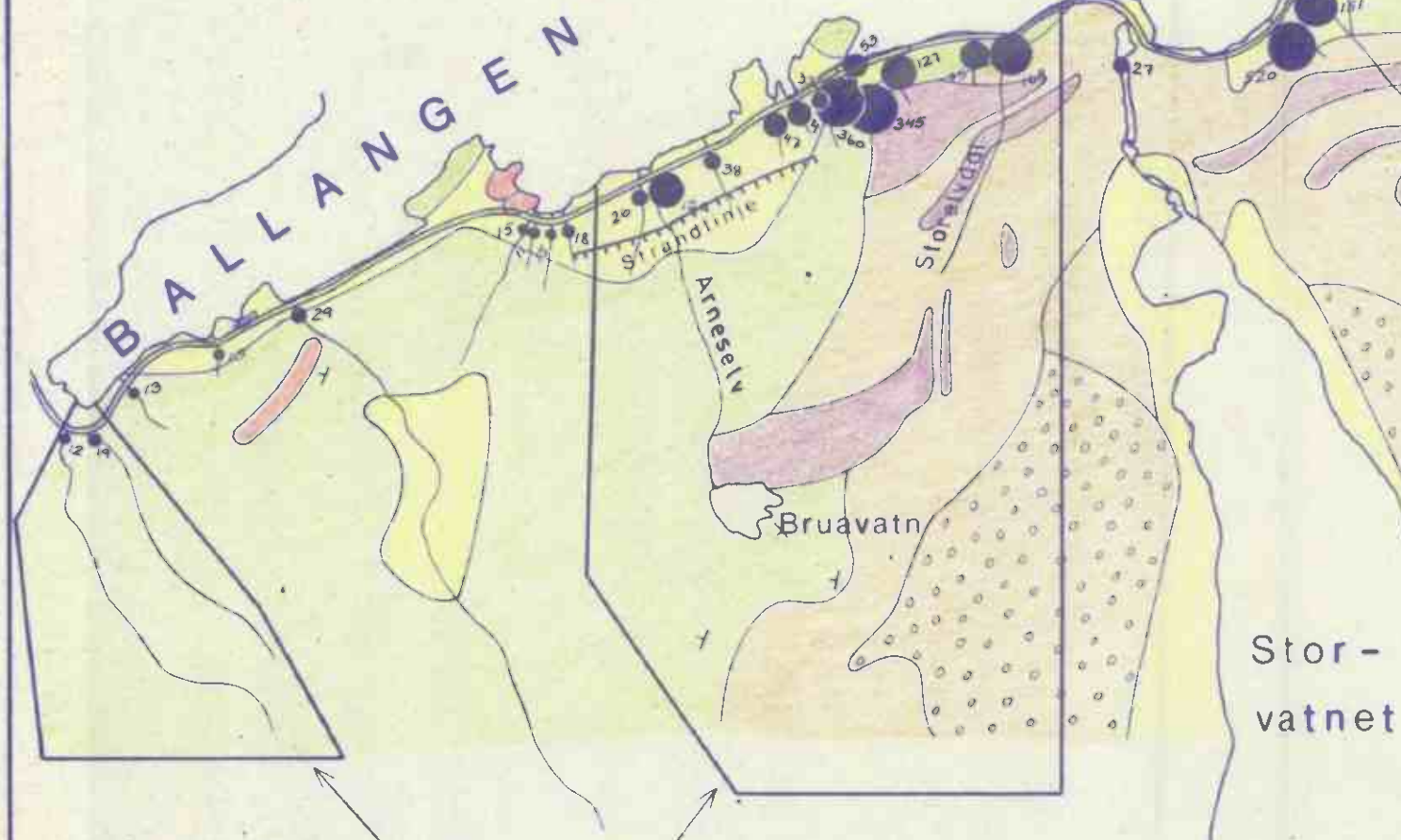




OFOTFJORDEN

TEGNFORKLARING

- SKJOMENGRANITT
- KVARTSNORITT OG DIORITT
- NORITT
- OLIVINBERGARTER
- GLIMMERSKIFER
- KALKMARMOR
- LOSAVLEIRINGER
- STROK OG FALL



STAVANGER STAAL A/S

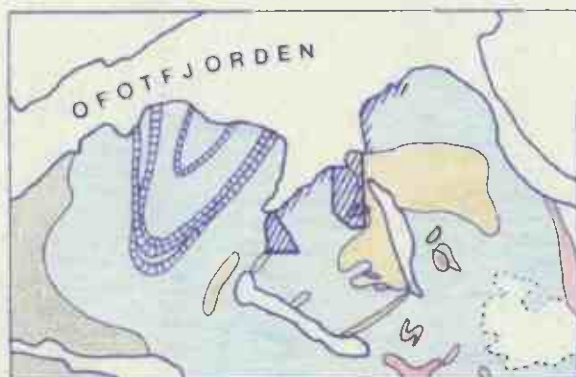
BEKKESEDIMENTER, SYRELOSELIG Ni

BALLANGEN, NORDLAND FYLKE

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

MÅLESTOKK	PRT AH TH	5-20.10.1970
ANAL ESB		22-27.1.1971
1:50.000	TEGN	10.2.1971
	KFR	38 84-71

TEGNING NR	KARTBLAD (AMS)
1010-3	1331 I

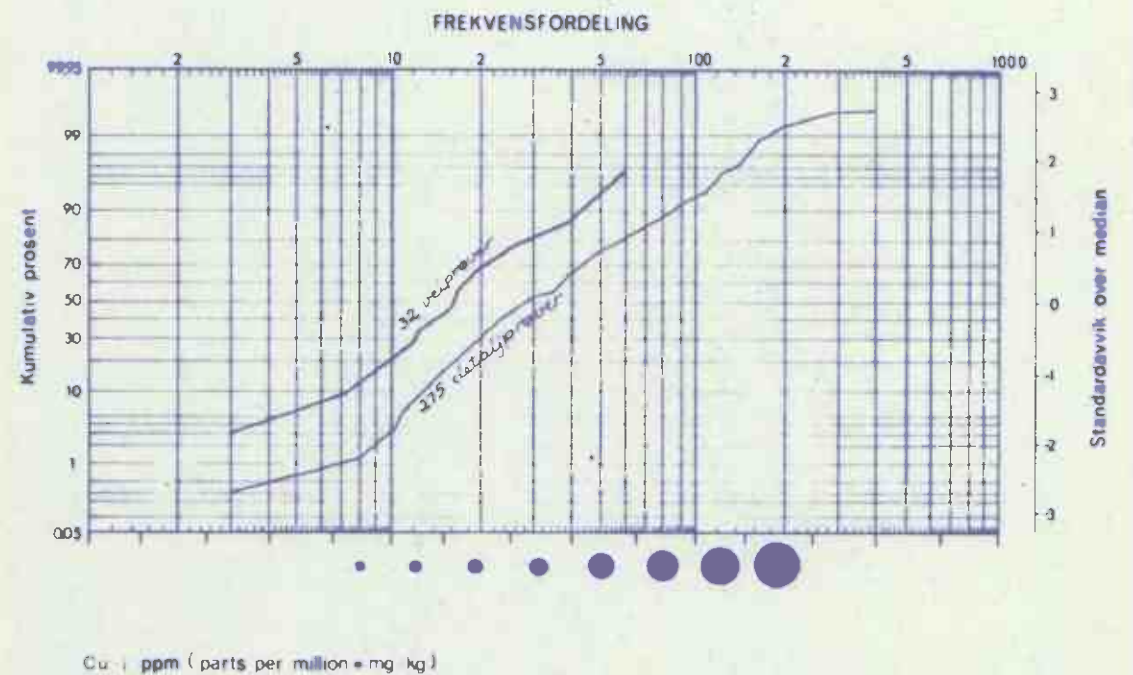
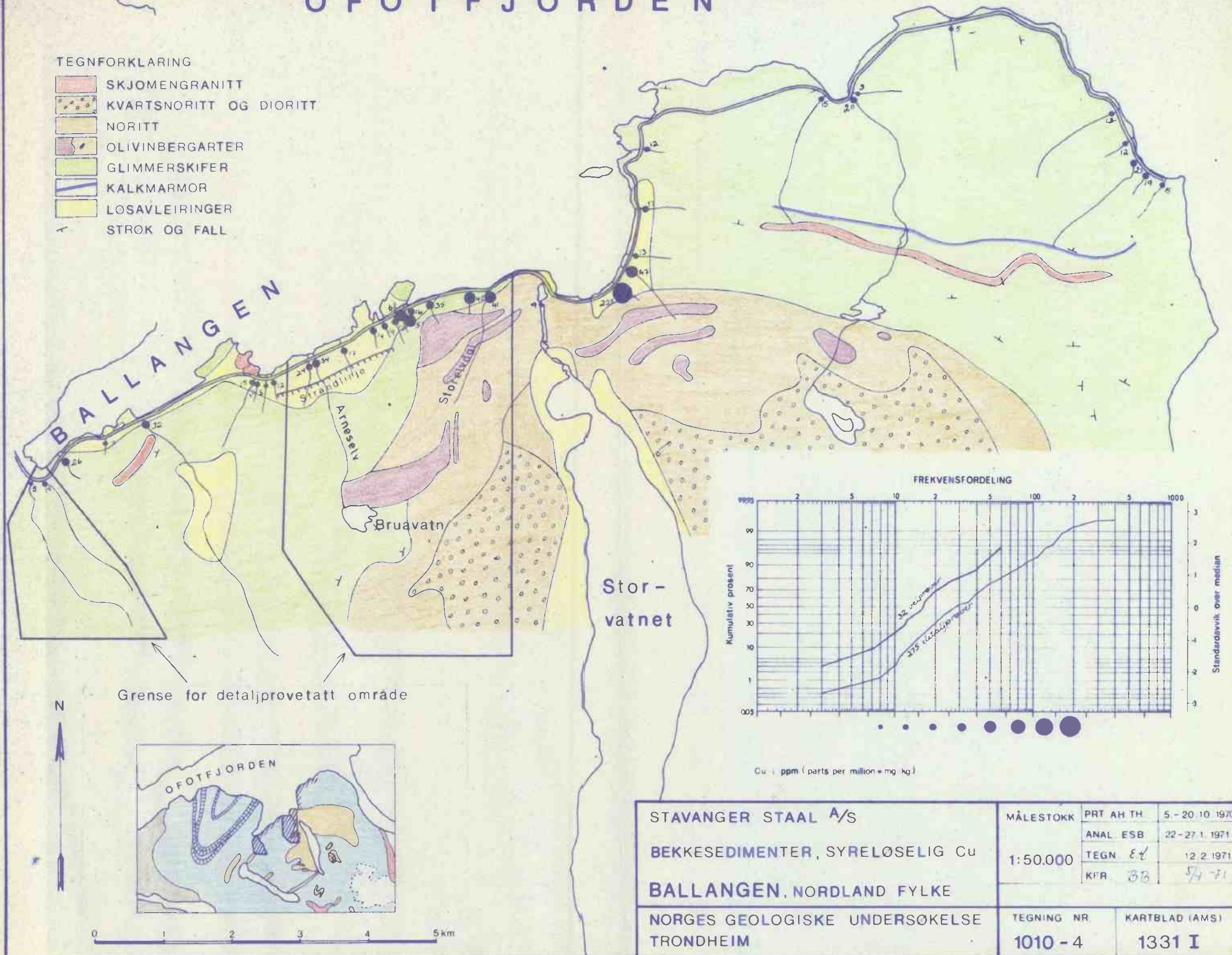


