

BERGMEKANIKKLABORORIET
Institutt for gruvedrift
7034 NTH - TRONDHEIM

Ans	21/9 - 70	0
Er	Riel, J. I. Waad	10
Ad	Hinkelberg	
Adm.		

Telefon 30 100
App. 144

BERGMEKANIKKLABORORIET

(Utfører forskningsoppdrag innenfor gruvedrift, berg-
mekanikk, gruvemåling, gruveventilasjon osv.)

R A P P O R T

VEDRØRENDE

Bergmekanisk undersøkelse ved Bidjovagge Gruber A/S.

3. juli 1970.

I. INNLEDNING.

Den 7/1-1970 ble det avholdt et møte mellom den tekniske stab ved A/S Bidjovagge Gruber og endel av personalet ved Institutt for gruvedrift. På dette møtet ble bestemt å utføre følgende:

- a) Supplering av den spenningsbestemmelse som ble utført på etasje 600, våren 1969, med ytterligere 2-3 bestemmelser av spenningsforholdene.
- b) Innsetting av spenningsoptiske spenningsmålere nært sjaktet slik at en kan kontrollere en eventuell spenningsomlagring etterhvert som brytningen avanserer.
- c) Utføring av spenningsoptiske modellforsøk for å klarlegge de spenninger som vil opptre rundt sjaktet, i en eventuell permanent pilar i malmen foran dette og i de temporære pilarer ifølge brytningsskisse av professor I. Berge.

Feltmålingene ble utført i april måned 1970, og målearbeidet kunne denne gang gjennomføres uten vesentlig praktiske vansker. I mai/juni ble så de nødvendige mekaniske parametre bestemt på de medbrakte prøvestykker, og modellforsøkene som sammen med de øvrige undersøkelser, danner grunnlaget for denne rapporten, ble fullført.

II. MÅLERESULTATER.

1. Bergtrykksmålinger:

Det ble benyttet samme målemetode som våren 1969 (Bilag 2 til brev av 5. desember 1969) og de valgte målesteder var denne gang: I) Etasje 636, koordinat 860 Ø, 1112 S II) Etasje 600, koordinat 870 Ø, 1119 S og III) Etasje 600, koordinat 935 Ø, 1116 S. (Koordinatene er omtrentlig angitt). Det er benyttet

*Rp d ledningsbunt pillel
i stykke inn lillet + advarsel-
stykke dult.*

samme koordinatsystem som tidligere, nemlig x-aksen // N-S, y-aksen // Ø-V og z-aksen vertikal. Målingene ble supplert med bestemmelser av E-modul og Poissons forhold, ca. 10 målinger fra hver måleplass. Resultatene er vist i Tabell I.

Tabell I.
E-modul (E) og Poissons forhold (ν),
benyttet til spenningsberegning på
de ulike måleplasser.

Måleplass	E-modul		Poissons forhold	
	Middel kp/cm ²	Spredning %	Middel (uben.)	Spredning %
I	0.53 · 10 ⁶	21	0,12	46
II	0,56 · 10 ⁶	27	0,13	13
III	0,73 · 10 ⁶	30	0,16	34

På måleplass I oppnådde en 10 vellykkede målinger. De midlere verdier for spenningsmatrisen er:

$$\begin{aligned}
 \sigma_x &= 77 \text{ kp/cm}^2 \\
 \sigma_y &= 20 \text{ " } \\
 \sigma_z &= 1 \text{ " } \\
 \tau_{xy} &= -4 \text{ " } \\
 \tau_{xz} &= 6 \text{ " } \\
 \tau_{yz} &= 6 \text{ " }
 \end{aligned}$$

Da skjærspenningene er svært lave faller hovedspenningsretningene praktisk talt sammen med koordinataksene. Disses verdier er:

$$\begin{aligned}\sigma_1 &= 78 \text{ kp/cm}^2 && (\text{N-S}) \\ \sigma_2 &= 21 \text{ " } && (\text{Ø-V}) \\ \sigma_3 &= -1 \text{ " } && (\text{vertikalt})\end{aligned}$$

