



Bergvesenet

Postboks 3021, N-7441 Trondheim

Rapportarkivet

Bergvesenet rapport nr 5992	Intern Journal nr Fra Kasse merket 12.04.94	Internt arkiv nr	Rapport lokalisering	Gradering
Kommer fra ..arkiv Folldal Verk AS	Ekstern rapport nr	Oversendt fra Folldal Verk a.s.	Fortrolig pga	Fortrolig fra dato:
Tittel A General view about the Geology of the Tverrfjellet Mine				
Forfatter Motys, Milosh H.		Dato År 28.01 1992	Bedrift (oppdragsgiver og/eller oppdragstaker) Folldal Verk A/S	
Kommune Dovre	Fylke Oppland	Bergdistrikt	1: 50 000 kartblad 15193	1: 250 000 kartblad Røros
Fagområde Geologi	Dokument type		Forekomster (forekomst, gruvefelt, undersøkelsesfelt) Tverrfjellet	
Råstofgruppe Malm/metall	Råstofftype Cu, Zn, S			
Sammendrag, innholdsfortegnelse eller innholdsbeskrivelse Rapporten består av 3 dokumenter: - A general overview about the geology of the Tverrfjellet Mine som gir en generell geologisk beskrivelse av forekomsten samt beskrivelse av brytningsmetode og bergmekanikk - Folldal Verk A/S, Tverrfjellet som gir en beskrivelse av gruva, geologi, in situ spenninger, bergarter, brytningsmetode, ras i strosse 0/1, avbygningsplan for gruva. - Notat om malmpotensiale i området mellom Kvikne og Alvdal.				

28.01.92

A GENERAL VIEW ABOUT THE GEOLOGY OF THE TVERRFJELLET MINE

The Tverrfjellet mine is located in the central part of Norway, 112 miles (180 km) south of the city of Trondheim next to the village of Hjerkin which is 20 miles (32 km) west of the village of Folldal. This area is situated on the Dovrefjell mountains at about 3.607 feet (1.100 m) above sea level, known, for this reason as the highest mine in Norway. The area of orebody was 1,1 miles (1,8 km) long with an direction 90 - 100 degr. east-west an average slope of 85 degr. against north and maximum depth of 1.970 feet (600 m).

The Tverrfjellet mine is the largest producer of pyrite concentrate, chalcopyrite and sphalerite concentrate in Norway and is under the supervision of Folldal Verk A/S which is part of Outokumpu OY. The average annual production of the mine is 650.000 tonnes of raw-ore considering two daily work shifts five days a week in the mine, and three shifts seven days a week in the ore dressing plant. From this crude ore, some 295.000 tonne/year of pyrite concentrate, 20.000 tonne/year of chalcopyrite concentrate and 9.000 tonne/year of sphalerite concentrate is produced. In addition, about 40 kg/year gold and 5 tonne/year silver are recovered with the chalcopyrite concentrate. Total staff is approximately 160.

The Tverrfjellet deposit is a typical stratabound, submarine, mafic-volcanic exhalative polymetallic sulphide ore. This orebody was developed to an irregular lens-shaped plate, as one stratigraphical horizon in a lower part of the "Støren group greenstones" of a lower ordovician age. Hengingwall rocks are mostly mafic - metatuffes, mafic - metaintrusives or mafic - metaefusives (pillows). Footwall rocks are chloritic metasediments, mafic or felsic metatuffes, metaexhalites (metaquartzites) and mafic - metaextrusives or metaintrusives. The metamorphic grade is amphibolite and greenschist facies.

The area of orebody was 1,1 miles (1,8 km) long with an average direction of 90 - 100 degr. east-west an average slope of 85 degr. against north and maximum depth of 1.970 feet (600 m).

The ore horizon was divided into seven ore-zones by the main neocaledonian faults with a strike (tension) 130 - 160 degr. NW-SE and with an average fall 30 - 60 degr. to SW. To the east the orebody is cut off by a major, younger postmetamorphic permian tectonic zone, which is 170 - 180 feet (52 - 53 m) wide, sloping to the east with a steady inclination of 50 degr.. The average strike of this major fault is 10 - 15 degr. mostly north-south direction. The eastern block of the hangingwall of this major fault was subsided minimally 5.575 feet (1.700 m) together with a continuation of Tverrfjellet's orebody. This cutted eastern orebody is about (minimally) 1.310 - 1.640 feet (400 - 500 m) under sea level and therefore it is uneconomical to exploit at this time.

Today it is well known and surveyed the very complicated tectonic area of Tverrfjellet mine and its surroundings there are two main fold-phases. The oldest one created isoclinal or closed folds, which gave way to the appearance of the deposits of orebody. The fold axis of F_1 slopes to east and to north-east under 10 - 30 degr.. The younger fold (F_2) bands down F_1 -folds and slope to east and to east-north-east 20 - 50 degr.. Youngest F_3 -folds are mostly flat and the axis of these folds slope to north and to north-east-north 50 - 80 degr.. This orebody

has an average thickness of about 50 - 60 feet (15 - 20 m), but in some places, where the F_2 -folds are more flat foldet and are more open, it can be up to 160 - 200 feet (50 - 60 m), max. 236 feet (72 m).

In the Tverrfjellet mine we find the three main types of polymetallic sulphides ore. The youngest type, which is lying (stratigraphically) on the top of an ore body's profile, is mostly represented by the massive, medium grain pyritic ore partially in bands with only low grade of chalcopyrite. Under this first type of ore we find in some places, banded pyrite ore which is rich in remobilized chalcopyrite with quartz in matrix and which can be in some places very rich in fine grain magnetite, also concentrated in stripes and bands. The third and oldest type of ore is a disseminated chalcopyrite rich in a fylonite - greenshist which represent very strong deformed feeder zone (impregnation ore). This third type of ore is rich in chalcopyrite but very poor in sphalerite.

The deposit has been well surveyed, several horisontal and vertical crossectional maps/profiles in 1 : 250 and 1 : 500 scales (metric) is constructed. To make possible the interpretation of the very complicated geological and tectonic structures, for certain areas, geochemical - isoanomal maps and profiles were made, with copper, zinc and sulphur content variations. The accesibility to this information is very helpful and simplifies the planning of all mining operations in Tverrfjellet mine and making economical its exploration.

Total ore reserves are estimate at 1.544.900 tonnes averaging 0,98 % Cu, 1,29 % Zn and 36,59 % S (of in situ ore), per January 01.1992). In addition the deposit contains about 5 - 6 % magnetite, 0,12 g/tonne gold and 10,5 g/tonne silver. The main ore minerals are pyrite, chalcopyrite, sphalerite, magnetite and quartz. The accesorical ore minerals are tetrahedrite, tenantite, scarcely electrum, arsenopyrite and galena. Total a known "A"-ore, economically exploitable ore reserves are estimate at 401.300 tonnes averaging 1,01 % Cu, 0,87 % Zn and 27,72 % S (of in situ ore per January 01.1992).

MINING METHOD.

Tverrfjellet deposit has been mined since autum 1968. The vertical shaft to the level 6th (diam. 23 m3) is used for hoisting and transportation of men and machines. Below the 6th level and down to level 9 a ramp has been exavated to allow trackless mining. The ramp with 1 : 10 decline, is located in the hanging wall amphibolite, about 50 - 60 m from the north border of the ore body. Main levels have been developed at every 60 meters and in between 2 sublevels exists, but distance between level 7 and 8 is 110 - 120 meters about, and in between 3 sublevels exists (with vertical distance of approximate 30 meters). The sublevel open stoping is used at Tverrfjellet mine. After blasting the raw-ore into the stope it is loaded at the bottom through the cross-cuts. The trucks have capacity 35 tons. The haulage distance from the 8th level to the underground crusher is approximately 2,5 km.

ROCK MECHANICS.

The maximum prinsipal stress, with a value of 25 MPa, acts normal to the strike of deposit. The stress direction is one of the reasons to why is possible to open such large stopes. The other reason is the geological structure and rock petrography and texture itself. Both, the ore and the side rock, especially the amphibolite in the hanging wall have exeptional high strengths. When also the elastisity of the hanging wall is taken into consideration is it not surprisingly that the talk of a excavation ratio more than 80 % without any form of back filling or bolting or cable bolting.

In autumn 1988 a number of outfalls was observed in stope number 1 and that was necessary to stop such development. We was protected this area and the ramp and the belt conveyor,

which was turned out to near the hanging ore border, in a stress less zone of stope no. 1 (by misleading planing) by cable bolting. Warning system had been established in this area on 6th level west. Extensometers, which measure displacement were installed. Together with SINTEF - Trondheim we have tested those extensometers system, connected to a stoplight in the ramp and a nearby drift. The cable bolting of this area, proposed by Pekka Lappalainen in winter 1988 was succeed and stoped scale slabbing and created this area much more secure.