0 1 2 3 4 5 km

O F O T F J O R D E N

TEGNFORKLARING

- | | |
|---|-------------------------|
|  | SKJOMENGRANITT |
|  | KVARTSNORITT OG DIORITT |
|  | NORITT |
|  | OLIVINBERGARTER |
|  | GLIMMERSKIFER |
|  | KALKMARMOR |
|  | LOSAVLEIRINGER |
|  | STROK OG FALL |

STAVANGER STAAL A/S

BEKKESEDIMENTER, SYRELOSELIG Cu

BALLANGEN, NORDLAND FYLKE

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

MÅLESTOKK	PRT AH TH	5 - 20 10 1970
-----------	-----------	----------------

ANAL ESB	22-27 1 1971
----------	--------------

1:50,000	TEGN. <i>Et</i>	12 2 1971
----------	-----------------	-----------

KFR 36 74-71

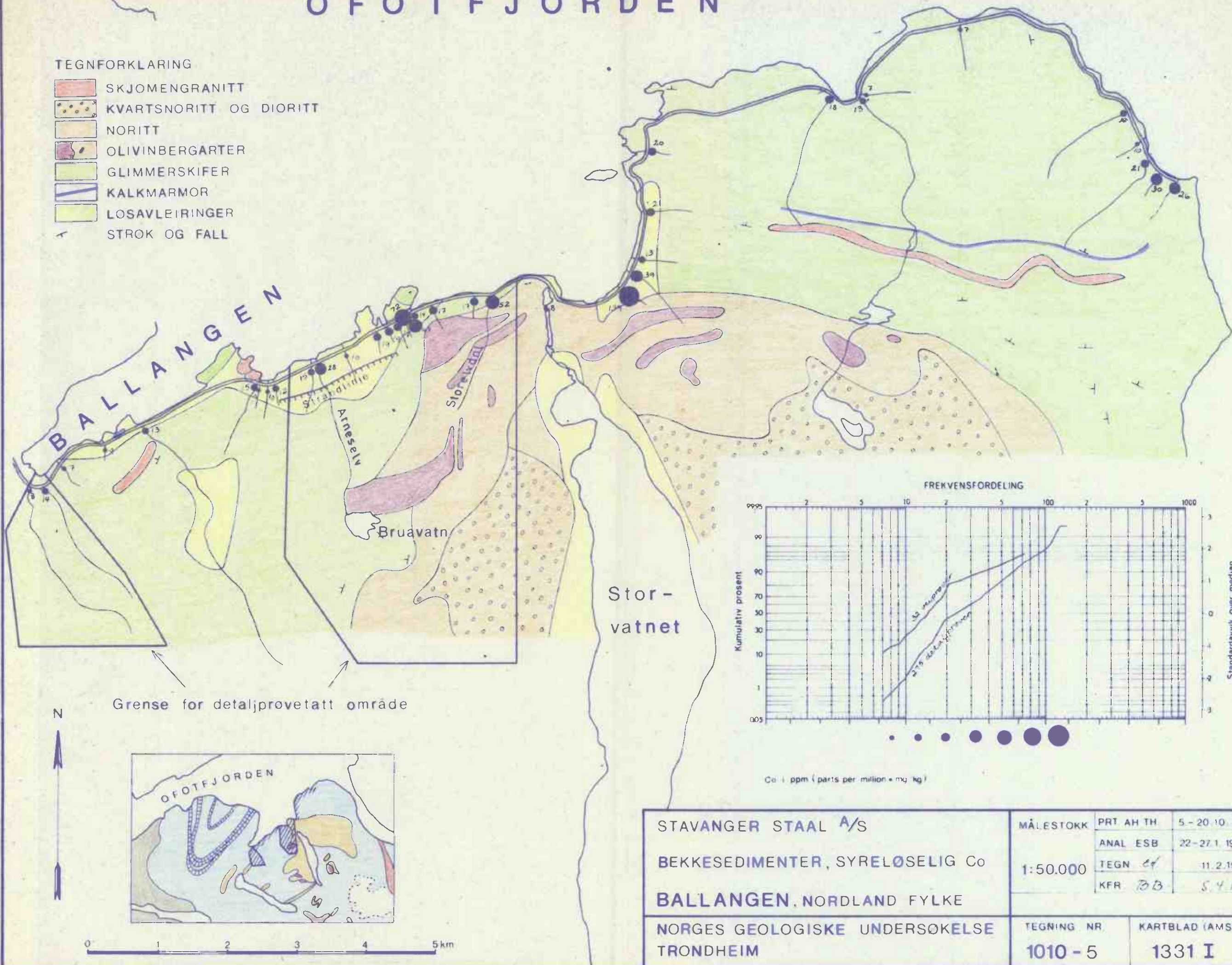
TEGNING NR.	KARTBLAD (AMS)
-------------	----------------

1010 - 4 1331 I

OFOTFJORDEN

TEGNFORKLARING

- SKJOMENGRANITT
- KVARTSNORITT OG DIORITT
- NORITT
- OLIVINBERGARTER
- GLIMMERSKIFER
- KALKMARMOR
- LOSAVLEIRINGER
- STROK OG FALL