På måleplass II fikk en 9 målepunkter. De midlere verdier er følgende:

$$\begin{aligned}\sigma_x &= 83 \text{ kp/cm}^2 \\ \sigma_y &= 133 \text{ " } \\ \sigma_z &= 24 \text{ " } \\ \tau_{xy} &= -3 \text{ " } \\ \tau_{xz} &= -1 \text{ " } \\ \tau_{yz} &= -23 \text{ " }\end{aligned}$$

Også her er skjærspenningene neglisjerbare, slik at en får:

$$\begin{aligned}\sigma_1 &= 134 \text{ kp/cm}^2 && (\text{Ø-V}) \\ \sigma_2 &= 91 \text{ " } && (\text{N-S}) \\ \sigma_3 &= 16 \text{ " } && (\text{vertikalt})\end{aligned}$$

Måleplass III bød på problemer i form av oppsprukket fjell. Således fikk en her bare 5 vellykkede målinger med følgende middelveidier:

$$\begin{aligned}\sigma_x &= 13 \text{ kp/cm}^2 \\ \sigma_y &= 5 \text{ " } \\ \sigma_z &= -8 \text{ " } \\ \tau_{xy} &= -3 \text{ " } \\ \tau_{xz} &= -1 \text{ " } \\ \tau_{yz} &= -3 \text{ " }\end{aligned}$$

Som vanlig faller hovedspenningsretningene sammen med koordinataksene:

$$\begin{aligned}\sigma_1 &= 15 \text{ kp/cm}^2 && (\text{N-S}) \\ \sigma_2 &= 4 \text{ " } && (\text{Ø-V}) \\ \sigma_3 &= -8 \text{ " } && (\text{vertikalt})\end{aligned}$$

----- o -----

De utborte kjernene ble også testet på strekk- og trykkholdfasthet. Strekkholdfasthetsmålingene ga samme verdier for middeltall og spredning som tidligere. (Tabell I i Bilag 2 til brev av 5. desember 1969). Det ble målt følgende verdier for trykkholdfasthet:

Måleplass	I:	$\sigma_B = 1090 \text{ kp/cm}^2$	, s = 21%
"	II:	$\sigma_B = 1560 \text{ "}$	, s = 27%
"	III:	$\sigma_B = 1260 \text{ "}$	, s = 15%

(σ_B - midlere trykkholdfasthet, s - spredning)

Det antas at måleplass II er mest representativ for Øst-malmen.

2. Modellforsøk med henblikk på sjaktets stabilitet.

Det en ønsker å oppnå med disse forsøkene er å finne ut om en er nødt til å sette igjen en pilar i malmen foran sjaktet for å sikre dette, - og i så fall hvor bred det er nødvendig å gjøre den.

For å spare modellmateriale har en gått frem som følgende: En har først laget en modell med østmalmen utdrevet, bortsett fra en pilar på 40 m rett foran sjaktet. Den største spenningen tvers på strøket er målt til 134 kp/cm^2 , (måleplass II) langs strøket er spenningsverdien ca. 90 kp/cm^2 .

En velger å bruke disse verdiene for å dimensjonere pilaren, idet malmens holdfasthet settes til ca. 1500 kp/cm^2 . Sikkerhetsfaktoren velges lik 2 slik at tillatt spenning blir ca. 750 kp/cm^2 .

Resultatet fra første situasjon, fig. 1, er vist i Tabell II. Alle punktene som ligger på kanten av åpningen, dvs. 1-14 og 22-29 refererer til tangentialspenninger. Punktene 15-21 som ligger i det indre av pilaren, refererer til spenninger normalt på strøket (Ø-V). Dessuten er det tatt med et punkt ved sjaktets beliggenhet. Dette er analysert såvel i N-S som i Ø-V-retning.

Tabell II.
Spenningskonsentrasjoner for situasjon 1:
Østmalm utdrevet. Gjensatt pilar, 40 m.