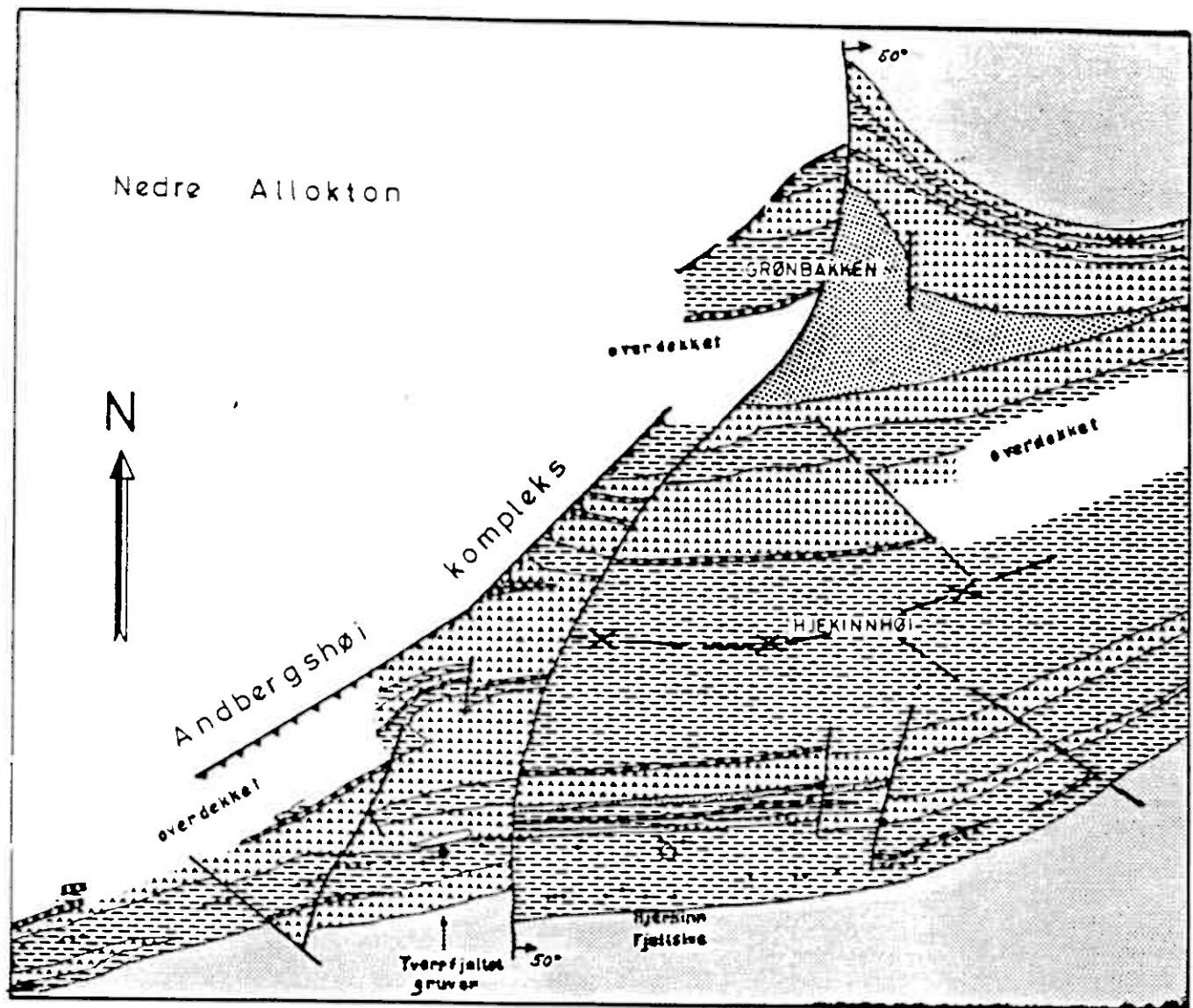
PLAN FOR THIS YEAR.

The production plan/budget for 1992, alternative 1 shows us a negativ economic result, but alternative 2 and 3 gives a positive result. But it will be necessary to mine out the "C"-ore with high Cu-content of part block no. 836/2 and 826/2, 816/2. We should start new negotiations with SINTEF people of the rock mechanic department about my plan to stope those part-blocks and partblocks 837/3 - 827/3 too. We have to show them that minin of that "C"-ore will not destroy stability of this area, especially around the ramp where it is planned to store hazardous waste in future. I think that SINTEF try to mislead information about big stress concentration in those blocks, because they are using in their calculations two-dimentional modelling only.

We are working to evaluare new locations for storing places for hazerdious waste in the mine between level 7 og 8. Mine operation will be stopped in the end of September 1992.

Hjerkinn, 31. januar 1992

Milosh Motys



0 1 2 km



Amfibolitter, stort sett "Støengruppe"



Glimmerskifer, kompleks



Grønnsteinkonglomerat o.l.