STAVANGER STAAL A/S

BEKKESEDIMENTER, SYRELOSELIG Co

BALLANGEN, NORDLAND FYLKE

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

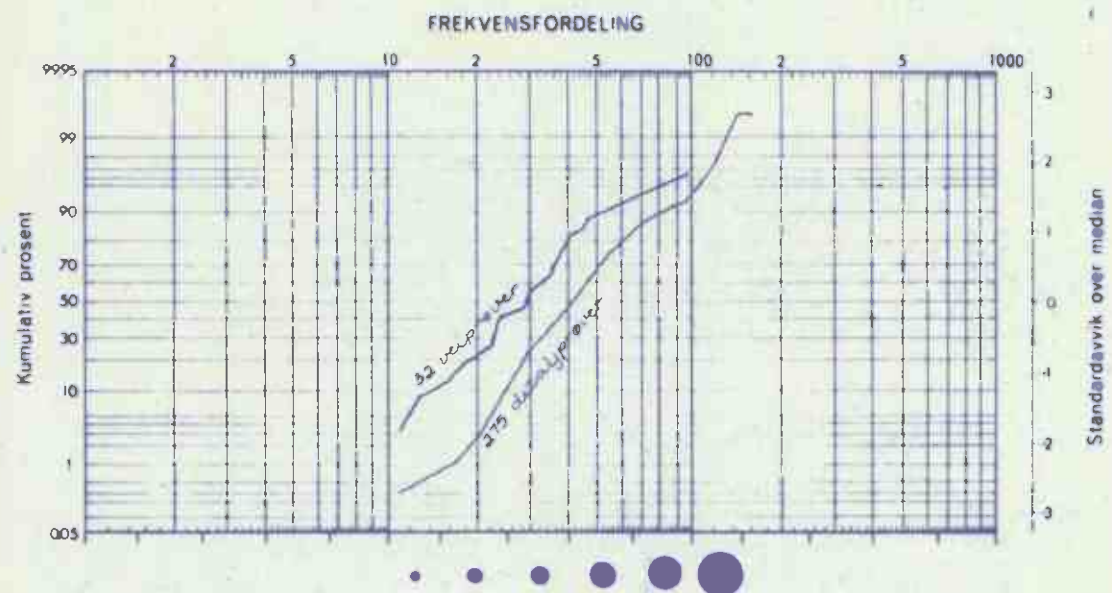
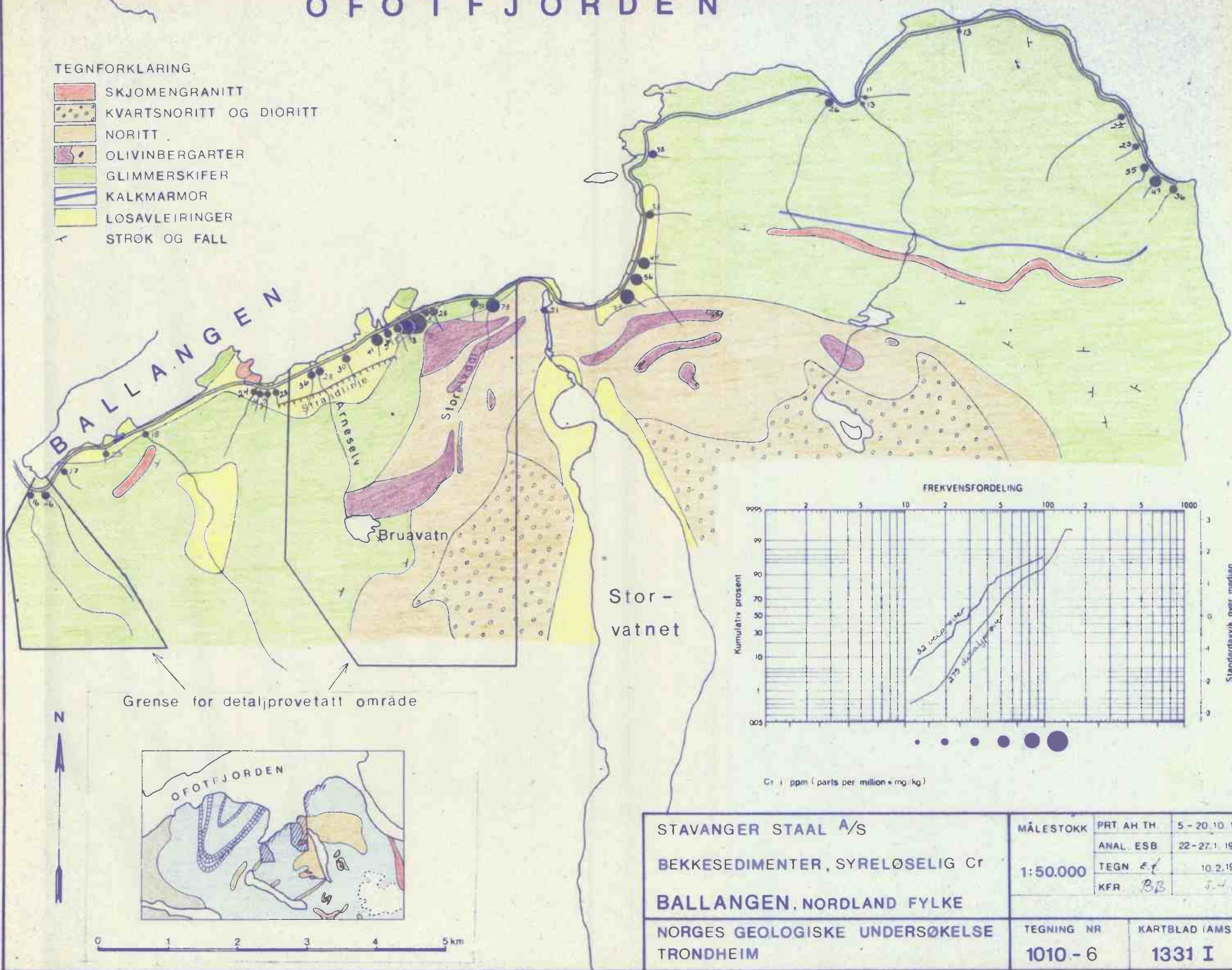
MÅLESTOKK	PRT AH TH	5 - 20.10.1970
ANAL ESB		22-27.1.1971
1:50.000	TEGN	11.2.1971
	KFR	5.4.1971

TEGNING NR	KARTBLAD (AMS)
1010 - 5	1331 I

OFOTFJORDEN

TEGNFORKLARING

- SKJOMENGRANITT
- KVARTSNORITT OG DIORITT
- NORITT
- OLIVINBERGARTER
- GLIMMERSKIFER
- KALKMARMOR
- LOSAVLEIRINGER
- STROK OG FALL



Cr i ppm (parts per million = mg/kg)

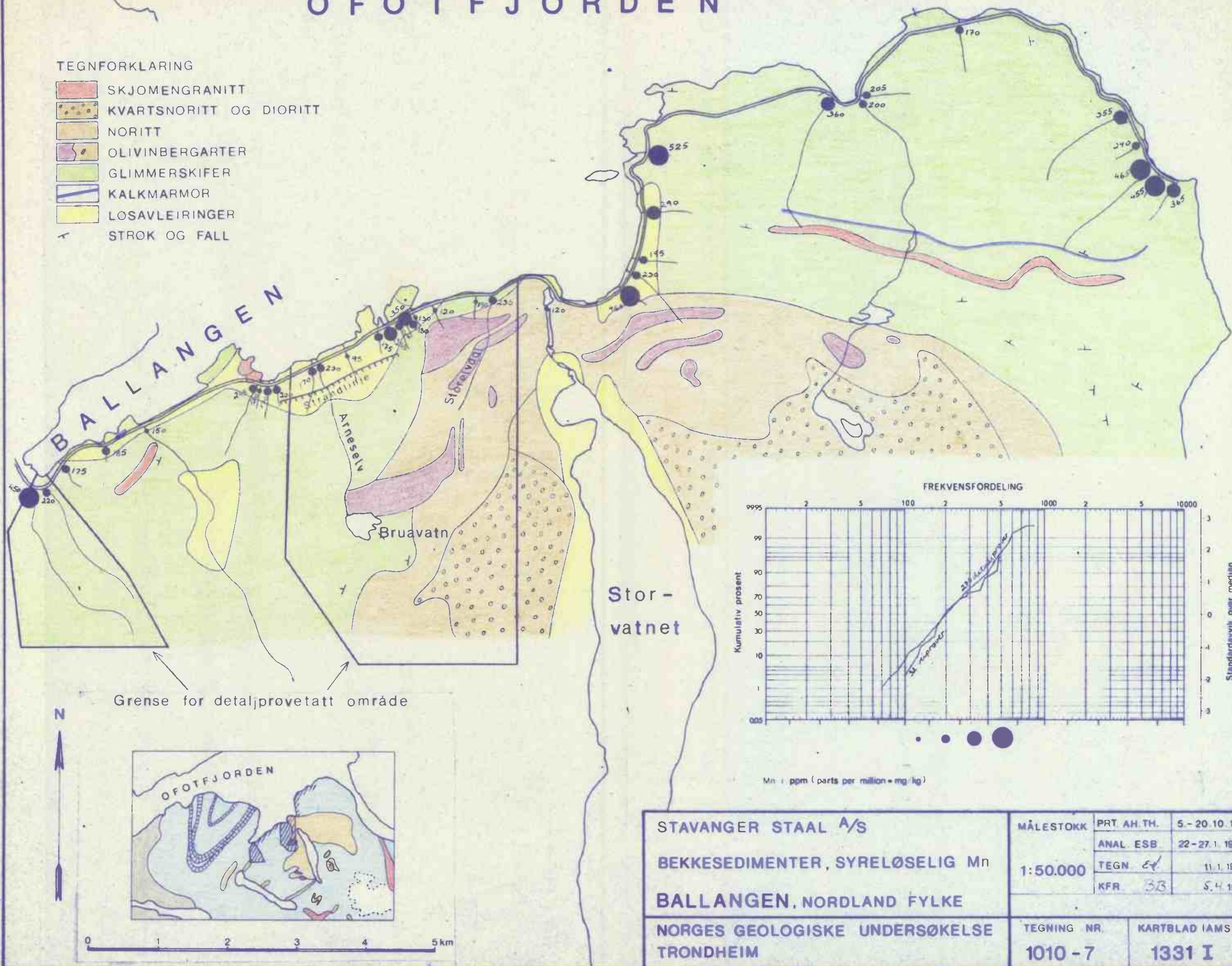
STAVANGER STAAL A/S
 BEKKESEDIMENTER, SYRELØSELIG Cr
 BALLANGEN, NORDLAND FYLKE
 NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 TRONDHEIM