Pkt.	$f_{N-S}^{*)}$	$f_{Ø-V}^{x)}$	$\sigma_{Ø-V} = 135 \text{ kp/cm}^2$ $\sigma_{N-S} = 90 \text{ "}$	Anm.
1	0	6,65	900	Heng, syd for pilar. Østmalm.
2	2,35	0,65	300	
3	3,43	-1,39	120	
4	1,11	-1,31	-75	
5	0,27	-0,71	-70	
6	2,50	4,81	875	
7	0,08	4,90	665	Pilarbegrensning syd.
8	-0,37	4,28	545	
9	0,19	5,08	675	
10	2,03	4,54	790	
11	1,66	-0,83	40	Ligg, syd for pilar. Østmalm.
12	2,22	-1,20	40	
13	2,96	-0,83	155	
14	0,69	1,66	285	
15	0	4,23	570	Profil over pilar.
16	0,23	3,80	530	
17	0,27	3,47	495	
18	0,27	3,05	435	
19	0,37	3,14	455	
20	0,32	3,38	490	
21	0,27	4,40	620	
22	0,18	4,44	615	Pilarbegrensning nord.
23	2,12	3,70	690	
24	1,29	-0,92	-10	Heng, nord for pilar.
25	0,83	-0,56	0	
26	1,02	5,46	830	
27	1,29	-0,83	5	Ligg, nord for pilar.
28	1,20	-0,83	0	
29	1,29	4,05	665	
Sjakt	1,53	-0,10	125	Sjakt (N-S)
Sjakt	-0,05	1,49	195	" (Ø-V)

f_{N-S} - spenningskonsentrasjonsfaktor pga. σ_{N-S}

$f_{\phi-V}$ - " " $\sigma_{\phi-V}$

Som en ser får en strekkspenninger enkelte plasser både i heng og ligg. Dette kan i alle fall ikke unngås og har for såvidt mindre interesse i denne sammenheng.

Profilen over pilaren viser ingen kritiske spenninger. Heller ikke spenningstilstanden ved sjaktet gir grunn til bekymringer. (Jfr. Tabell VII).

En reduserer derfor pilaren til 30 m og undersøker profilen over pilaren på nytt. Resultatene er vist i Tabell III.

Tabell III.

Spenningskonsentrasjoner for situasjon II.

Østmalm utdrevet, gjensatt pilar 30 m.

Pkt.	f_{N-S}	$f_{\phi-V}$	$\sigma_{\phi-V} = 135 \text{ kp/cm}^2$ $\sigma_{N-S} = 90 \text{ "}$	Anm.
8	-0,19	4,44	590	Profil over pilar. Østmalm.
15	0,37	4,41	630	
16	0,51	4,07	595	
17	0,51	3,92	575	
18	0,51	3,99	585	
19	0,31	4,73	670	
22	0,19	5,16	710	
Sjakt	1,53	-0,10	125	Sjakt (N-S)
"	-0,05	1,49	195	" (Ø-V)

Spennningene er fremdeles akseptable og pilaren reduseres til 20 m, Tabell IV.

Tabell IV.
Spenningskonsentrasjoner for situasjon III.
Østmalm utdrevet, gjensatt pilar 20 m.

Pkt.	f_{N-S}	$f_{\emptyset-V}$	$\sigma_{\emptyset-V} = 135 \text{ kp/cm}^2$ $\sigma_{N-S} = 90 \text{ "}$	Anm.
8	0	5,55	750	Profil over pilar. Østmalm.
15	0,45	5,65	805	
16	0,63	5,60	810	
17	0,59	5,76	835	
22	0,27	5,83	1030	
Sjakt "	1,61 -0,06	-0,10 1,49	130 195	Sjakt (N-S) " (Ø-V)

Spennningene i pilaren ligger nå i overkant av tillatt. Det slås derfor fast at denne ikke kan gjøres smalere enn 20 m. Sjaktet er ennå ikke berørt.

En vil nå drive ut vestmalmen og setter også her igjen en pilar på 20 m. Fig. 2.