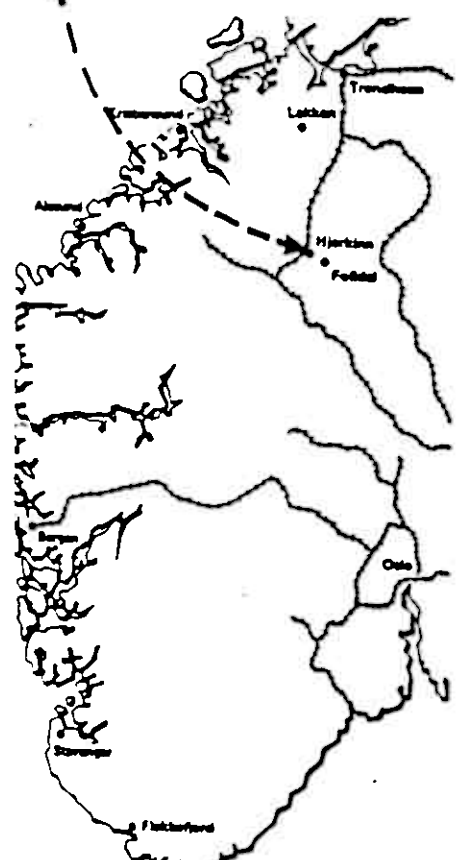


Gula-skifer

oooo Metakonglomeratiske slamstein



Metakvartsitt



N

Y+80

$$\underline{X \div 0}$$

liggsone

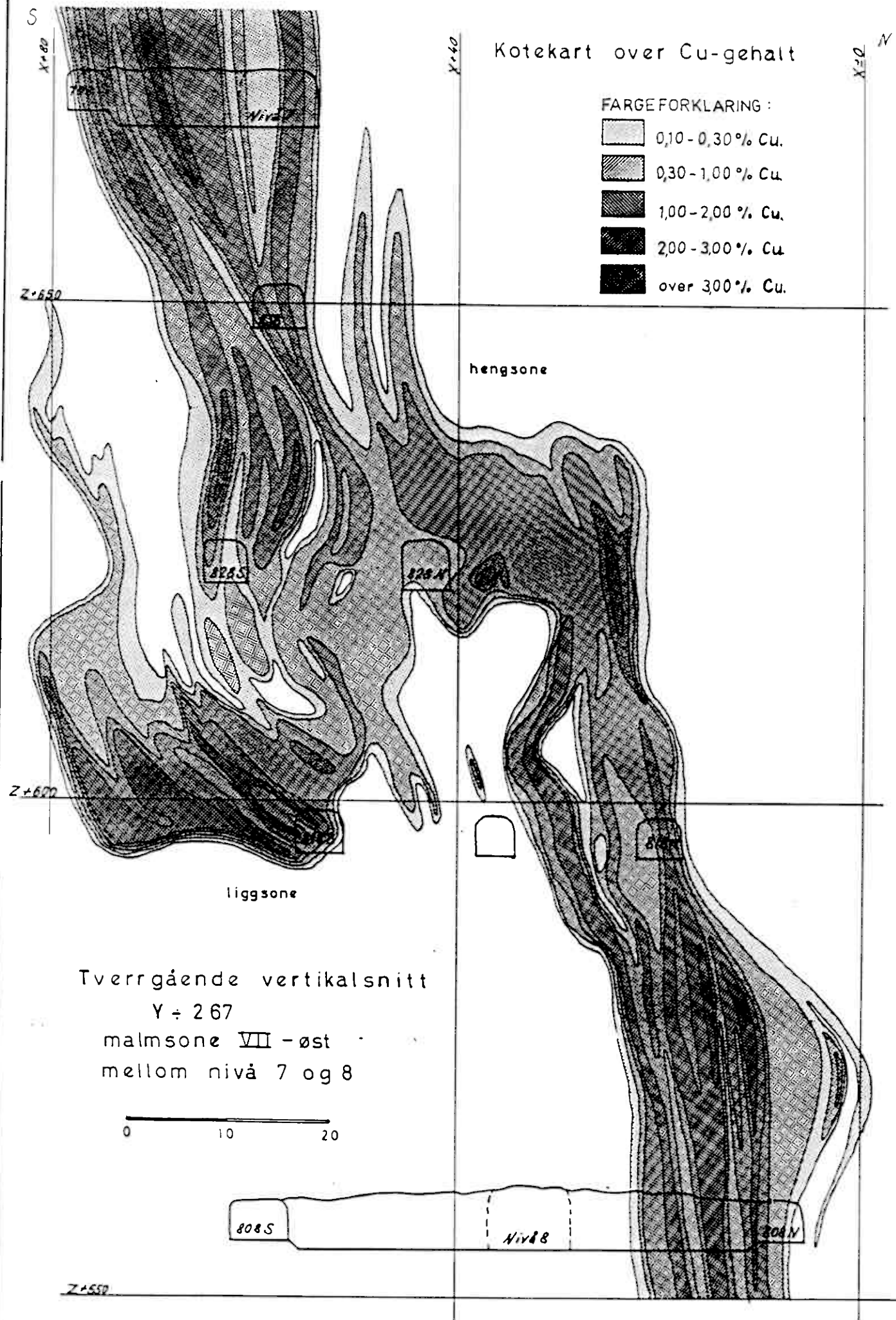
Disseminiert malm Cu Fe S₂-rik

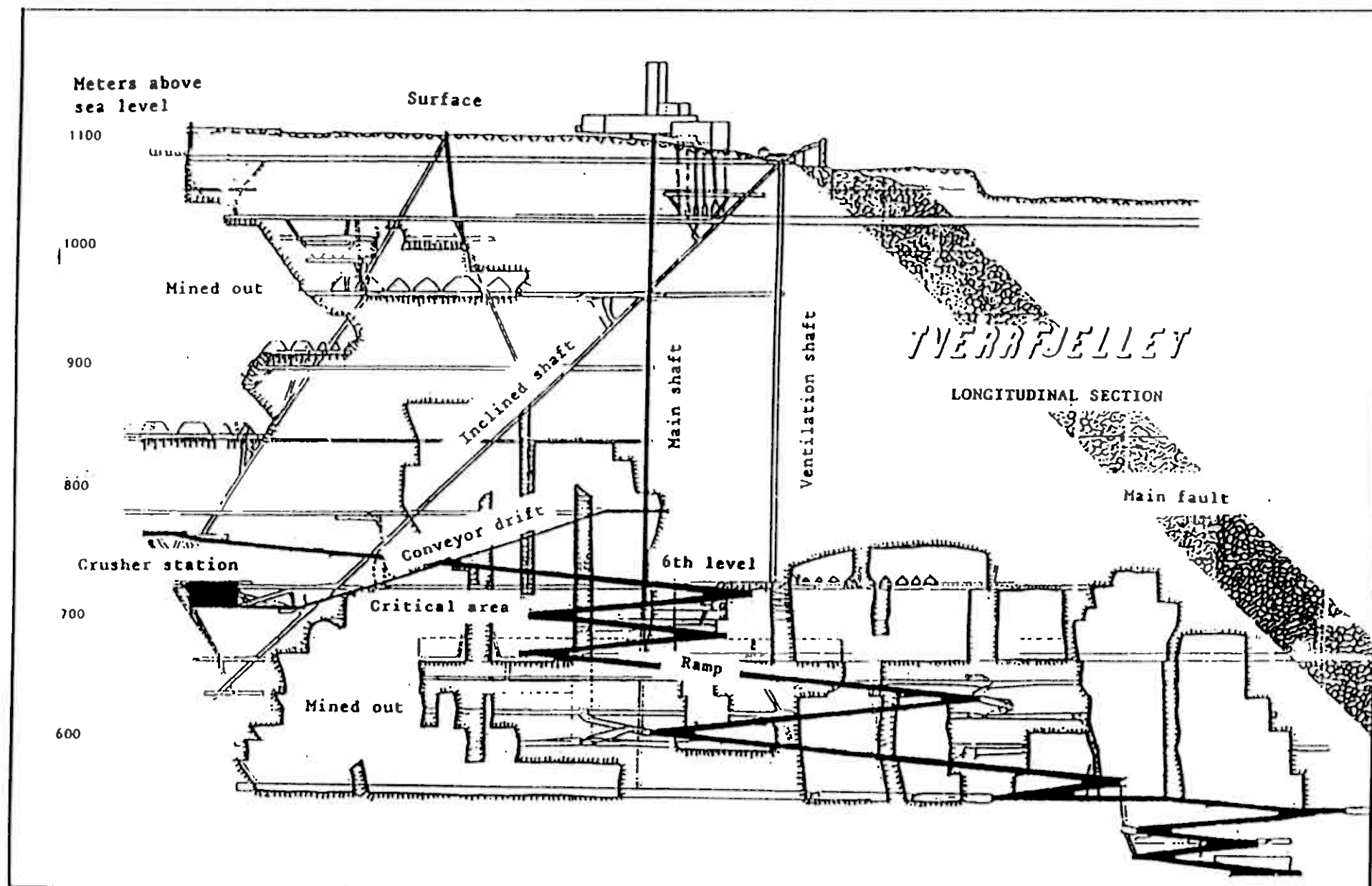
8085

4/28/8

508

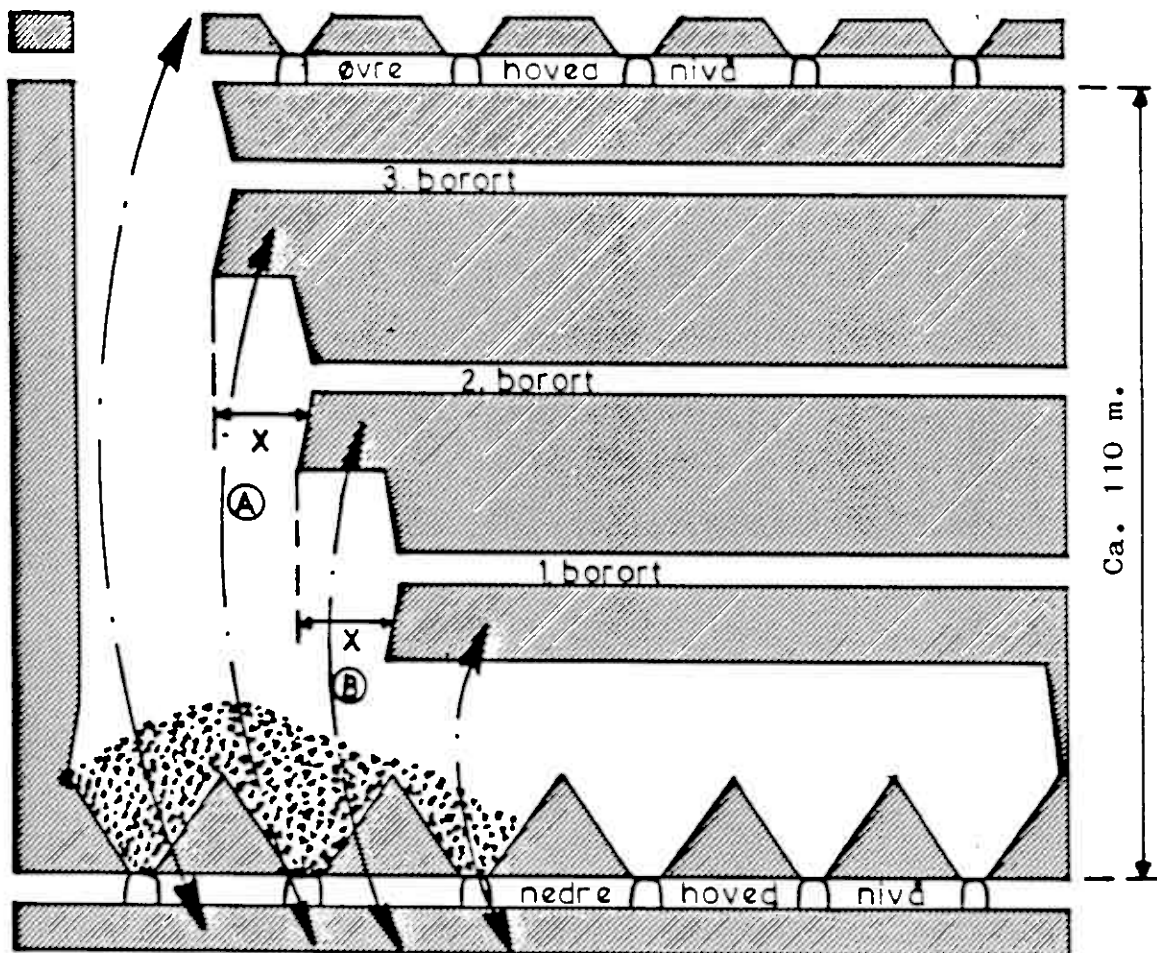
Z-550





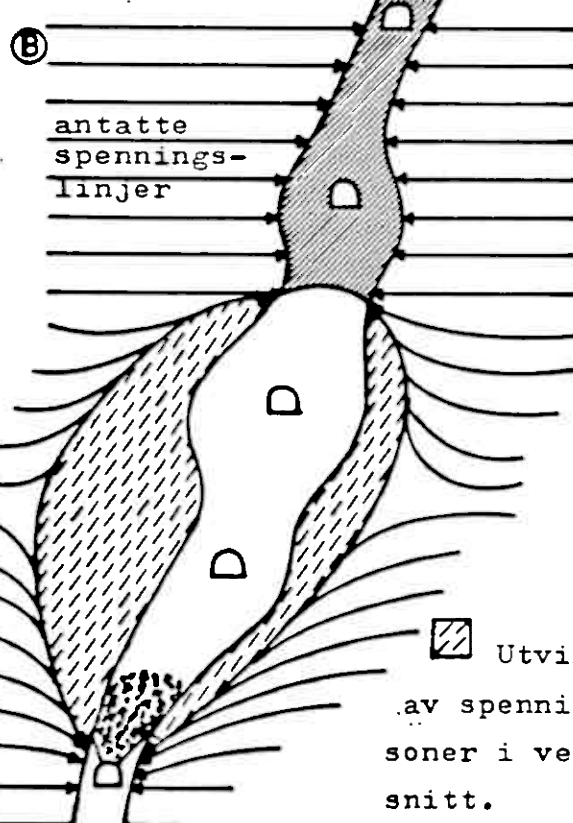
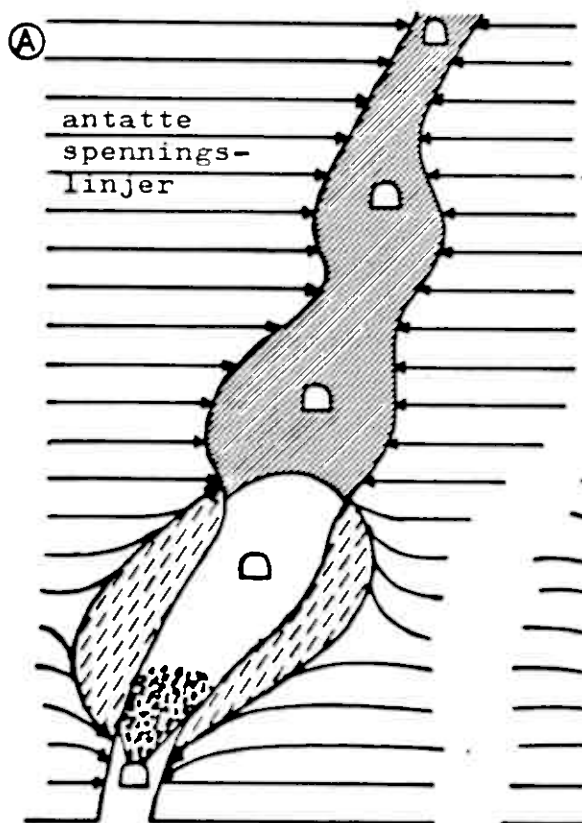
Longitudinal section of the mine.