MÅLESTOKK 1:50.000	PRT AH TH	5 - 20.10.1970
	ANAL ESB	22-27.1.1971
	TEGN <i>EF</i>	10.2.1971
	KFR <i>BB</i>	5.4.1971
TEGNING NR	KARTBLAD (AMS)	
1010 - 6	1331 I	

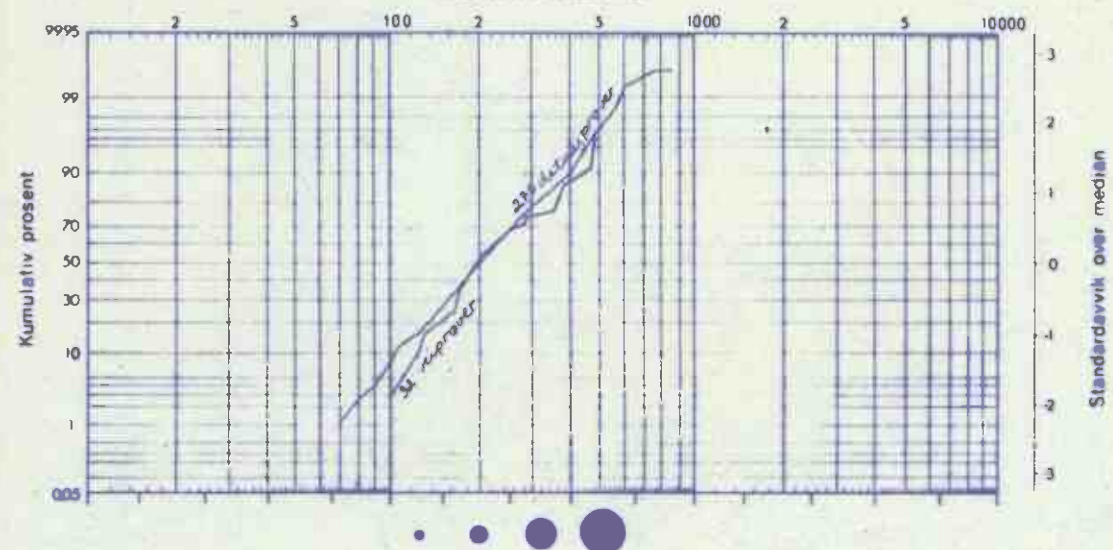
OFOTFJORDEN

TEGNFORKLARING

- SKJOMENGRANITT
- KVARTSNORITT OG DIORITT
- NORITT
- OLIVINBERGARTER
- GLIMMERSKIFER
- KALKMARMOR
- LOSAVLEIRINGER
- STROK OG FALL



FREKVENSFORDELING



Mn i ppm (parts per million = mg/kg)

STAVANGER STAAL A/S

BEKKESEDIMENTER, SYRELØSELIG Mn

BALLANGEN, NORDLAND FYLKE

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

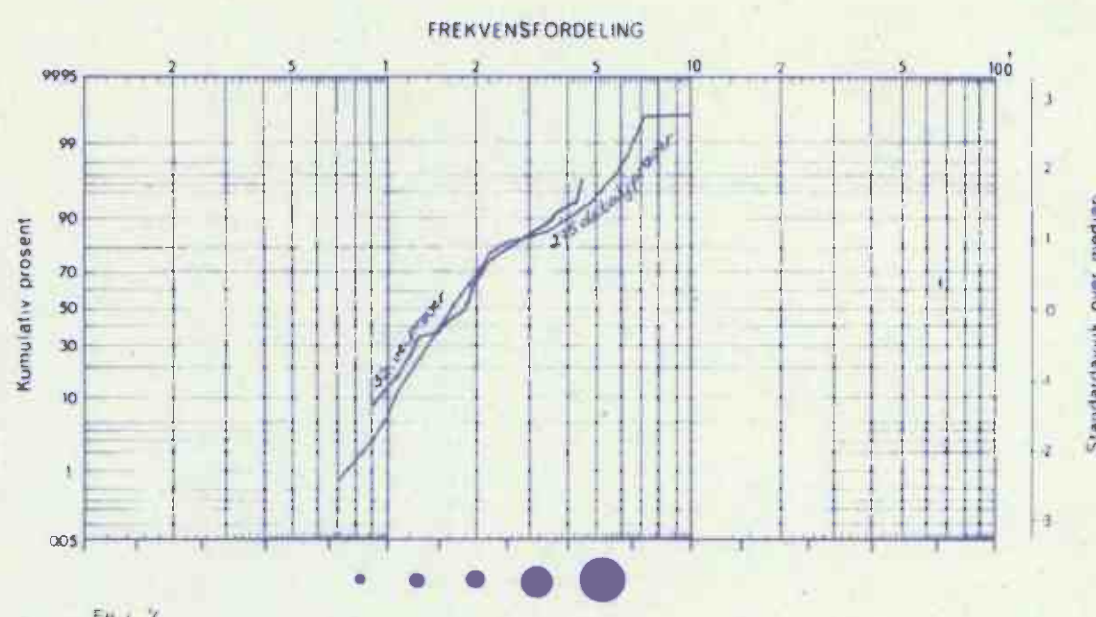
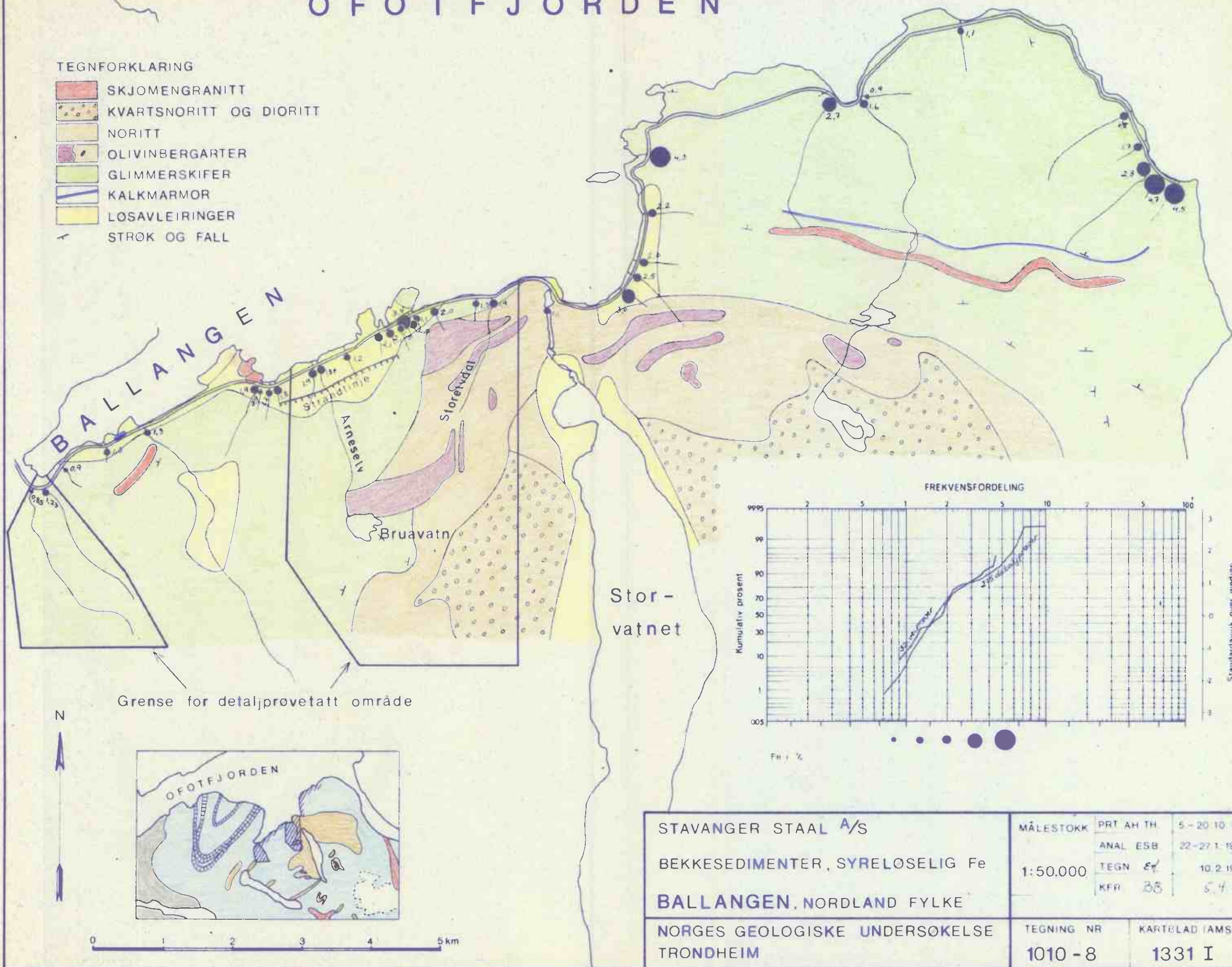
MÅLESTOKK 1:50.000	PRT. AH. TH.	5 - 20.10.1970
	ANAL. ESB.	22 - 27.1.1971
	TEGN. <i>EH</i>	11.1.1971
	KFR. <i>BB</i>	5.4.1971