Resultatene er vist i Tabell V.

Tabell V.
Spenningskonsentrasjonen for situasjon IV.
Både øst- og vestmalmen utdrevet. Gjensatte
pilarer på 20 m.

Pkt.	f_{N-S}	$f_{\emptyset-V}$	$\sigma_{\emptyset-V} = 135 \text{ kp/cm}^2$ $\sigma_{N-S} = 90 \text{ "}$	Anm.
8	0	4,62	625	Profil over pilar. Østmalm.
15	0,28	4,72	660	
16	0,56	4,90	715	
17	0,56	5,18	750	
22	0,37	5,27	745	

Tabell V, forts.:

Pkt.	f_{N-S}	$f_{\phi-V}$	$\sigma_{\phi-V} = 135 \text{ kp/cm}^2$ $\sigma_{N-S} = 90 \text{ "}$	Ann.
30	1,11	5,55	850	Profil over pilar. Vestmalm.
31	1,19	4,32	690	
32	1,54	3,87	660	
33	1,47	3,95	665	
34	0,37	5,36	755	
Sjakt	1,82	-0,34	125	Sjakt (N-S)
Sjakt	-0,03	1,83	240	" (Ø-V)

Det går frem at en også i dette tilfellet har akseptable forhold. En skal nå forsøke å fjerne pilarene for å se hvordan dette virker inn på sjaktet. Først fjernes pilar i østmalm, fig. 3. Resultatene fremgår av Tabell VI.

Tabell VI.

Spenningskonsentrasjoner for situasjon V:
Øst- og vestmalm utdrevet. Gjensatt pilar
i vestmalm på 20 m. Ingen pilar i østmalm.

Pkt.	f_{N-S}	$f_{\phi-V}$	$\sigma_{\phi-V} = 135 \text{ kp/cm}^2$ $\sigma_{N-S} = 90 \text{ "}$	Ann.
30	0,65	0,72	160	Profil over pilar. Vestmalm.
31	0,91	0,76	185	
32	1,32	1,10	270	
33	1,08	1,42	300	
34	0	2,00	270	
Sjakt	1,80	-0,13	150	Sjakt (N-S)
Sjakt	-0,04	0,56	70	" (Ø-V)

En ser at såvel pilar som sjakt nå er delvis i "skyggen" av den utbrutte østmalmen. Hva dette betyr for sjaktet går frem av Tabell VII. Imidlertid kan en først se hva det betyr for sjaktet om en unnlater å bryte vestmalmen nord for pilaren (situasjon VI). For N-S-retningen blir f_{N-S} og $f_{\emptyset-V}$ henholdsvis 1,98 og -0,30): en N-S strykende spenning på 150 kp/cm^2 og i $\emptyset-V$ -retning 0,19 og 0,59): en $\emptyset-V$ strykende spenning på 105 kp/cm^2 . En forsøker også å fjerne pilaren i vestmalmen (situasjon VII).

For N-S-retning blir f_{N-S} og $f_{\emptyset-V}$ henholdsvis 1,92 og -0,36): en N-S strykende spenning 140 kp/cm^2 og i $\emptyset-V$ -retning henholdsvis -0,08 og 0,18): en $\emptyset-V$ strykende spenning på 20 kp/cm^2 .

En kan nå sette opp en tabell for hvordan tangentialspenningene varierer rundt sjaktprofilet for de 6 situasjoner. (Fig. 4).

Tabell VII.
Spenningskonsentrasjoner rundt sjaktprofilet
for ulike situasjoner.