Prinsipp-skisse av langsgående skivepallbryting (klassisk)

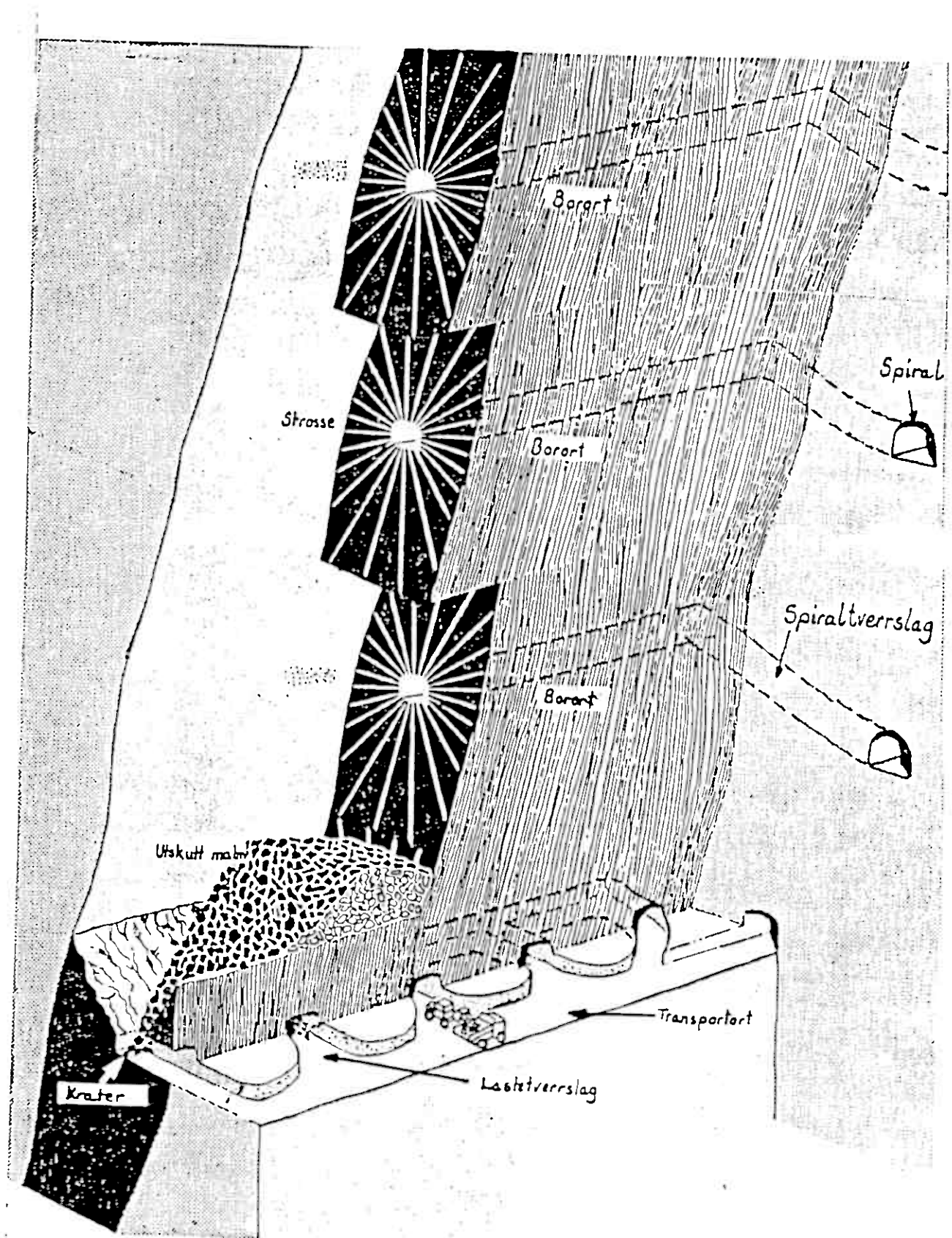


Anvendt i Tverrfjellet gruve mellom
nivå 7 og 8.

X - lengde mellom paller bør ikke overstige 10-12 m.



Utvikling
av spenningsløse
soner i vertikal-
snitt.



* * * OVERSIKTSTABELL OVER TOTAL BERGFANGST FRA TVERRFJELLET GRUVE * * *
FOLLDAL VERK A/S , pr. 01. 01. 1991

Antal nr.	Prod. Året		Tonn råmalm tørrvekt	Gjennomsnitts gehalter			Andel malm produksjon	Tonn gråfjell	Drevet ortmeter
				% Cu	% Zn	% S			
1.	1963	=	7,538	1.36	1.15	30.65	0.05	1,638	90
2.	1964	=	5,605	0.92	1.11	30.72	0.04	17,892	507
3.	1965	=	9,039	1.40	1.32	31.38	0.06	27,905	614
4.	1966	=	9,076	1.17	1.14	29.95	0.06	86,855	3,050
5.	1967	=	52,468	0.82	1.19	32.98	0.37	146,400	3,683
6.	1968	=	174,824	1.22	1.36	29.07	1.22	38,715	2,450
7.	1969	=	418,456	1.49	1.12	29.50	2.93	64,960	4,672
8.	1970	=	490,069	1.30	0.91	27.85	3.43	60,000	4,943
9.	1971	=	560,522	1.07	0.91	27.30	3.92	81,500	4,979
10.	1972	=	600,839	1.01	1.14	27.17	4.20	58,000	3,650
11.	1973	=	604,669	0.97	1.01	29.37	4.23	81,415	4,129
12.	1974	=	605,484	0.78	1.27	32.98	4.23	160,166	2,845
13.	1975	=	633,514	0.97	1.22	33.12	4.43	143,300	3,540
14.	1976	=	665,374	1.04	1.10	34.91	4.65	80,517	2,503
15.	1977	=	661,933	1.06	1.16	34.87	4.63	104,363	2,293
16.	1978	=	660,302	1.13	1.23	34.82	4.62	85,974	2,197
17.	1979	=	633,891	1.19	1.23	32.34	4.43	74,900	2,033
18.	1980	=	660,154	1.01	1.27	29.53	4.62	67,465	2,256
19.	1981	=	649,842	0.94	1.09	27.60	4.55	114,650	2,891
20.	1982	=	647,367	0.90	1.07	26.05	4.53	83,565	3,395
21.	1983	=	691,177	0.86	1.05	26.30	4.83	39,481	1,705
22.	1984	=	675,358	1.07	1.05	28.00	4.72	112,061	1,612
23.	1985	=	663,013	1.11	0.96	27.20	4.64	65,398	1,157
24.	1986	=	684,037	1.15	1.00	27.60	4.78	51,217	787
25.	1987	=	688,717	1.10	0.96	26.99	4.82	71,282	326
26.	1988	=	543,370	1.13	1.09	27.64	3.80	39,156	309
27.	1989	=	480,617	1.70	0.73	24.72	3.36	80,613	1,079
28.	1990	=	577,727	1.63	0.87	25.96	4.04	12,309	112
29.	1991	=	542,279	1.22	1.15	30.41	3.79	6,297	98
S U M (28 ÅR)		=	14,297,381	1.11	1.08	29.32	100.00	2,057,995	63,905

=====

GEHALTER I RAMALM-PAGANG I 1991 (etter våtkjemiske analyser):

	Måned (p e r i o d e)	TONN tørrvekt	Cu %	Zn %	S %	ANDEL TONN %
1.	Januar	43,082	1.30	1.10	31.00	7.94
2.	Februar	57,902	1.51	1.17	32.80	10.68
3.	Mars	49,625	1.32	1.07	34.20	9.15
4.	April	45,203	1.51	1.01	31.50	8.34
5.	Mai	37,991	1.44	0.99	29.40	7.01
6.	Juni	50,405	1.54	1.10	29.93	9.30
7.	Juli	30,607	1.08	1.19	32.10	5.64
8.	August	33,302	1.06	1.43	26.60	6.14
9.	September	50,545	1.07	1.18	27.00	9.32
10.	Oktober	48,823	0.98	1.24	29.90	9.00
11.	November	52,097	0.84	1.21	29.10	9.61
12.	Desember	42,697	0.90	1.21	30.48	7.87

S U M	1990 =	542,279	1.22	1.15	30.41	100.00
=====						
			1.2208	1.1542	30.4117	=====

=====

GEHALTER I RAMALM-PAGANG I 1991 (etter våtkjemiske analyser):

A K K U M U L E R T

	Måned (p e r i o d e)	TONN akkumul.	Cu %	Zn %	S %	ANDEL TONN %
1.	Januar	43,082	1.30	1.10	31.00	7.94
2.	Februar	100,984	1.42	1.14	32.03	18.62
3.	Mars	150,609	1.39	1.12	32.75	27.77
4.	April	195,812	1.42	1.09	32.46	36.11
5.	Mai	233,803	1.42	1.08	31.96	43.11
6.	Juni	284,208	1.44	1.08	31.60	52.41
7.	Juli	314,815	1.41	1.09	31.65	58.05
8.	August	348,117	1.37	1.12	31.17	64.20
9.	September	398,662	1.33	1.13	30.64	73.52
10.	Oktober	447,485	1.30	1.14	30.56	82.52
11.	November	499,582	1.25	1.15	30.41	92.13
12.	Desember	542,279	1.22	1.15	30.41	100.00