TEGNING NR.	KARTBLAD (AMS)
1010 - 7	1331 I

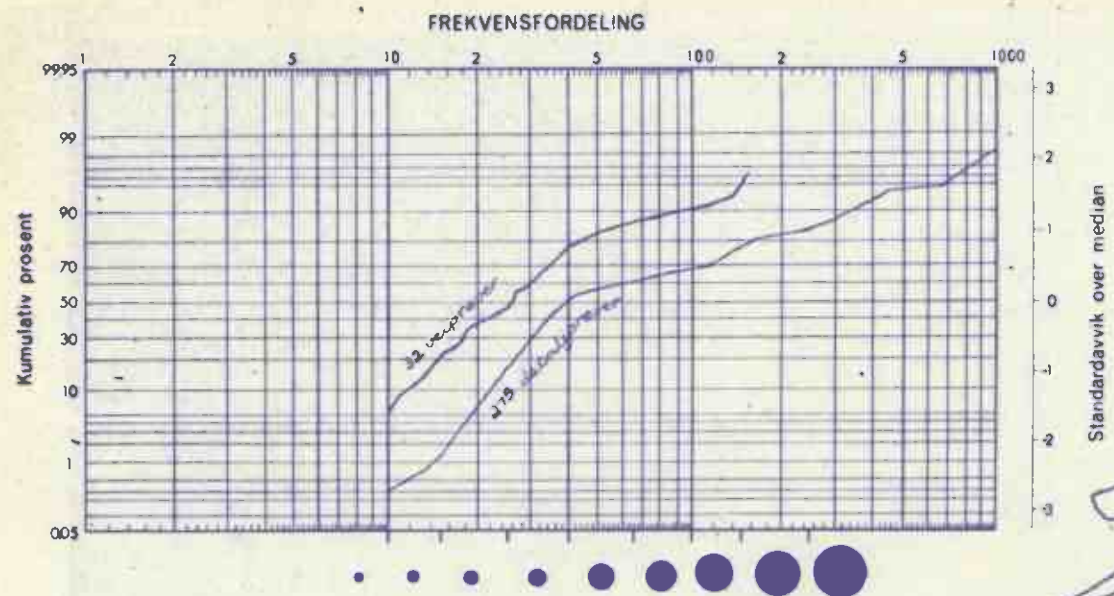
OFOTFJORDEN

TEGNFORKLARING

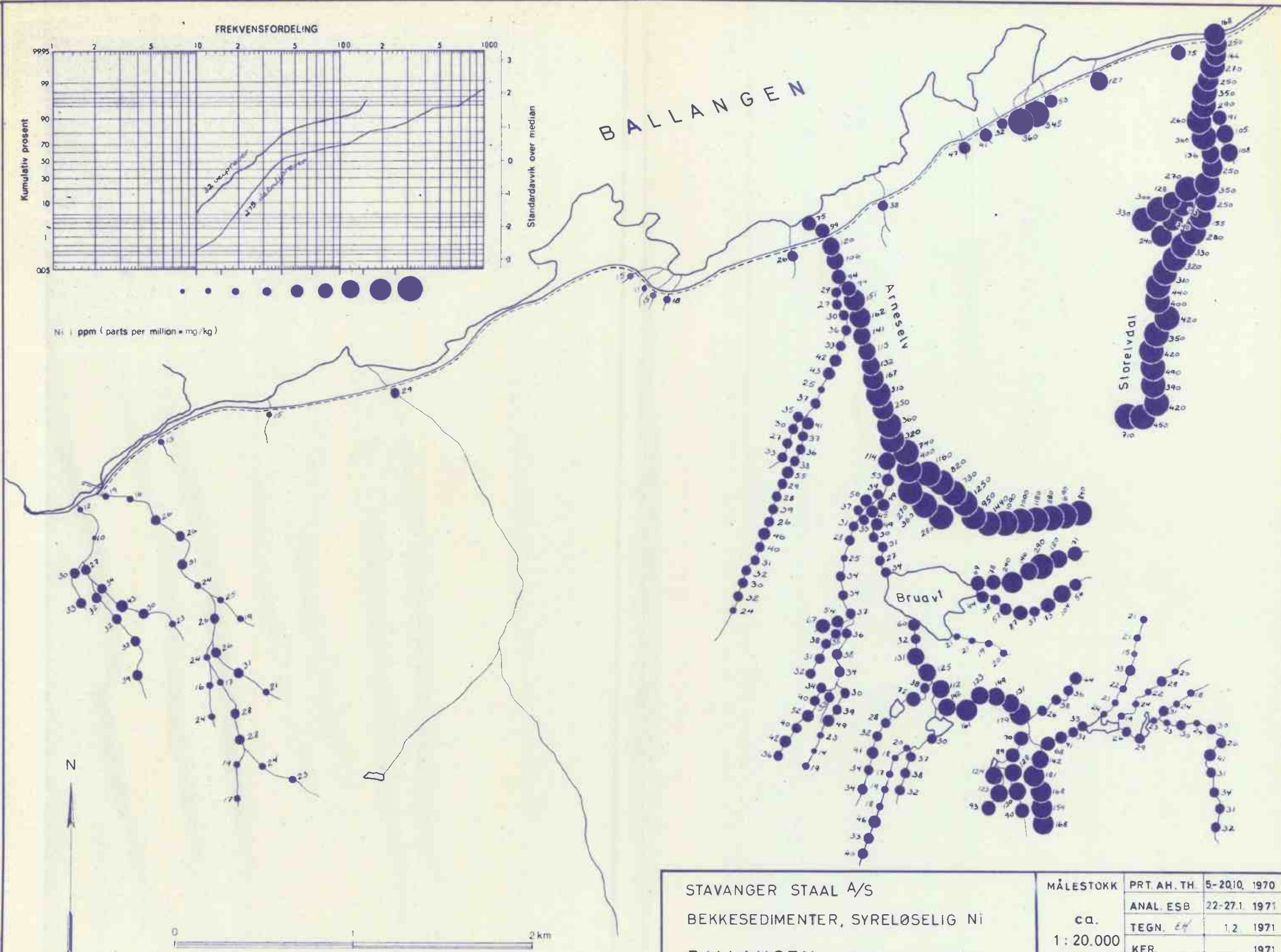
- SKJOMENGRANITT
- KVARTSNORITT OG DIORITT
- NORITT
- OLIVINBERGARTER
- GLIMMERSKIFER
- KALKMARMOR
- LOSAVLEIRINGER
- STROK OG FALL



STAVANGER STAAL A/S	MÅLESTOKK	PRT AH TH	5-20.10.1970
	ANAL	ESB	22-27.1.1971
	1:50,000	TEGN	10.2.1971
		KFR	5.4.1971
BEKKESEDIMENTER, SYRELOSELIG Fe			
BALLANGEN, NORDLAND FYLKE			
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE		TEGNING NR	KARTBLAD (AMS)
TRONDHEIM		1010-8	1331 I



Ni ppm (parts per million = mg/kg)



STAVANGER STAAL A/S

BEKKESEDIMENTER, SYRELØSELIG NI

BALLANGEN, NORDLAND FYLKE

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

MÅLESTOKK

PRT. AH. TH.

5-20.10. 1970

ANAL. ESB

22-27.1. 1971

ca.

TEGN. *EH*

1.2. 1971

1 : 20.000

KFR.