Pkt.	1	2	3	4	5	6	Anm.
$f_{\emptyset-V}$	2,88	3,51	3,51	-0,46	-0,93	-1,02	
f_{N-S}	-0,93	-0,46	2,67	2,57	2,11	2,02	
Situasjon 1,2,3	455	630	1020	230	85	50	Pilar i østmalm-vestmalm ubrutt
Situasjon 4	575	790	1180	210	40	5	Pilar i øst- og vestmalm
Situasjon 5	60	175	645	355	250	230	Pilar bare i vestmalm
Situasjon 6	165	300	770	340	220	295	Vestmalmen ubrutt nord for sjaktet
Situasjon 7	-70	5	445	350	275	260	Ingen pilar

Situasjon 1,2,3:	σ_{N-S}	= 125 kp/cm ²	, $\sigma_{\phi-V}$	= 195 kp/cm ²
" 4:	σ_{N-S}	= 125 "	, $\sigma_{\phi-V}$	= 240 "
" 5:	σ_{N-S}	= 150 "	, $\sigma_{\phi-V}$	= 70 "
" 6:	σ_{N-S}	= 150 "	, $\sigma_{\phi-V}$	= 105 "
" 7:	σ_{N-S}	= 140 "	, $\sigma_{\phi-V}$	= 20 "

3. Modellforsøk for å klarlegge spenningsforhold i temporære pilerer og heng og ligg etter brytningsskisse av professor Berge.

Brukes ordinær skiverasbrytning fremkommer en situasjon som vist i fig. 5. Resultatene er vist i Tabell VIII.

Tabell VIII.

Spenningskonsentrasjoner rundt østmalmen ved ordinær skiverasbrytning. Vestmalmen er ubrutt.

Pkt.	$f_{\phi-V}$	f_{N-S}	$\sigma_{\phi-V} = 135 \text{ kp/cm}^2$ $\sigma_{N-S} = 90 \text{ "}$	Anm.
1	9,55	0,79	1361	Sydende
2	-0,59	1,28	35	
3	-1,09	1,68	4	Ligg
4	-2,07	2,27	-76	
5	-1,68	1,48	-93	
6	-1,48	1,58	-58	
7	-1,09	1,38	-23	
8	-0,79	1,19	1	Nordende
9	10,80	2,07	1641	
10	-1,48	0,69	-138	Heng
11	-1,97	1,18	-160	
12	-1,97	0,99	-177	
13	-1,78	1,08	-143	
14	-1,48	2,66	39	

Velger en imidlertid å gå frem med temporære pilarer fig. 6, blir resultatet som vist i Tabell IX.

Tabell IX.

Spenningskonsentrasjoner rundt brytningsrom
med temporære pilarer.

Pkt.	$f_{\phi-v}$	f_{N-S}	$\sigma_{\phi-v} = 135 \text{ kp/cm}^2$ $\sigma_{N-S} = 90 \text{ "}$	Anm.
1	7,04	0,56	1000	Heng Pilarinnsnevring Pilarinnsnevring Pilarinnsnevring Pilarinnsnevring Pilarinnsnevring Pilarinnsnevring Pilarinnsnevring Pilarinnsnevring Pilarinnsnevring
2	-1,21	2,31	45	
3	8,60	1,20	1270	
4	1,77	0	240	
5	6,60	0,65	950	
6	1,77	0,56	290	
7	1,33	0,56	510	
8	1,67	2,31	435	
9	0,83	2,87	370	
10	4,45	0,19	615	
11	3,23	-0,10	425	
12	6,46	-0,10	860	
13	0,65	-0,37	60	
14	8,15	1,67	1250	
15	8,10	0,90	1175	Profil gjennom søndre pilar Ligg Pilarinnsnevring Pilarinnsnevring Pilarinnsnevring Pilarinnsnevring Pilarinnsnevring
16	5,31	0,14	735	
17	3,03	1,30	525	
18	-0,74	1,48	35	
19	3,70	1,66	650	
20	7,32	0,37	1025	
21	1,02	-0,10	130	
22	8,52	2,13	1340	
23	9,25	1,66	1400	
24	3,89	0,10	535	
25	4,81	0,65	710	
26	1,02	1,66	290	
27	4,00	0,73	605	Profil gjennom nordre pilar
28	5,74	0,21	795	
29	8,15	1,30	1215	
30	-1,39	0,56	-140	Heng Ligg
31	6,70	1,39	1030	
32	-1,06	1,24	-35	