HITTIL I AR	1991=	542,279	1.22	1.15	30.41	100.00
=====						
=====						

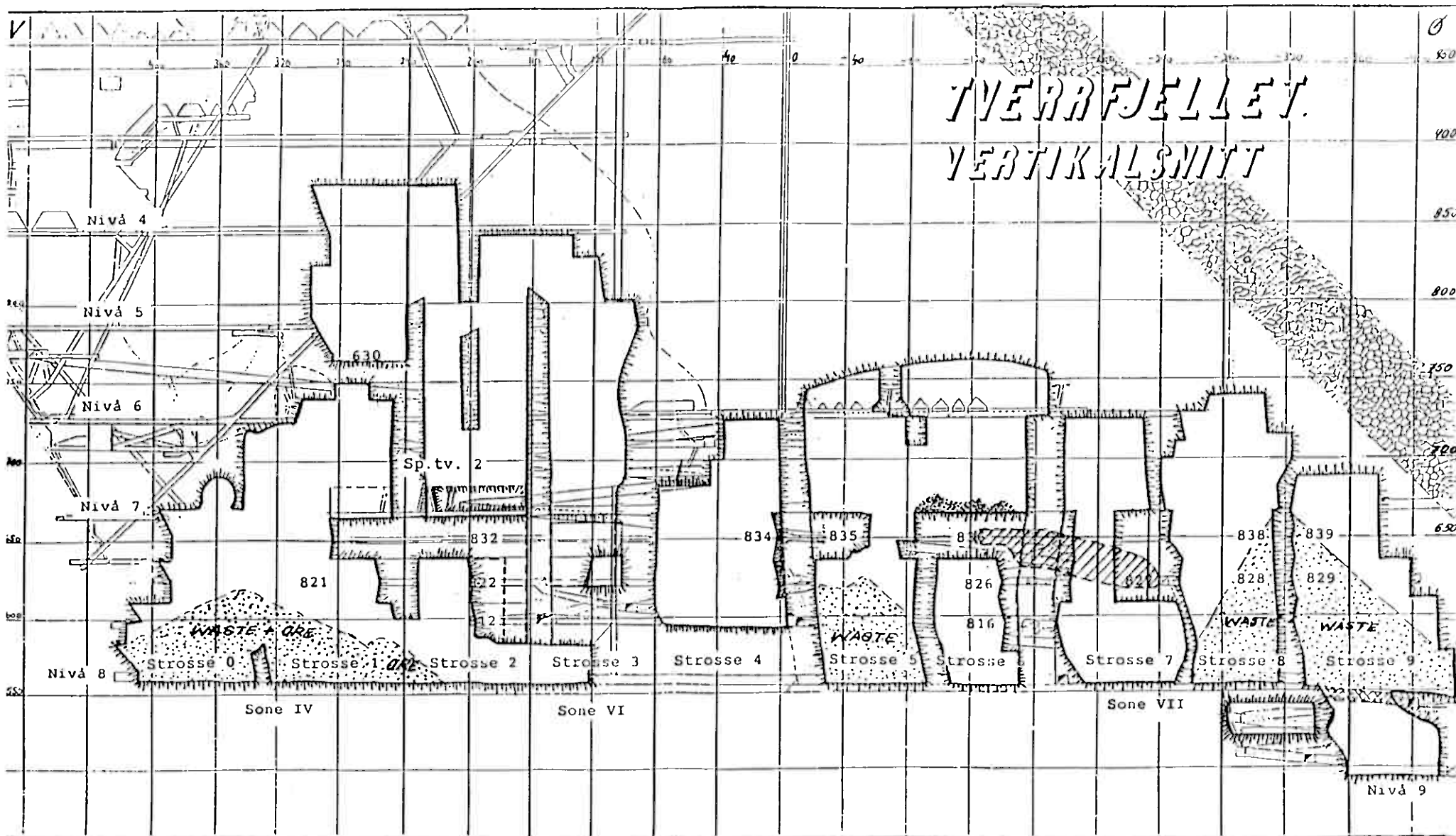
RAMALM PRODUKSJON I TVERRFJELET GRUVA I LØPET AV 1991 : t.o.m. 23.12.

LASTEPLASS strosse/nivå og malmone		ANTAL LASS TRUCK CAT 769B/C	GJENNOMSNITTS ANALYSER AV MALM IN SITU (X-RAY)			GJ.SNITTS EGEN VEKT	BEREGNET ANTAL TONN RAMALM	VOLUM AV MALMTYPE NUMMER			TOTAL ANDEL AV FORDRET RAMALM		
nr.	nr.	malmone	antal	% Cu	% Zn	% S	g/cm3	t	I	II	III	% lass:	% tonn:
1.								0				0.000	0.000
2.								0				0.000	0.000
3.								0				0.000	0.000
4.								0				0.000	0.000
5.	846 N = m.s.VI		136	2.31	0.46	21.71	3.65	3,747	46	19	35	0.682	0.642
6.	3/7 = m.s.IV		160	0.34	1.43	33.12	4.06	5,052	95	2	3	0.803	0.866
7.	918F.S. = m.s.VII		846	0.97	0.72	24.86	3.75	23,243	48	20	32	4.244	3.984
8.	2/7F.S. = m.s.IV		2,040	0.39	1.65	40.52	4.28	65,648	77	18	5	10.234	11.251
9.	3/Tv9 = m.s.IV		665	0.73	1.41	31.36	3.96	19,912	52	1	47	3.336	3.413
10.	5/7F.S. = m.s.IV		943	1.25	1.16	42.70	4.27	30,325	87	5	8	4.731	5.198
11.	6/7F.S. = m.s.VII		600	1.66	0.79	30.63	3.86	18,050	74	9	17	3.010	3.094
12.	2/8 = m.s.IV		4,176	1.33	1.23	37.21	4.15	121,204	94	4	2	20.950	20.773
13.	4/Tv10 = m.s.VI		9,426	1.51	1.16	30.11	3.85	269,227	78	10	12	47.288	46.143
14.	7/8 = m.s.VII		722	2.21	0.77	25.42	3.76	19,974	43	9	48	3.622	3.423
15.	9/9F.S. = m.s.VII		219	1.22	1.14	31.01	3.95	7,077	88	2	10	1.099	1.213
TOTAL SUM =			19,933	1.32	1.19	32.90	3.97	583,459	78.2	9.3	12.5	100.00	100.00

DIFFERANSENE MELLOM PRODUSERT RAMALM I GRUVA OG PÅGANG I OPPREDNINGEN I 1991 :

ANTAL LASS TRUCK CAT 769B/C		GJENNOMSNITTS ANALYSER AV MALM IN SITU (X-RAY)			GJ.SNITTS EGEN VEKT	BEREGNET ANTAL TONN RAMALM	GJENNOMSNITTS SIDEGRIBERG TILBLANDIN	RAMALM LAGRET I SILO
Lokalitet	antal	% Cu	% Zn	% S	g/cm3	t	%	t
Produsert i gruva = t.o.m. 23.12.91 (malmberegningen)	19,933	1.32	1.19	32.90	3.97	VATVEKT IN SITU 574,707		
							5.64	SANNSYNL16 9,741
Pågang/oppredningen = t.o.m. uke 52 (23.13.91) (VATTKJEMISKE analyser)	-	1.22	1.15	30.41	3.97	TØRRVEKT RAMALM 542,279		

VERTIKAL LENGDESNITT AV GRUVA'S ØSTRE - NEDRE DEL



TVERRFELLET
VERTIKALSNITT

SETT MOT NORD

4 JOURFØRT PR. 1. 10. 91 ved M. Motys

□ "A" malm

□ "B" malm

□ "C" malm

Malmzone IV, VI, VII

A L T E R N A T I V 1.

VARIASJONER I GJ.SN.GEHALTER AVHENGIG AV SIDEGRABERGINN-
BLANDING I PLANLAGT RAMALMPRODUKSJON I DE 9 MANDENE 1992 :

PRODUKSJONS MANED	RAMALM tonn	GJENNOMSNIETS GEHALTER			SIDEGRFJ. MALMVERDI INNBLAND.	BREAK/EVE NOK/t	NOK/kg-0
		% Cu	% Zn	% S			
JANUAR	54,362	0.90	1.09	28.16	17.00	140.25	14.66
FEBRUAR	52,052	0.82	1.10	28.80	15.00	135.46	15.64
MARS	57,288	0.79	1.23	30.78	13.00	138.71	15.29
APRIL	33,572	1.02	1.16	29.61	12.00	151.29	13.04
MAI	51,898	1.22	0.98	27.13	11.00	157.00	12.30
JUNI	49,280	1.44	0.85	27.58	10.00	166.94	11.50
JULI	21,252	1.39	0.86	29.12	11.00	164.85	11.64
AUGUST	52,206	1.36	0.85	28.80	12.00	162.45	11.84
SEPTEMBER	53,900	1.39	0.82	28.12	13.00	163.02	11.79
OKTOBER							
NOVEMBER							
DESEMBER							
SUM BRYTB. :	425,807	1.13	1.00	28.63	12.86	152.29	13.22

A L T E R N A T I V 2.

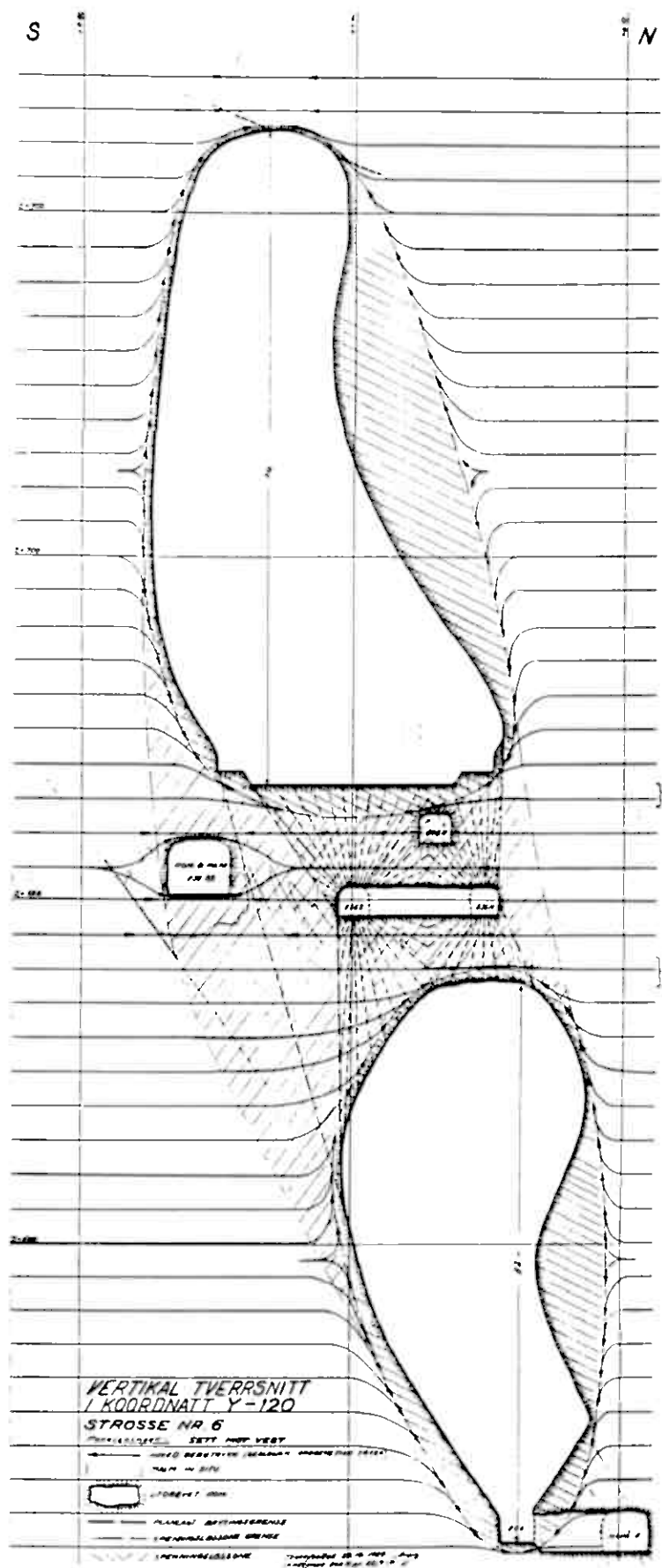
VARIASJONER I GJ.SN.GEHALTER AVHENGIG AV SIDEGRABERG-INN-
BLANDING I PLANLAGT RAMALMPRODUKSJON I DE 12 MANDENE 1992 :