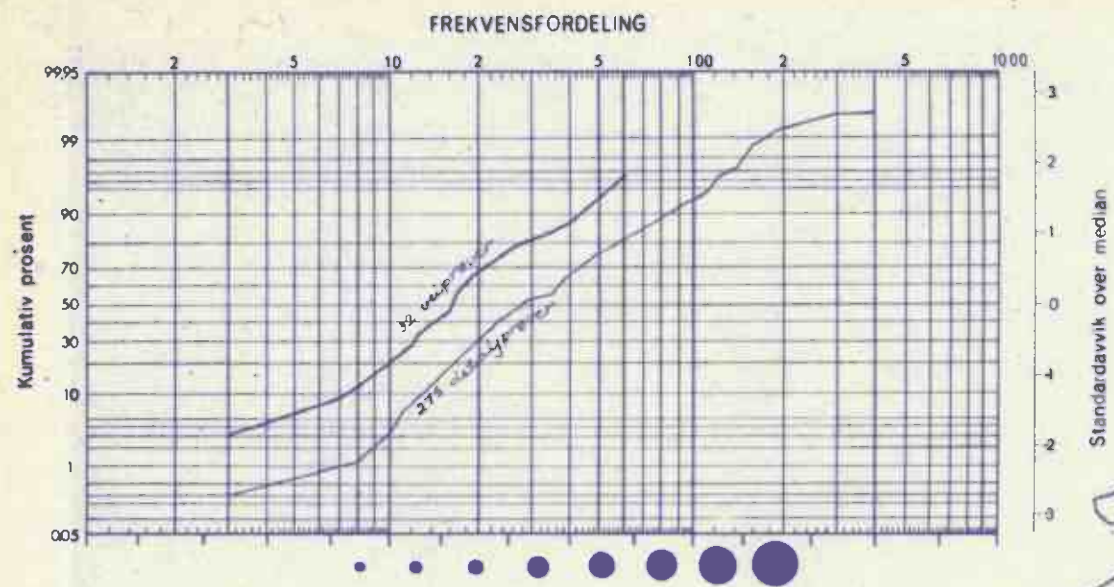
1971

TEGNING NR.

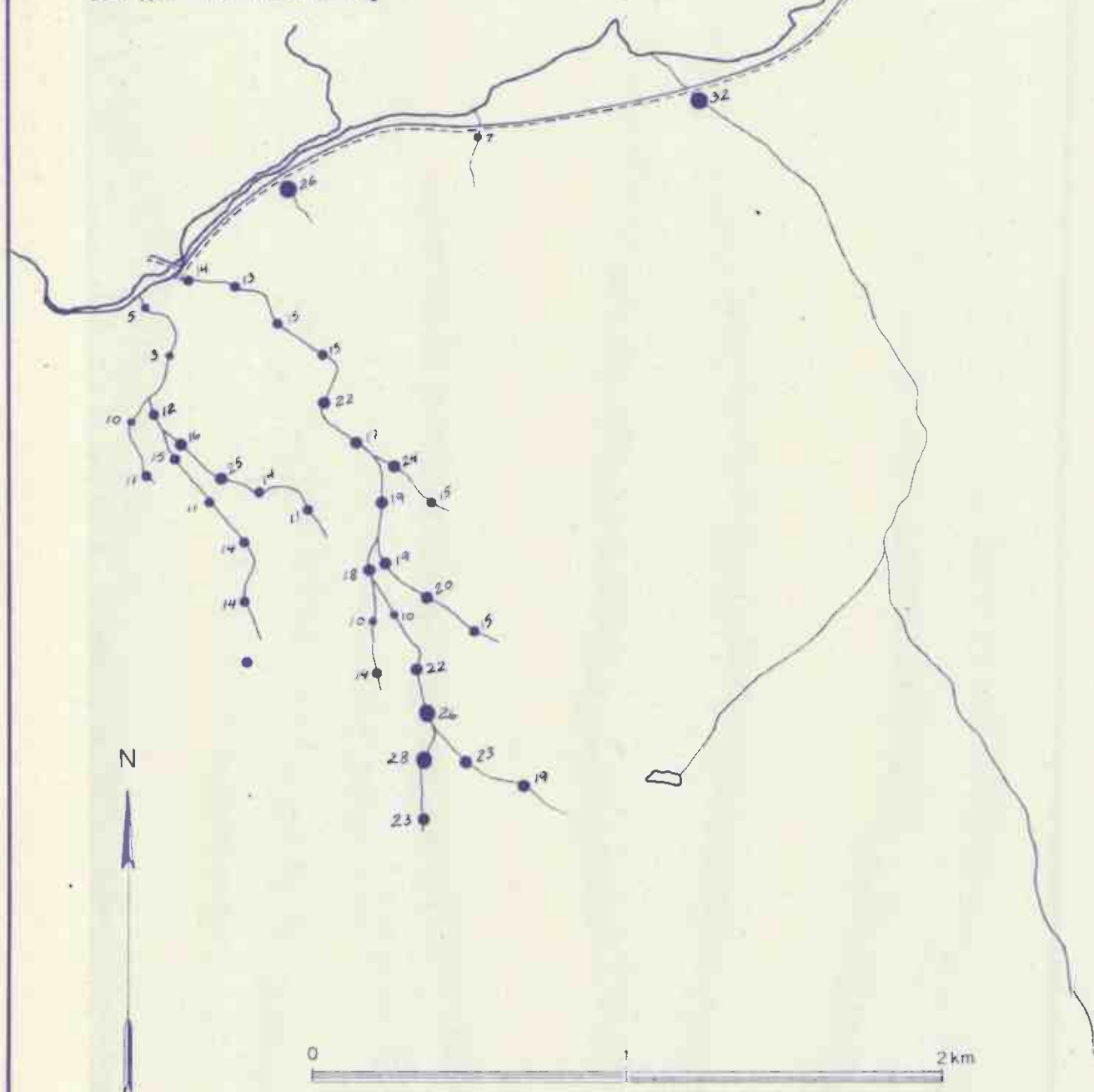
1010 - 9

KARTBLAD (AMS)

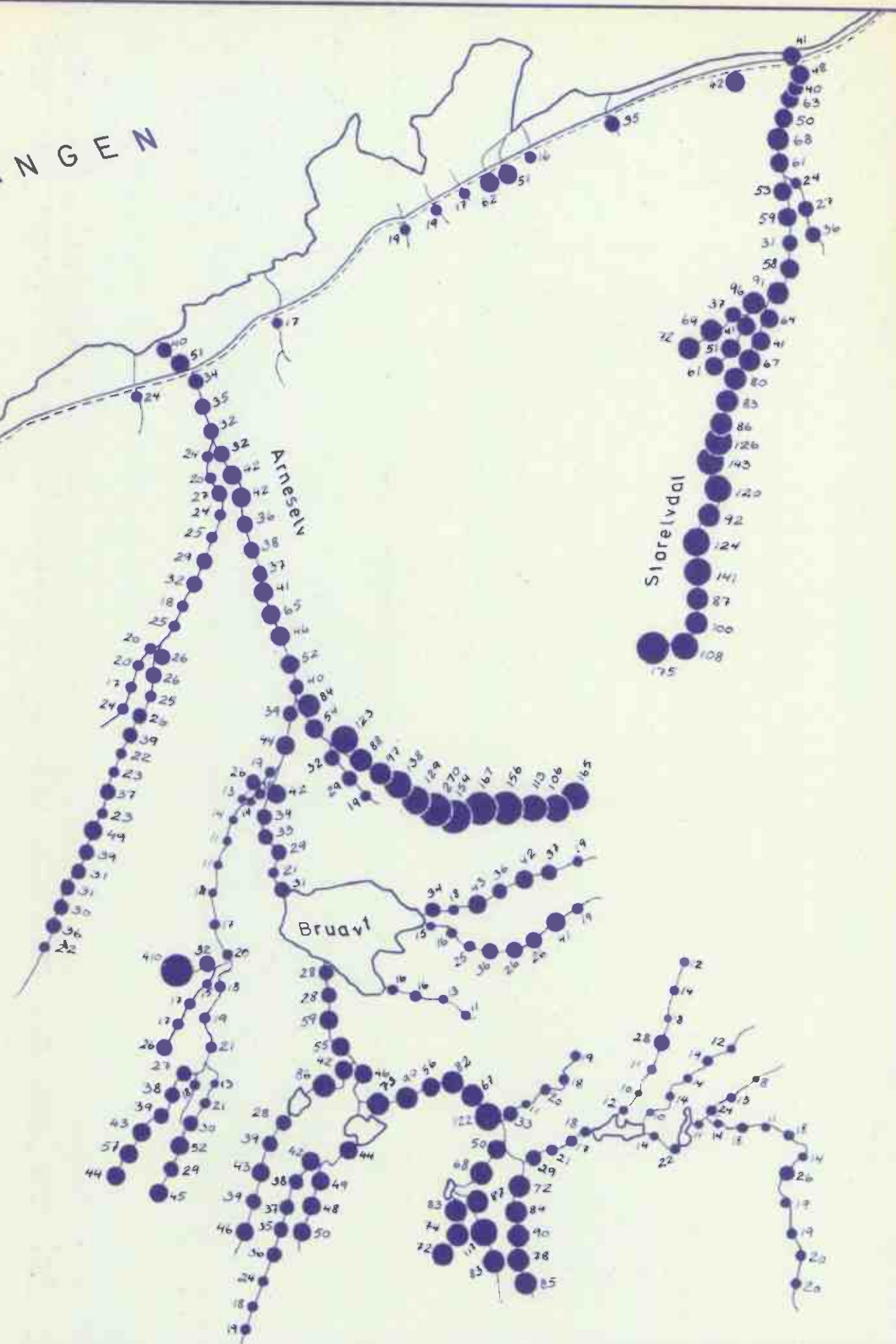
1331 I



Cu i ppm (parts per million = mg/kg)