III. VURDERING AV MÅLERESULTATENE.

1. Bergtrykksmålinger:

Resultatene fra måleklassene I og II bekrefter at de horisontale spenninger dominerer ved Bidjovagge Gruber. Imidlertid er det fremkommet endel interessante resultater. Jæmnføres f.eks. måleklass I med den måleklassen på etasje 600 som ble valgt våren 1969, ser en at retningene og relativ forhold mellom hovedspenningene stemmer. I størrelsesorden er imidlertid største hovedspenning bare halvparten på etasje 636. Måleklassene ligger omtrent rett over hverandre (20-30 m øst for sjaktet). Det er således rimelig å anta at de horisontale spenninger avtar raskt når en nærmer seg dagen. Tilsvarende ~~skulle~~ en kunne tenke seg muligheten av at de øker betraktelig når en avsenker graven ytterligere.

Den lave vertikale spenningen ($\sigma_v = 0$) på måleklass I må skyldes lokale geologiske forhold. Dette kan meget vel være tilfelle såvidt nært overflaten hvor en kan tenke seg at de forholdsvis store horisontale spenninger kan gi en "buevirkning" like over måleklassen.

Målepunkt II gir hovedspenninger av samme størrelsesorden og retning som den første målingen i 1969, men σ_1 og σ_2 har byttet retning slik at største hovedspenning står Ø-V dvs. normalt til strøket på måleklass II. Dette tyder på at selv om de totale horisontale krefter er noenlunde konstant på et og samme nivå (et forhold som tidligere er påpekt av professor N. Hast), kan forholdet mellom hovedspenningene variere noe lokalt. (Ettersom det spenningsforhold som er målt på måleklass II, - $\sigma_1 = 135 \text{ kp/cm}^2$ og $\sigma_2 = 90 \text{ kp/cm}^2$, ansees for mest ugunstig for sjaktet, er det disse verdiene som er benyttet i den fotoelastiske modellanalysen).

Resultatene fra måleklass III er interessante såvidt som de indikerer et praktisk talt spenningsløst område på hengen.

Dette kan bare skyldes en lokal oppsprekningszone. Noe som også ble bekreftet av de utborte kjerner.

2. Modellforsøkene.

Som tidligere nevnt måtte en i første omgang finne ut hvor liten en kunne gjøre den permanente pilaren som settes igjen for å sikre sjaktet. Tabell II og III viser at denne må være større enn 20 m, men kan være mindre enn 30 m. En foreslår derfor å velge en pilarbredde på 25 m. (Dette under forutsetning av at det godtas en sikkerhetsfaktor på 2).

Foruten å gi spenningsverdier i ulike pilardimensjoner er spenningstilstanden ved sjaktet, men før dette er drevet, undersøkt for ulike situasjoner. Tabell II - VI). Tabell VII viser så hva en kan vente av spenningskonsentrasjoner rundt sjakttverrsnittet når dette er åpnet.

Uten pilar overhode, situasjon 7, vil en få strekkspenninger i sjaktets kortvegg og derved et ustabilt sjakt. Med pilar bare i vestmalmen, situasjon 5, er spenningsforholdene svært gode; - faktisk bedre enn situasjon 4 hvor en har pilar både i øst- og vestmalmen. Her vil nemlig trykkkonsentrasjonen i hjørnene bli svært stor. ($> 1000 \text{ kp/cm}^2$).

Det ble tidligere sagt at den spenningssituasjonen som ble brukt under analysen var den, for sjaktet, mest ugunstige. Dette gjelder kun før malmene blir utdrevet. Når gruen er fullt utdrevet vil det være mest ugunstig å ha den største hovedspenning strykende N-S. En slik spenningstilstand ble målt på etasje 600, våren 1969. Setter en inn disse spenningsverdiene, $\sigma_{N-S} = 148 \text{ kp/cm}^2$, $\sigma_{\phi-V} = 114 \text{ kp/cm}^2$, vil en få følgende spenningskonsentrasjoner i de forskjellige punktene på sjaktet.