PRODUKSJONS MÅNED	RAMALM tann	GJENNOMSNIETS GEHALTER			SIDEGRFJ. MALMVERDI	BREAK/EVEN
		% Cu	% Zn	% S	INNBLAND. NOK/t	NOK/kg-Cu
JANUAR	54,362	0.90	1.09	28.16	17.00	140.25
FEBRUAR	52,052	0.82	1.10	28.80	15.00	135.46
MARS	57,288	0.79	1.23	30.78	13.00	138.71
APRIL	33,572	1.02	1.16	29.61	12.00	151.29
MAI	51,898	1.22	0.98	27.13	11.00	157.00
JUNI	49,280	1.44	0.85	27.58	10.00	166.94
JULI	21,252	1.39	0.86	29.12	11.00	164.85
AUGUST	52,206	1.36	0.85	28.80	12.00	162.45
SEPTEMBER	53,900	1.39	0.82	28.12	13.00	163.02
OKTOBER	57,288	1.33	0.89	28.34	13.00	161.64
NOVEMBER	53,900	1.34	1.06	26.85	14.00	167.25
DESEMBER	41,734	1.33	0.79	25.77	15.00	157.03
SUM BRYTB. :	578,728	1.18	0.98	28.23	13.14	154.95

A L T E R N A T I V 3.

VARIASJONER I GJ.SN.GEHALTER AVHENGIG AV SIDEGRABERG-INN-
BLANDING I PLANLAGT RAMALMPRODUKSJON I DE 12 MANDENE 1992 :

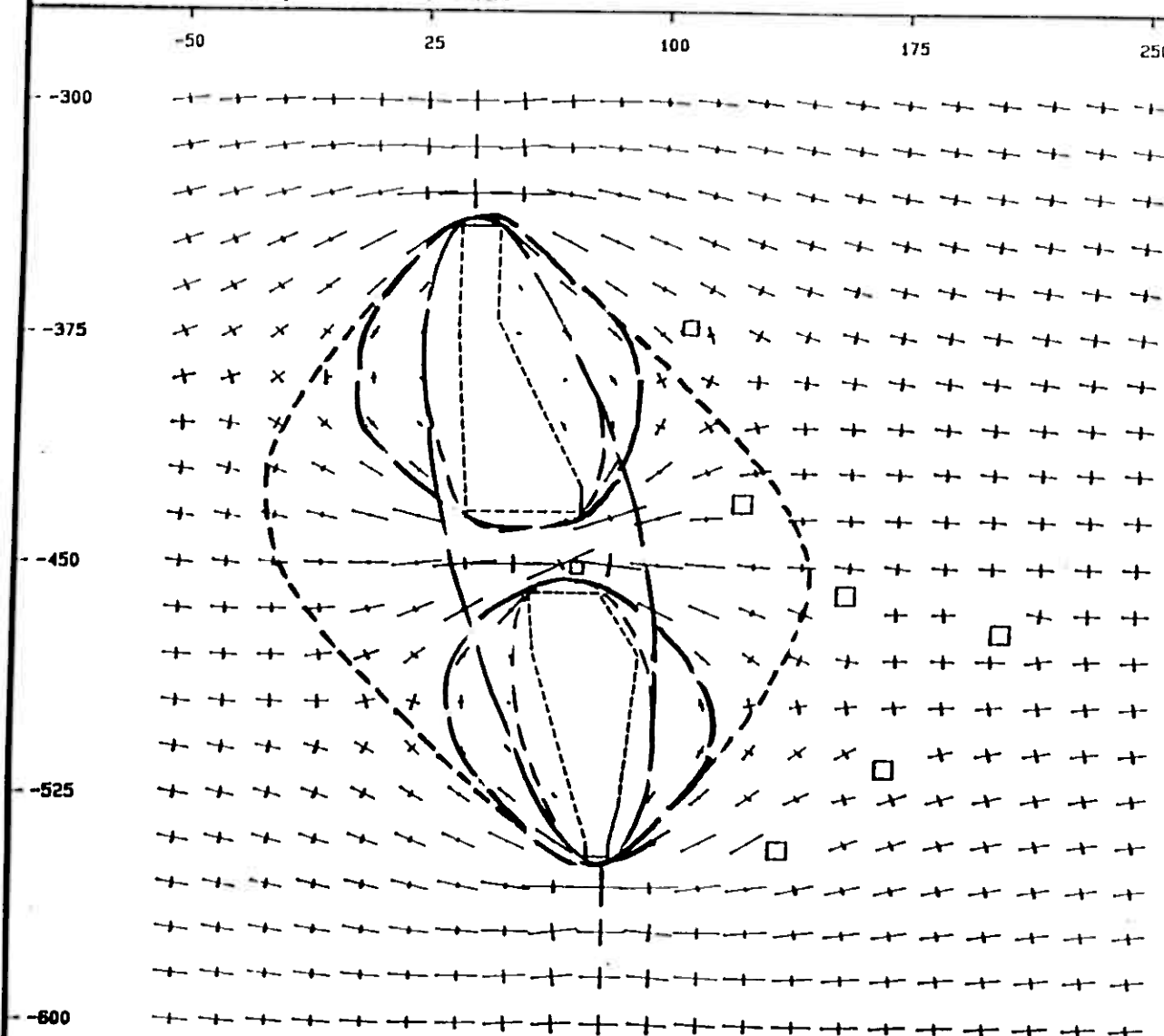
PRODUKSJONS MANED	RAMALM tonn	GJENNOMSNIETS GEHALTER			SIDEGRFJ. MALMVERDI INNBLAND.	BREAK/EVEN NOK/t	NOK/kg-Cu
		% Cu	% Zn	% S			
JANUAR	56,480	0.90	1.09	28.24	17.00	140.29	14.66
FEBRUAR	54,080	0.82	1.10	28.87	15.00	135.49	15.64
MARS	59,520	0.77	1.28	31.37	13.00	139.29	15.30
APRIL	34,880	1.03	1.14	29.33	12.00	151.13	13.05
MAI	53,920	1.25	0.94	26.60	11.00	157.34	12.29
JUNI	51,200	1.48	0.81	28.04	10.00	168.32	11.40
JULI	22,080	1.42	0.85	28.76	11.00	166.25	11.54
AUGUST	54,240	1.37	0.85	28.73	12.00	163.06	11.79
SEPTEMBER	56,000	1.38	0.85	28.39	13.00	163.53	11.76
OKTOBER	59,520	1.32	0.89	28.31	13.00	160.98	11.97
NOVEMBER	56,000	1.34	1.06	26.83	14.00	167.24	11.42
DESEMBER	43,360	1.34	0.79	25.69	15.00	157.64	12.25
SUM BRYTB. :	601,275	1.19	0.98	28.27	13.14	155.28	12.84



BESOL/P5005 PRINCIPAL STRESS PLOTS

JOB TITLE: Tvfj. snitt Y -120

SINTEF



STEP NUMBER 1

WINDOW NUMBER 1

LEGEND

STRESSES:

— Compression

— Tension

GEOMETRY:

---- DD elements, CODE = 1-4
7, 8

---- DD elements, CODE = 5

---- DD elements, CODE = 9-12

---- FS elements, CODE = 1-4

— Interface

Angle of inclination of
interface = 0 degrees

SCALE:

(Maximum vector length)

0 67



CROUCH RESEARCH, INC.

