



Bergvesenet

Postboks 3021, 7002 Trondheim

Rapportarkivet

Bergvesenet rapport nr BV 1727	Intern Journal nr	Internt arkiv nr	Rapport lokalisering Trondheim	Gradering
Kommer fra ..arkiv	Ekstern rapport nr	Oversendt fra	Fortrolig pga	Fortrolig fra dato:
Tittel Bergtrykksmålinger ved Skorovas Gruver 23/11 - 3/12 1971				
Forfatter Berge, Ivar		Dato 11.01 1972	Bedrift ELKEM A/S Skorovas Gruber NTH	
Kommune Namsskogan	Fylke Nord-Trøndelag	Bergdistrikt Trondheimske	1: 50 000 kartblad	1: 250 000 kartblad
Fagområde Geoteknikk	Dokument type		Forekomster Skorovas	
Råstofftype	Emneord			
Sammendrag				

A. Myrvang
NORGES TEKNISKE HØGSKOLE
Bergavdelingen

7034 TRONDHEIM - NTH.

StG/ØB

22. februar 1980.

BERGTRYKKSMÅLINGER VED SKOROVAS GRUBER

Vi viser til telefonsamtale og oversender vedlagt 2 eks. av profil 670-V. Målestokk 1:500. Tidligere utskutt område er skravert. På det ene eksemplar er det tegnet inn med rødt hvor målepunktene er tatt.

Vi tillater oss også å sende 2 eks. av et stillisert plan av området hvor siste målingene ble gjort. Dette for å vise underliggende tapninger (farve rød). Høyden er avmerket.

Med hilsen
for Elkem-Spigerverket a/s
Skorovas Gruber

Arnodd Grøttum

Steinar Godejord

BILAG

BERGMEKANIKKLABORATORIET
Institutt for gruvedrift
7034 NTH - TRONDHEIM

14 JAN 1972

Telefon 30 100
App. 144

BERGMEKANIKKLABORATORIET

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

R A P P O R T

vedrørende

Bergtrykksmålinger ved ELKEM A/S Skorovas Gruber.

23/11 - 3/12 1971.

Trondheim 11. januar 1972.

I. GENERELT

Hensikten med disse målingene var å verifisere de målinger som ble foretatt høsten 1970. Det som er av spesiell interesse er å få bekreftet de horisontalspenninger som ble målt ved de forrige målingene.

Geologene i Skorovass har dessuten undersøkt en del gamle borhull og foretatt strekkprøving med en bærbar strekkprøvemaskin utlånt fra Bergmekanikklaboratoriet. Dette vil gi en viss formening om hvilke bergarter som egentlig finnes i hengen.

II. MÅLESTEDER

Det er denne gang målt på 2 steder med tredimensjonalt utstyr. For å unngå sammenblanding er disse kalt målested 5 og 6, dvs. en fortsettelse av nummereringen fra forrige måleprogram (se rapport av 17. februar 1971).

Målested 5 (bilag 1)

Dette ligger ca. 40 m fra stoff i K.O.2. Bergarten på målestedet er grønnstein. Oppsprekkingen er moderat og måleforholdene gode.

Målested 6

Dette ligger i en ort langs profil 28. Bergarten er også her grønnstein med moderat oppsprekking. Måleforholdene er gode.

Det vil fremgå at målested 5 ligger så langt syd som mulig, mens målested 6 ligger langt nord og vest i gruveområdet.

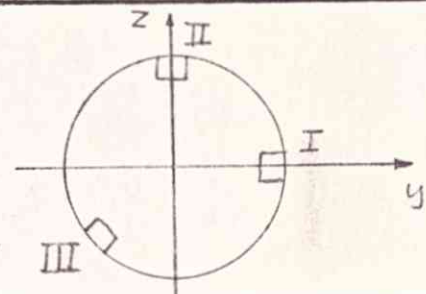
III. MÅLERESULTATER

Målested 5.

Det ble foretatt 8 målinger i hulldyp fra 3,70 m til 7,80 m, hvorav 7 var vellykket. Disse ga følgende midlere tøyninger:

TABELL 1.

Midlere tøyninger. Målested 5.

Celle nr.	ϵ_a	ϵ_ϕ	ϵ_{45}	
I	34	110	108	
II	34	69	46	
III	28	149	56	

Tøyningene er målt i microstrain, dvs. 10^{-6} mm/mm. ϵ_a er tøyning langs hullet, ϵ_ϕ er tøyning tangentielt hullet og ϵ_{45} og danner 45° med de to andre.

Laboratoriemålingene ga følgende verdier for E-modul og Poissons forhold (se avsnitt om bergartenes mekaniske egenskaper):

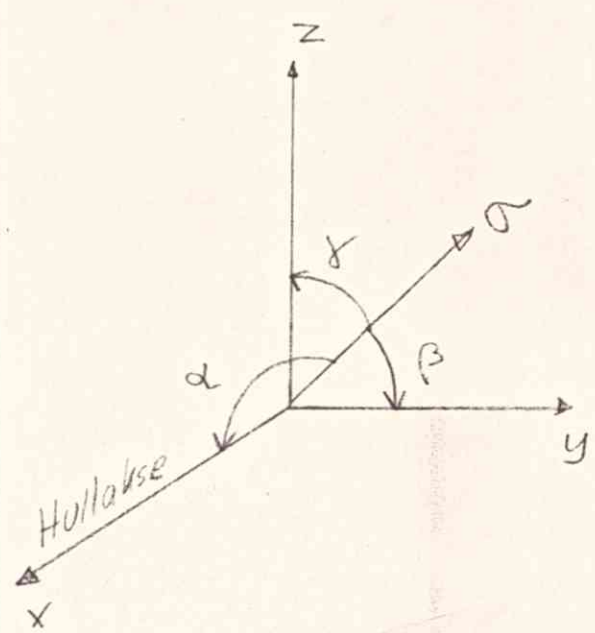
$$E = 0,698 \cdot 10^6 \text{ kp/cm}^2$$

$$\nu = 0,24$$

På grunnlag av de målte tøyninger og de elastiske konstanter er spenningsmatrisens komponenter og hovedspenningenes størrelse og retning bestemt:

TABELL 2.