BALLANGEN



STAVANGER STAAL A/S

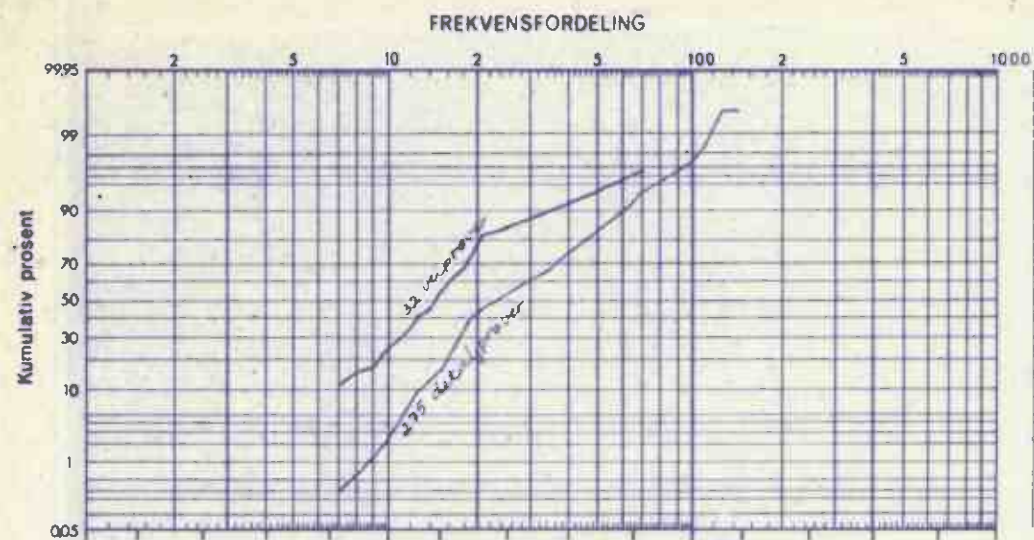
BEKKESEDIMENTER, SYRELØSELIG Cu

BALLANGEN, NORDLAND FYLKE

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

MÅLESTOKK	PRT. AH TH	5-20.10. 1970
ca.	ANAL ESB	22-27.1. 1971
1:20.000	TEGN. 84	32. 1971
	KFR.	1971

TEGNING NR	KARTBLAD (AMS)
1010-10	1331 I



Co : ppm (parts per million = mg/kg)

BALLANGEN

N

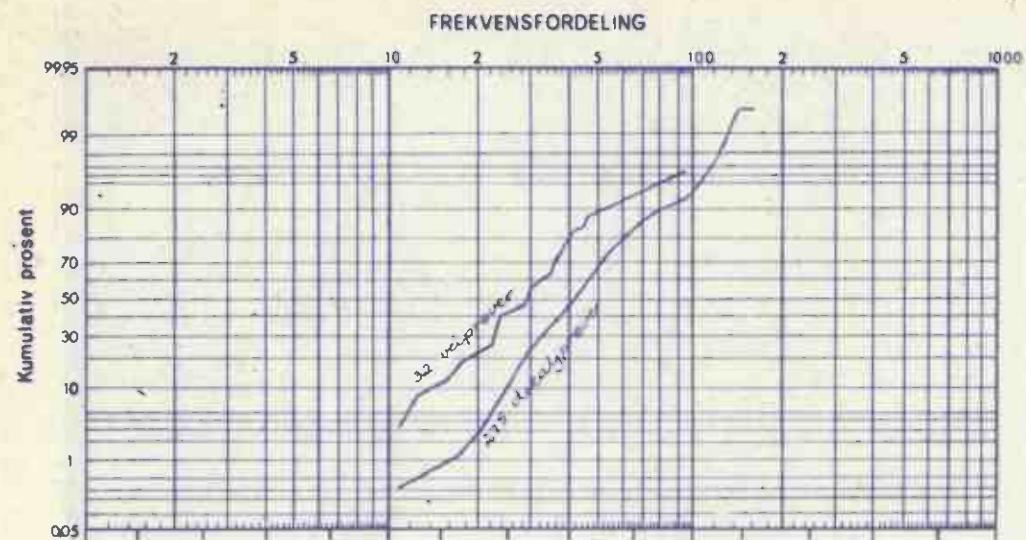
0 1 2 km

STAVANGER STAAL A/S
BEKKESEDIMENTER, SYRELØSELIG Co
BALLANGEN, NORDLAND FYLKE

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

MÅLESTOKK ca. 1 : 20.000	PRT. AH. TH.	5-20.10. 1970
	ANAL. ESB	22-27.1. 1970
	TEGN. E	3.2. 1970
	KFR.	1970

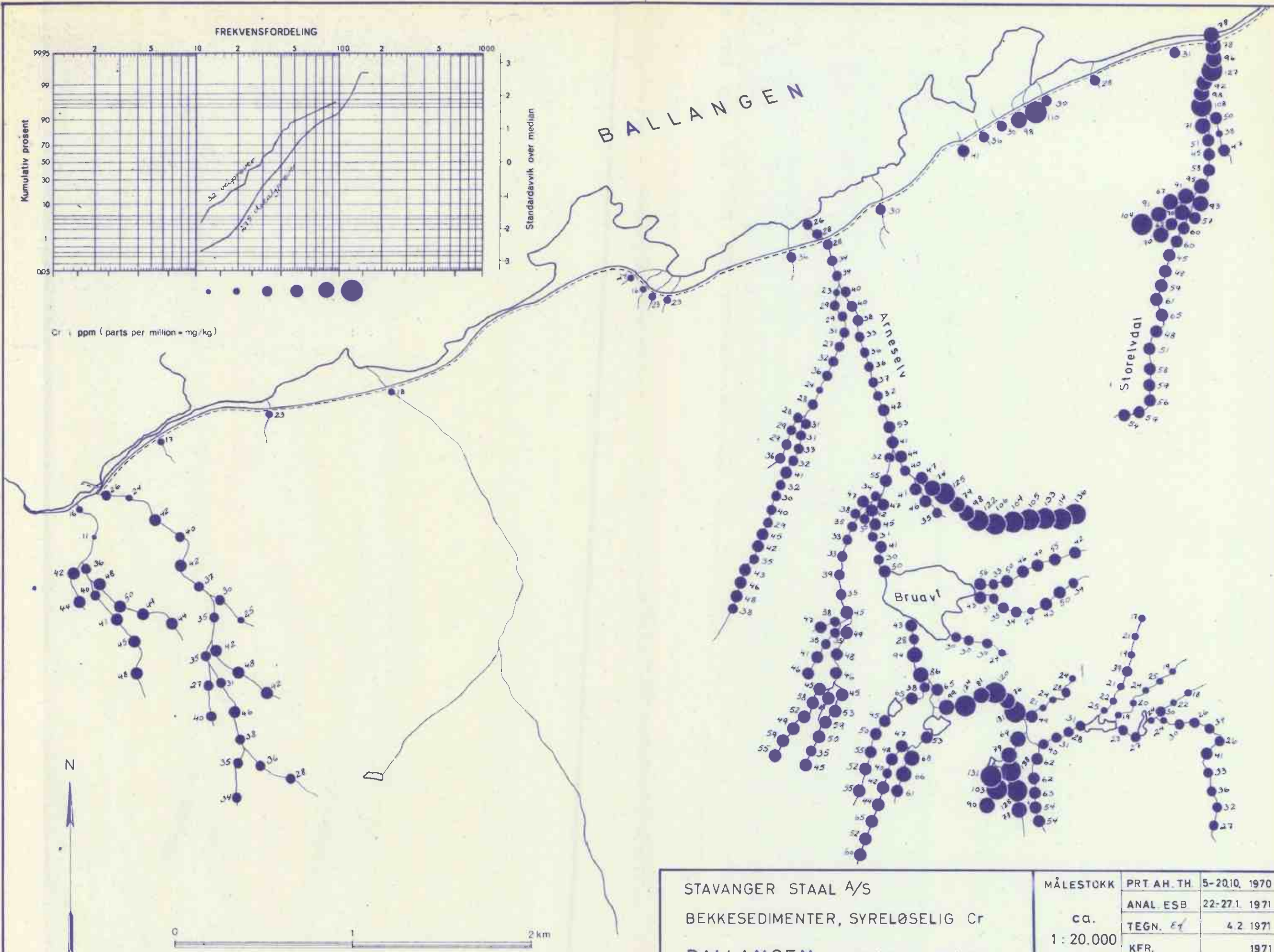
TEGNING NR.	KARTBLAD (AMS)
1010 - 11	1331 I



Standardavvik over median

BALLANGEN

Cr i ppm (parts per million = mg/kg)



STAVANGER STAAL A/S

BEKKESEDIMENTER, SYRELØSELIG Cr

BALLANGEN, NORDLAND FYLKE

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

MÅLESTOKK

PRT. AH. TH.

5-20.10. 1970

ANAL. ESB

22-27.1. 1971

ca.

TEGN. ET

4.2. 1971

1:20.000

KFR.