Tverrfjellet gruve, Folldal Verk A/s

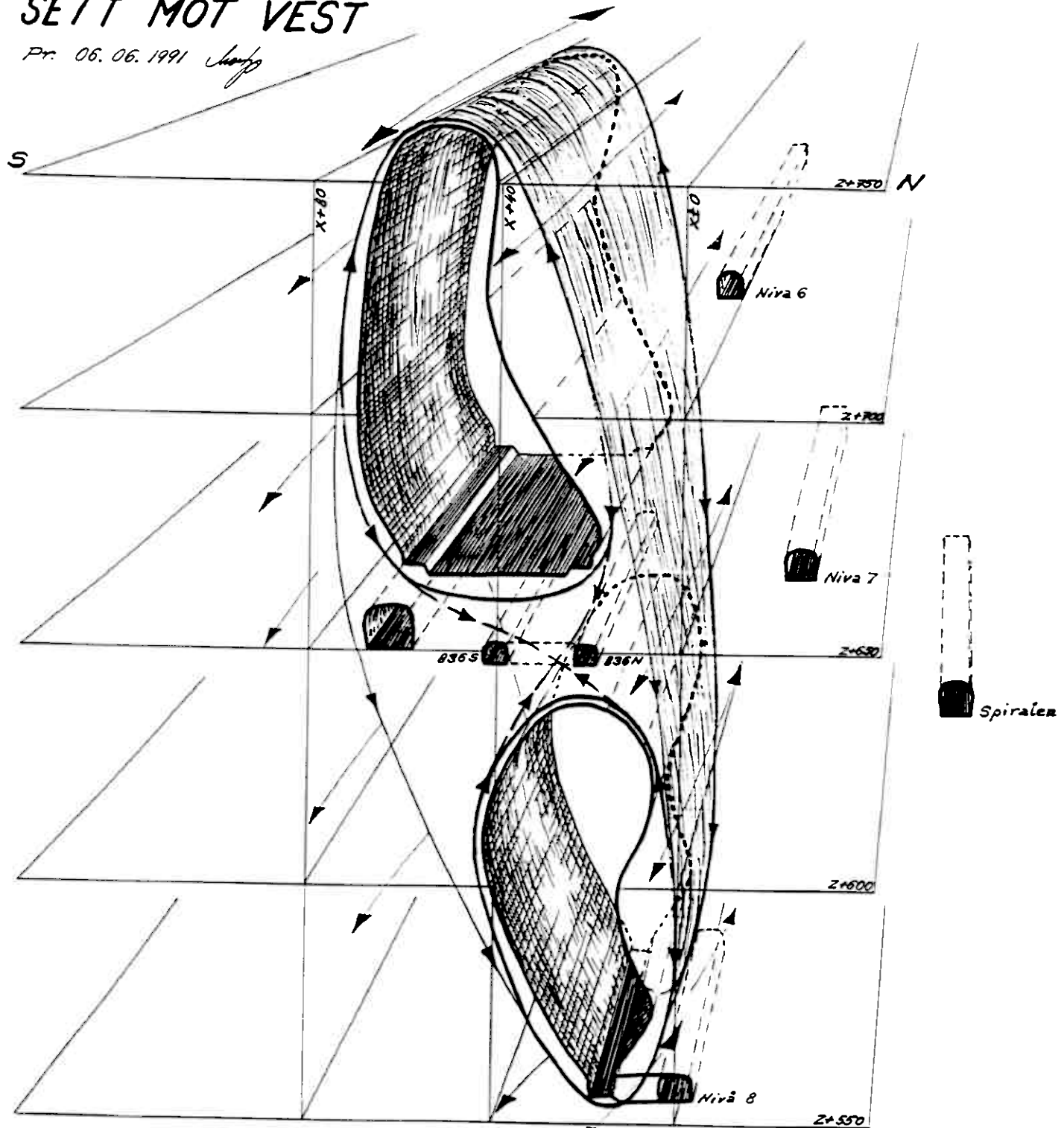
PERSPEKTIV BLOKKMODEL

STROSSE NR. 6

"Bergtrykks omlagring": model

SETT MOT VEST

Pr. 06. 06. 1991 Jørup



Fremste plansnitt i koordinatt Y÷120
Målestokk 1:860

FOLLDAL VERK A/S, TVERRFJELLET

29. April 1991

BESKRIVELSE AV GRUVA

Tverrfjellet gruve ble først satt i produksjon august 1968. Den ble da sett på som en nesten uuttømmelig ressurs med muligheter for drift i lang tid fremover. Men, pga. store produksjonskvanta begynner vi allerede å se enden på gruvedriften her på Tverrfjellet. Idag arbeider ca. 175 personer ved Folldal Verk og derav ca. 75 i gruva.

Dagens situasjon indiker driftsstans engang i 1992. Det er derfor viktig å arbeide med planer for avbygning og tilbaketrekning fra utbrudte strosser, samt videre prospektering. Avbygningsplanen er en sammensatt og svært komplisert analyse der de viktigste parametre er prisutvikling og bergmekanikk. Prospektering drives i dag aktivt og flere mulige forekomster er under vurdering.

GEOLOGI

Tverrfjellforekomsten tilhører klassen av stratabundne, sedimentære kismalmer. Dette vil si at malmen er dannet ved vulkanisme på havbunnen.

Vulkanene spydde ut metallsulfider som er blitt utfelt og avleiret på havbunnen. Kisslammet ble så overdekket av andre vulkanske materialer (basalt).

Den primært avsatte kishorisont hadde en mektighet fra 1-10 m og mektigheten var størst i fordypninger og renner. Malmen ble så foldet i flere faser. Den siste foldefasen antas å være den kaledonske orogenese og det er i denne perioden de største mektighetene er dannet (50-60 m). Forekomsten minner om en uregelmessig, delvis linseformet plate.

Ustrekning av malmen er ca. 1700 meter i øst-vest retning og fra dagen til et dyp av 600-620 meter under overflaten. Gjennomsnittlig fall er 80 grader mot sør.

IN SITU SPENNINGER

Siden området er sterkt påvirket av den kaledonske orogenese skulle en vente å finne en nord-sydgående hovedspenningsretning. Dette er også verifisert gjennom tredimensjonale spenningsmålinger. Dette betyr at største hovedspenning (ca. 25 MPa) står normalt malmens lengderetning. Den gunstige spenningsretningen er en av hovedårsakene til at det er mulig å åpne slike store rom som på Tverrfjellet. Den andre hovedårsaken er bergartene.

BERGARTER

Malm-mineraler:	Kobberkis, sinkblende, svovelkis og litt magnetitt.
Sideberg:	Amfibolitt på hengside (N) Glimmerskifer på liggside (S)

Bergmekanisk sett er malmen meget sterk og stiv. Dette fører til at malmen tåler adskillig spenninger og er positivt ved planlegging av pilarer ol. Amfibolitten er også meget god, idet den har en høy styrke og gode elastiske egenskaper. Dette har ført til at viktige installasjoner som feks. spiralen er lagt til hengen. Glimmerskiferen er forholdsvis svak, noe som kan forklare mye av den ustabilitet som har vært observert i strosserommene.

Endel forkastninger skjærer gjennom gruveområdet og gir oppknuste soner med lav stabilitet. Ellers er malm og amfibolitt kompakte og uten gjennomsettende sprekker. Glimmerskiferen har en tydelig foliasjon og ofte utpregede glidespeil med kloritt/serisitt.

	E-modul (GPa)	Poissons tall	Enaks. trykkfasthet (MPa)
Kis	113	0.18	200
Amfibolitt	60	0.17	111

BRYTNINGSMETODE

Forekomsten er hovedsaklig drevet ved langsgående skivebrytning. Det er opprettet lastenivå med lastetverrslag og kraterorter. Deretter er det drevet 2-3 borortnivåer med spaltetverrslag og stigorter i enden. Etter at spaltene er åpnet kan man bore ringformede borvifter som så skytes.

Det tilstrebes å holde produksjonsfronten steil (drive alle borortene parallelt) for dermed å unngå stor gråbergsinnblanding og underkutting av borortene.

RAS I STROSSE 0/1

Åpning av store strosserom fører til at det dannes høye horisontalspenninger i strossens tak og nullspenninger i heng og ligg.

I strosse 0/1 som er ca. 120 meter lang, opp til 180 meter høy og 50 meter bred gikk det høsten 1988 flere store ras. Driften ble da stoppet idet både belteorta og spiralen lå betenkelig nær det utraste området. Under påfølgende inspeksjoner ble det klart at store områder var i ferd med å sprekke opp og falle ut. Det ble da bestemt å installere ekstensometre for overvåking, samt kabelbolting for å øke stabiliteten.

Før noen form for sikring ble satt inn ble ekstensometre montert. Disse er montert med både manuell avlesning samt et system med LVDT'er som kontinuerlig registrerer deformasjon som registreres direkte på plotter på stigerkontoret. I tillegg er et varslingsystem koblet til slik at de mest faretruede områder i nærheten av strose 0/1 blir sperret med rødt lys dersom deformasjonene overstiger 1 mm.

Kabelboltingen ble foretatt fra eksisterende orter. Vifter med hull fra 10 til 40 meter er boret. Oddavstand er 3 meter (2 meter i de mest kritiske områder) noe som gjør at hver bolt dekkes ca. 9 m² hengflate. Boltene består av 3 stykker 12 mm stålwire som er gyst inn med sement. Tilsammen ble det boret 10.500 meter i løpet av 3 uker.

Registreringer fra ekstensometrene viser en retarderende bevegelse og området regnes idag som forholdsvis stabilt. Likevel har man valgt å legge om både spiralen og belteorta. Stabiliseringen som er oppnådd skyldes nok i første rekke kabelboltingen, som etter at den fikk deformere seg litt har mobilisert en innspenning som er tilstrekkelig til å gi de utsatte partier en viss friksjons-spenning og holde området på plass.

OPPFØLGING AV SPENNINGSENDINGER

SINTEF's avdeling for bergteknikk har i de siste år utviklet en doorstopper for registrering av spenningsendringer over tid. Dette systemet har i snart 3 år vært utprøvd her på Tverrfjellet og har vist seg å være meget stabilt og pålitelig.

Systemet tar utgangspunkt i en ordinær doorstopper, men har en innebygget temperatur kompenserende "dummy". I tillegg er doorstopperen utstyrt med en permanent kabel for avlesning. Avlesninger gjøres med en målebro av høy kvalitet og for å kontrollere målesystemet er det i tilknytning til hvert målested plassert en likens doorstopper til en ikke-belastet bergartskjerne. Denne gir en kontroll av systemets stabilitet. Det er konkludert med at tøyningssendringer som ikke er spenningsindusert er neglisjerbare.

Til nå er 10 måleceller installert i endelige pilarer eller bororter. Desverre er enkelte av dem skutt bort, skadet under skyting eller ødelagt av maskiner. Pr. 23. april finnes det 5 operative celler plassert rundt i gruva. Doorstopperen er plassert ca 1.5 meter opp i ort-taket og pga. spenningskonsentrasjonen rundt selve orta kan man vente at pilarspenningen ligger i størrelsesorden 60-70% av målt spenning.

Et typisk forløp for spenningsomlagringen er gitt ved en økning av σ_1 mens σ_2 avtar når strossefronten nærmer seg målecellen. Økninger på over 30 MPa har vært registrert noe som vil kunne gi opphav til bergslagsaktivitet.

Systemet slik det er idag har ingen kvantitativ betydning for gruva, men er en viktig del av arbeidet med å kartlegge hvilke pilarer som opptar de største spenningene og hvordan man av den grunn skal legge opp den endelige brytning.

AVBYGNINGSPLAN FOR GRUVA

I samarbeid med SINTEF er det etterhvert blitt utviklet en plan for avbygningen av gruva. De forskjellige malmreservene er delt inn i tre kategorier; A-, B- og C-malm.

"A"-malm er malm som bergmekanisk kan brytes uten problemer. "C"-malm er avskrevet og settes igjen som pilarer. "B"-malmen kan brytes dersom de bergmekaniske forhold tilsier det og da fortrinnsvis etter at bergmekanisk "A"-malm er brutt. Avbygningsplanen konkluderer med en anbefalt avbygningsrekkefølge (strosse 9, 7, 4, 3, 6, 2) der en trekker seg ut av området fra øst mot vest.