Pkt.	1	2	3	4	5	6
σ_t for situasjon 5:	-55	100	860	600	465	435

En får også nå strekkspenninger i midten av kortveggene. De er imidlertid ikke særlig store og dessuten svært lokale idet en ser at allerede pkt. 2 har fått en relativ høy trykkspenning.

For situasjon 4, pilarer i både øst- og vestmalmen får en følgende verdier med ovennevnte spenningskombinasjon:

Pkt.	1	2	3	4	5	6
σ_t for situasjon 4:	390	620	1310	470	375	240

Bortsett fra en for høy trykkspenning i hjørnene gir denne situasjonen en stabil sjakt for vedkommende spenningskombinasjon.

----- o -----

Når det gjelder stabiliteten av brytningsrommet ved ordinær skiverasbrytning kontra bruk av temporære pilarer, ser en av Tabell VIII at en ved ordinær skiveras finner høye strekkspenninger tangentielt til både heng og ligg. Ved bruk av temporære pilarer er disse praktisk talt forsvunnet når en ^tunnar den nordligste, smale delen. (Tabell IX). Derimot finner en kritiske høye trykkspenninger i pilarenes innsnevring. Disse er svært lokale og ettersom det ikke skal oppholde seg folk på disse stedene, ansees ikke disse som farlige. Forøvrig er det tydelig at disse pilarene støtter sidefjellet ganske effektivt og forhindrer at farlige strekkspenninger opptrer i veggene til brytningsrommene. En har derfor god grunn til å tro at de temporære pilarene er effektive i å forhindre innras av heng og ligg.

IV. KONKLUSJON.

1. Spenningsstilstanden.

Det er tydelig at hovedspenningsretningene er svært stabile i Bidjovagge, orientert vertikalt, langs og tvers på strøket.

Størrelsen av spenningene varierer derimot endel. Det er trolig at summen av de horisontale spenninger øker raskt med dypet, men forholdet mellom σ_1 og σ_2 ser ut til å kunne variere fra plass til plass på samme nivå. Derfor er det vanskelig å vite sikkert hva slags spenningskombinasjoner en bør anvende i modellanalysen.

2. Sikring av sjakt.

Ut fra de undersøkelser som er gjort og de spenningskombinasjoner som ble målt på nivå 600 i 1970 kan en si følgende:

1. Det er gunstig å drive ut østmalmen helt, og sette igjen en 25 m bred pilar i vestmalmen ut fra sjaktet. (Fig. 3). Enda mer gunstig for sjaktets stabilitet blir det imidlertid om en unnlater å drive ut den delen av vestmalmen som ligger nord for pilaren.
2. Med utgangspunkt i de spenninger som ble målt våren 1969 vil det være gunstig for sjaktet om en også lot det stå igjen en pilar i østmalmen.

Sikre opplysninger om hvordan spenningssituasjonen rundt sjaktet endrer seg med brytningen, vil en imidlertid få etter hvert, ved å lese av de fotoelastiske spenningsmålerne som er montert. Kanskje kan en så senere diskutere eventuelle "kunstgrep" med østmalmen for å sikre sjaktet og samtidig få maksimal utvinning.

3. Skiverasbrytning.

Vi har tidligere vært inne på de problemene man kan få ved skiverasbrytning i Bidjovagge. Det tenkes da spesielt på innblanding av gråberg og dermed nedsatt gehalt av rågodset fra gruen. Ved dette oppdrag har vi i Tabell VIII vist de tangentialspenninger vi får rundt østmalmen ved en normal skiverasbrytning idet det totale horisontale malmareal avsenkes fra skive til skive.

Tabell VIII og fig. 5 viser at man får store strekkspenninger i både heng og ligg. Det er vanskelig å forutsi om dette vil forårsake grovt eller småfallent rasberg, men erfaring fra tilsvarende strekkspenninger ved sjaktsenkning i "Fosdalen" viste meget småfallent gods. (Småfallent rasberg vil forårsake lav gehalt på rågods fra gruen).