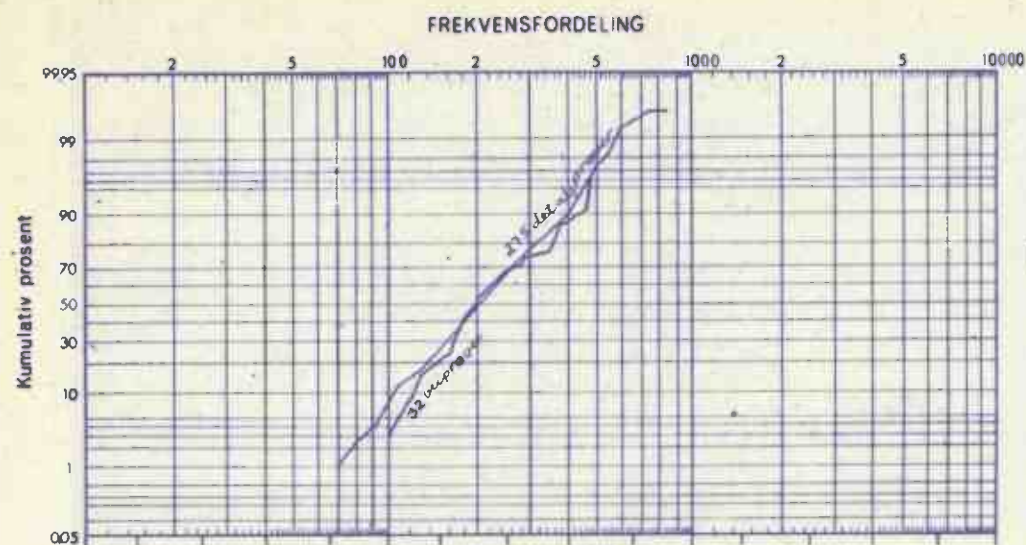
1971

TEGNING NR.

1010 - 12

KARTBLAD (AMS)

1331 I



Standardavvik over median

BALLANGEN

Mn i ppm (parts per million = mg/kg)

N

0 1 2 km

STAVANGER STAAL A/S

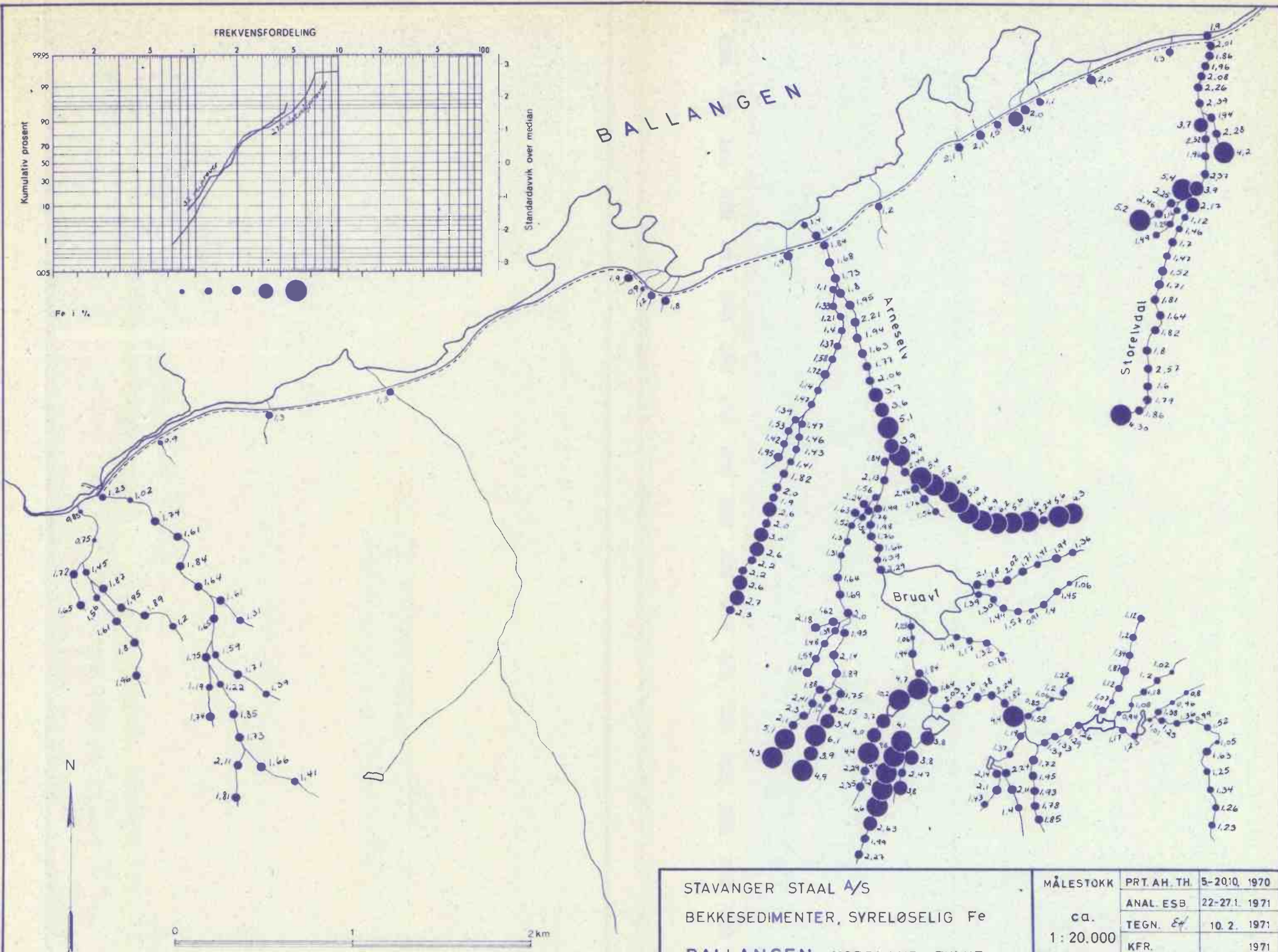
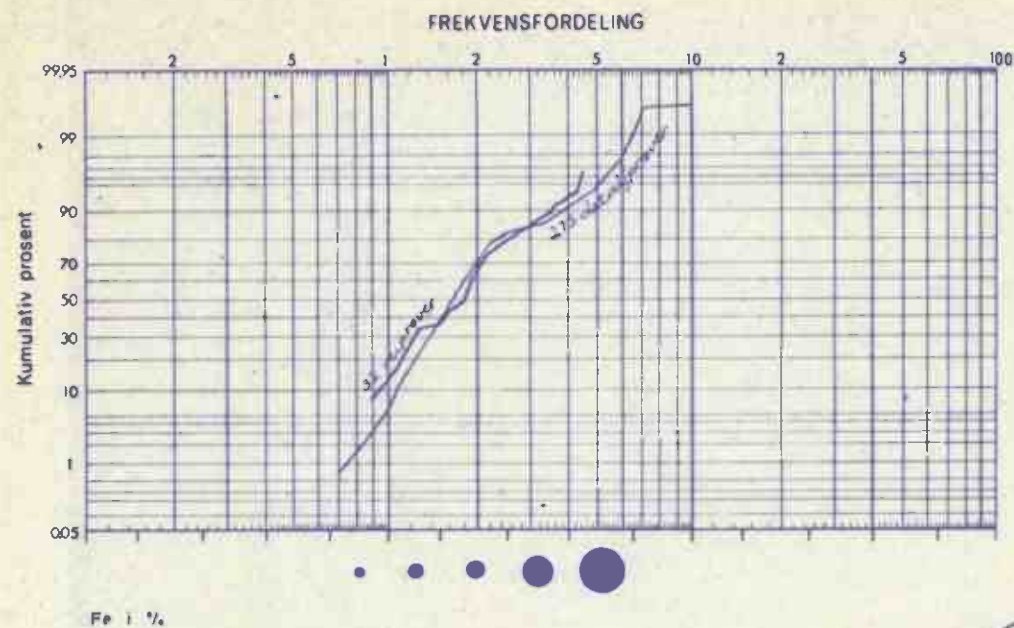
BEKKESEDIMENTER, SYRELØSELIG Mn

BALLANGEN, NORDLAND FYLKE

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

MÅLESTOKK ca. 1:20.000	PRT. AH. TH.	5-2010. 1970
	ANAL. ESB.	22-271. 1970
	TEGN. CH.	9. 2. 1970
	KFR.	1970

TEGNING NR.	KARTBLAD (AMS)
1010-13	1331 I



STAVANGER STAAL A/S

BEKKESEDIMENTER, SYRELØSELIG Fe

BALLANGEN, NORDLAND FYLKE

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

MÅLESTOKK ca. 1 : 20.000	PRT. AH. TH.	5-20.10. 1970
	ANAL. ESB	22-27.1. 1971
	TEGN. <i>EH</i>	10. 2. 1971
	KFR.	1971

TEGNING NR.	KARTBLAD (AMS)
1010 - 14	1331 I