Et par av metodene som er brukt for å bestemme endelig utforming og avbygning av gruva skal belyses.

- "Skattepliktig areal"-metode
- Kartlegging av gruva
- Nummeriske modeller

"Skattepliktig areal"-metode

I forbindelse med rom- og pilar brytning brukes ofte den såkalte "skattepliktige areal"-metoden. Dette er også mulig på Tverrfjellet dersom en tenker seg rom- og pilar området snudd på høykant. Gjennom en slik betraktning kan man fremstille forholdet mellom pilarspenning og vertikalspenning som en funksjon av avbygningsforholdet. Det viser seg at et avbygningsforhold på opptil 0.75 gir en forholdsvis liten økning i pilarspenningen, mens en videre økning har stor betydning for spenningene i pilarene. Pr idag ligger man med et avbygningsforhold i nærheten av 0.70-0.75 og dersom både "A"- og "B"-malm brytes vil avbygningsforholdet kunne nå 0.81. Man vil derfor kunne vente at pilarene i nær fremtid begynner å vise tydelige tegn på høye belastninger.

Kartlegging i gruva

Samtlige pilarer som er tilgjengelige er i den siste tid blitt kartlagt og kontrollert. En slik overvåking er nødvendig for på et tidlig tidspunkt å kunne oppdage endringer i stabiliteten. Det har under disse inspeksjonene vist seg at flere av pilarene allerede er i bruddtilstand og derfor tar opp bare begrensede spenninger. Man har også etterhvert dannet seg et bilde av hvordan spenningene går rundt strossene og hvilke pilarer som virkelig tar opp det meste av spenningene. Dette er viktig i arbeidet med å verifisere de numeriske modellene og justere dem mhp. geologiske effekter.

Numeriske modeller

Numeriske modeller er brukt både for å kartlegge spenningsomlagringene rundt orter, strosserom og gruva som helhet. Avbygningen modelleres trinnvis og av spesiell interesse er da spenningene i strosseveggene, pilarene og på borortkanten.

Ved å simulere avbygning er det funnet at det i Tverrfjellets tilfelle er mulig å åpne strosser med en lengde på opptil ca. 60 meter uten at innspenningen i veggen forsvinner. Lengre strosser vil kunne ha større nullspente soner som vil føre til utrasninger og gråbergsinnblanding.

Hele gruven er også modellert i en todimensjonal model der hvert strosserom er fjernet i henhold til avbygningsplanen. Dette har gitt indikasjoner på hvilke spenninger man må regne med å kunne observere i hengvegg og pilarer.

NOTAT

OM MALMPOTENSIALE I OMRÅDET MELLOM KVIKNE OG ALVDAL.

INNLEDNING.

Som følge av diskusjoner med Ivar Killi og med henblikk på planer om anvendelse av flyttbar oppredningsverk vil jeg rette oppmerksomheten på et område i Hedmark fylke, som synes å ha et interessant malmpotensiale på et ganske begrenset areal.

Området strekker seg fra Kvikne i nord til noe nord for Alvdal i syd på begge sider av riksvei 3. Kart over området med nedennevnte lokaliteter følger som bilag 1.

Etter ulike rapporter, som fortrinnsvis er ganske gamle, som Ivar har skaffet eller vist meg, synes det å være teknisk sett tre ulike typer av forekomster i området:

1. Utbrudte malmtipper på dagen fra gammel drift (s.k. vaskemalm)
2. Restmalmer i gamle nedlagte gruver.
3. Forekomster som ikke har vært i drift.

I følgende blir de viktigste forekomstene nevnt og en del av rapportene følger som bilag.

UTBRUDTE MALMTIPPER PÅ DAGEN.

Ved nedlagte Kvikne gruver ligger det en malmtipp på 0.3 - 0.4 mill. tonn - 0.78 % Cu. Sinkgehalten er ikke angitt.

Ved nedlagte Røstvangen gruve finnes en malmtipp på 70.000 tonn - 1.6 % Cu. Heller ikke her er sinkgehalten angitt.

RESTMALMER I GAMLE NEDLAGTE GRUVER.

Ved Finnhaug gruve i Børsjohøfeltet gjenstår det over grunnstøllnivå 15.000 tonn - 0.85 % Cu, 46 - 48 % S. Sinkgehalten er ikke angitt.

Ved Hamdal gruve i Børsjohøfeltet gjenstår 40.000 tonn (sannsynligvis) - 3.5 - 5 % Cu, 42 - 44 % S (svovelkis holder 0.2 - 0.3 % Co). Sinkgehalt er ikke angitt.

Ved Røstvangen gruve i Kvikne er restmalmmengden ikke angitt, men det er grunn til å anta at det ble noe igjen, da gruveselskapet gikk konkurs i 1920. Malmen består av to kislinjaler. Kompaktmalm i kislinjalene holder ca. 1 - 2.5 % Cu og 45 % S. Sink er ikke angitt. I nedre del av vestre forekomst har man 8 m mektig impregnasjonsmalm.

FOREKOMSTER SOM IKKE HAR VÆRT I DRIFT.

Børsjohøforekomsten skal ha påvist malm 0,9 mill. tonn - 1,8 - 2 % Cu og sannsynlig malm 2 mill. tonn av samme kvalitet etter rapport av H. Bjørlykke 1947. Malmen inneholder i tillegg sink, men det var ikke analysert på daværende tidspunkt da rapporten ble skrevet.

Malmen som befinner seg øst for Røstvangen og som har et utgående på ca. 1.000 m over havet har ikke vært i drift, men som oppfaring er det drevet to stoller inn i malmen. Malmen skal ha en brukbar mektighet, ca. 6 - 11 m, men har et forholdsvis slakt fall.

To diamantborhull boret av firma Lysaker Kjemiske Fabrikker i 1957 i den sydlige delen av forekomsten viser ganske lave gehalter: den ene 3 m - 0,91 % Cu og 0,92 % Zn, den andre 6 m - 0,43 % Cu og 0,21 % Zn. Det er dog mulig at hullene ikke har truffet den beste delen av forekomsten, ellers er det vanskelig å forstå forskjellen til rapporten av H. Bjørlykke.

Vakkerlien Ni-forekomst i Kvikne er godt inventert og har 0,4 mill. tonn - 1,0 % Ni og 0,4 % Cu.

Malmen er linseformet og begynner fra dagen og har en meget slak feltstupning slik at storparten av malmen er veldig nær dagen. Malmen har rikere partier.

Kaltberget Ni-forekomst i samme området påstås å være rik, men tonnasjen er ikke angitt. Det kan spørres om den er nok undersøkt.

Sivilvangen Cu - Zn forekomst mellom Tynset og Alvdal har vært utsatt for prøvedrift, men kan betraktes som forekomst, som ikke har vært i drift.

En liten tipp på ca. 50 tonn fra prøvedriftstiden inneholder 2,43 % Cu, 7,34 % Zn, 37,6 % S og 22 ppm Ag.

Malmen ble i prøvedriftsperioden beregnet å ha reserver på 220.000 tonn - 1,7 % Cu og 28 % S.

I nyere malmberegning foretatt av NGU og Orkla Industrier i 1975 ble det anslått 100.000 tonn - 1,0 % Cu og 3,5 % Zn.

Malmen har en liten mektighet antakelig bare 1 m i gjennomsnitt.

Det blir i dag gjennomført en ny vurdering av tidligere undersøkelser i hele Sivilvangen-området. Dette gjelder spesielt prospekteringsarbeider utført av Følldal Verk A/S men også undersøkelser som Orkla Gruber utførte blir tatt med i denne vurderingen. Arbeidet antas avsluttet i løpet av februar 1990.

KONKLUSJONER

Selv om dataene om de nevnte forekomster bygges fortrinnsvis på gamle rapporter og det finnes lite nyere undersøkelser om de fleste forekomster, synes jeg at området er meget interessant når man ser området som en samlet malmreserve.

Både Børsjohøforekomsten og Vakkerlien har en brukbar malmverdi og tonnasje for smådrift. I tillegg kommer de andre forekomster. Kunne de alle, eller de fleste, konsentreres i et sentralt liggende oppredningsverk?

Vakkerlien forekomsten, som er bra inventert, ligger nær dagen og består av rikere partier og partier med lavverdig disseminasjon. Malmtonn har en verdi - i sær i de rikere partier - som tolererer noe transport. Selvsagt kan den ikke floter sammen med Cu- og Zn-malm, men likevel i samme anlegg.

Børsjohøforekomsten synes umiddelbart å ha en brukbar malmkonsentrasjon i en ganske kompakt form. Datane på forekomsten er imidlertid av så gammel dato at det burde gjøres mye sjekking for å få bedre kjennskap til malmen. For eksempel er sinkgehalten ikke bestemt, noe som gjelder de fleste andre forekomster også. Dybdeutstrekningen synes å være ukjent. Derfor kan man lett komme til en tankelek, at hvis forekomsten som har utgående høyt oppe på fjellet fortsetter dypt nok, kunne man nå malmen med forholdsvis kort tunnel (stoll eller spiral alt etter hvor dypt malmen fortsetter) ikke langt fra riksvei 3. Mot dypet er det også mulig for betydelig økning av malmreserver.

De store tippene ved henholdsvis Kvikne og Røstvangen er i dag en forurensningskilde og det ville være ønskelig å fjerne dem. Det kunne være til og med mulig å få offentlig støtte til dette. Det er dog umulig å si hvorvidt tippene er så forvitret at de lar seg flotere dårlig.

Mulig avgang kunne tenkes å deponeres i nærværende gruver for eksempel. Det samme gjelder Børsjohøforekomsten.

Mulig drift i området kunne administreres fra en eksisterende gruve for å få kostnadene ned. I denne forbindelse ville Follidal Verk A/S falle som en naturlig vertsgruve på grunn av beliggenheten, men tiden begynner å bli knapp.

Hjerkinn, 17. januar 1990


Risto Juhava

Kopi:

Follidal Verk A/S,
J.I.O., E.R., M.M., I.K., R.J.,
Norsulfid A/S,
H. Tysland, A. Johansen, J. Heim
Outokumpu OY,
M. Palviainen, H. Rosenqvist/Kaivosteollisuus,
T. Vähtilä, J. Reino/KTT