Tidligere har vi også skissert en skiverasbrytning med tversgående pilarer i østmalmen som blir brutt i et litt senere tempo enn det resterende malmareal.

I Tabell IX og fig. 6 er spenningsforholdene under disse forhold vist. Vi har her ikke så mange punkter i heng og ligg, men en må anta at man kun får tangentielle strekkspenninger i den smale "malmtarm" lengst mot nord. (Pkt. 30 og 32 på fig. 6). Den resterende del av heng og ligg rundt østmalmen vil få trykkspenninger.

Ved befaringen i 1969 observerte man på nivå 600 at hengen i østmalmen hadde en tendens til å skalle av i lag parallelle med strøk og fall. Det er mulig at tangentielle trykkspenninger vil forårsake utrasing av grovt rasberg. I såfall vil dette gi større gehalt på rågods fra gruen.

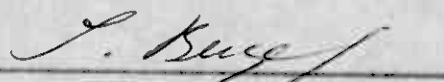
Ut fra ovennevnte er man tilbøyelig å foreslå at man starter skiverasbrytningen med tversgående pilarer for å se hvorledes

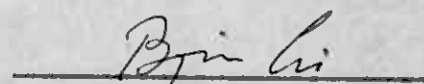
rasberget blir. Spesielt i det nordligste området hvor en har observert strekkspenninger (pkt. 30 og 32 på fig. 6) skulle man kunne se om det innraste gråberg blir småfallent eller ikke.

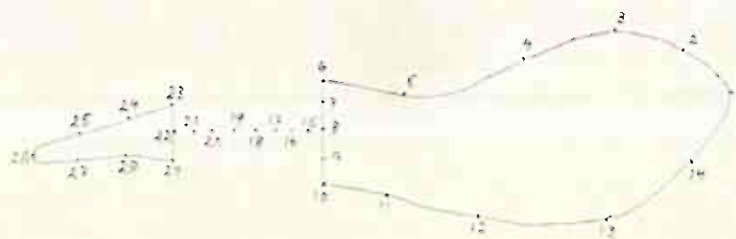
Dersom vår antakelse er riktig, kan man drive med pilarer en tid for å sikre seg en god malmgehalt i gruvenes første produksjonsår. Trykket på disse pilarer vil øke mot dypet, så på et visst dyp må man gå over til normal skiverasbrytning.

Oss bekjent har forsøk med å fremkalle vekselvis trykk og strekk på sideberget for derved å frembringe et grovt rasberg ikke tidligere vært behandlet i litteratur.

Trondheim, den 16. september 1970.

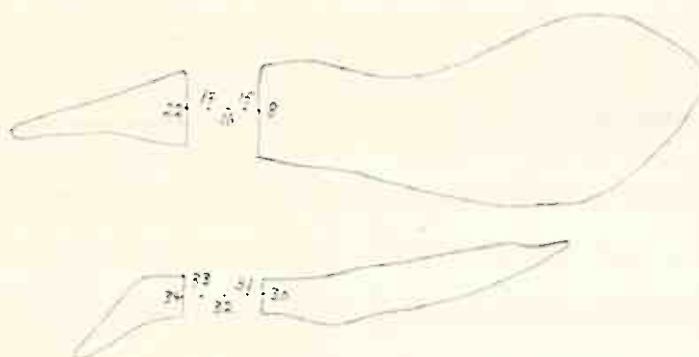

Ivar Berge
professor


Bjørn Li
lab.ing.



Sjakt
x

Fig. 1. Modell av situasjon 1:
Østmalm utdrevet med gjensatt pilar.



Sjakt
x

Fig. 2. Modell av situasjon 4:
Øst- og vestmalm utdrevet med
gjensatte pilarer.



Fig. 3. Modell av situasjon 5:
Øst- og vestmalm utdrevet med
pilar bare i vestmalm.



Fig. 4. Modell av sjaktet.



Fig. 5. Modell av østmalmen drevet ut
ved skiverasbryting.



Fig. 6. Modell av østmalmen med temporære
pilarer.