Hovedspenningenes størrelse og retning. Målested 5.

Hovedspenninger k/cm ²	$\sigma_1 = 54$ $\sigma_2 = 36$ $\sigma_3 = 23$	
Retningsvinkler °	$\alpha_1 = 54,6$ $\beta_1 = 66,8$ $\gamma_1 = 135,5$	
	$\alpha_2 = 138,3$ $\beta_2 = 53,7$ $\gamma_2 = 107,7$	
Normal- og skjærspenninger kp/cm ²	$\alpha_3 = 71,9$ $\beta_3 = 45,4$ $\gamma_3 = 50,2$	
	$\sigma_x = 41$ $\sigma_y = 32$ $\sigma_z = 40$ $\tau_{xy} = 2$ $\tau_{xz} = -10$ $\tau_{yz} = -11$	

Retningsvinklene må samholdes med koordinatsystemet som er inn-tegnet i bilag 1. Her er x-aksen sammenfallende med hullaksen, med positiv retning pekende ut av hullet, y-aksen er horisontal og normalt hullaksen og z-aksen er vertikal.

For å anskueliggjøre hovedspenningenes retninger er disse plottet inn i stereonett, bilag 2. (Vedr. stereoprojeksjon etc., se rapport av 17. februar 1971). Dessuten er retningene forsøkt tegnet inn skjematisk i bilag 5.

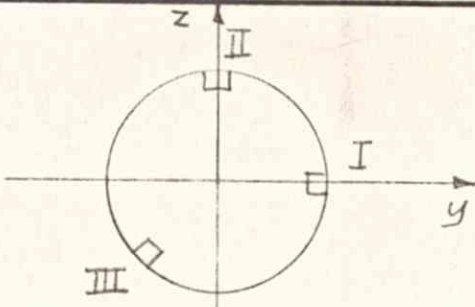
En nærmere vurdering av spenningsverdiene følger i avsnittet "Vurdering av måleresultater".

Målested 6.

Det ble her foretatt 7 vellykkede målinger i hulldyp fra 2,5 m til 5,5 m. Disse ga følgende midlere tøyninger:

TABELL 3.

Midlere tøyninger. Målested 6.

Celle nr.	ϵ_a	ϵ_ϕ	ϵ_{45}	
I	0	41	-38	
II	2	58	50	
III	-1	28	28	

Laboratoriemålingene ga følgende verdier for E-modul og Poissons forhold:

$$E = 0,489 \cdot 10^{-6} \text{ kp/cm}^2$$

$$\nu = 0,16$$

På grunnlag av de målte tøyninger og de elastiske konstanter er spenningsmatrisens komponenter og hovedspenningenes størrelse og retning bestemt:

TABELL 4.

Hovedspenningenes størrelse og retning. Målested 6.

Hovedspenninger kp/cm ²	$\sigma_1 = 21$ $\sigma_2 = 15$ $\sigma_3 = -6$	
Retningsvinkler °	$\alpha_1 = 52,8$ $\beta_1 = 93,1$ $\gamma_1 = 37,4$	
	$\alpha_2 = 99,3$ $\beta_2 = 14,4$ $\gamma_2 = 79,1$	
Normal- og skjærspenninger kp/cm ²	$\alpha_3 = 38,8$ $\beta_3 = 75,9$ $\gamma_3 = 125,3$	
	$\sigma_x = 4$ $\sigma_y = 14$ $\sigma_z = 12$ $\tau_{xy} = -4$ $\tau_{xz} = 13$ $\tau_{yz} = 3$	

Retningsvinklene må samholdes med koordinatsystemet som er inn-tegnet i bilag 1.

Hovedspenningsretningene er plottet inn i stereonett i bilag 3. Dessuten er retningene forsøkt tegnet inn skjematisk i bilag 5.

IV. VURDERING AV MÅLERESULTATER

For oversiktens skyld er hovedspenningene samt målt og teoretisk vertikalspenning for målested 4, 5 og 6 sammenstilt i tabellen nedenfor. Videre er stereoplottet for målested 4 (fra tidligere målinger) tatt med som bilag 4.

TABELL 5.

Hovedspenninger på de forskjellige målesteder.

Målested	Overdekn. ca. m	σ_1 kp/cm ²	σ_2 kp/cm ²	σ_3 kp/cm ²	σ_z målt	σ_z^* teor.
4	115	120	69	30	90	31
5	170	54	36	23	40	46
6	50	21	15	-6	12	13

$$* \quad \sigma_z = \rho \cdot h \quad \rho = 2,7$$

Det vil fremgå at spenningene er vesentlig høyere i pkt. 4. I rapport av 17. februar 1971 ble det påpekt at spenningene her sannsynligvis var oppkonsentrert av flere mulige grunner (se side 8 i rapporten).

For å vurdere tilforlateligheten av de målte spenninger på målested 5 og 6, har en også her beregnet en teoretisk vertikal-spenning ut fra overdekning og spesifikk vekt. Av Tabell 5 vil det fremgå at det er en meget brukbar overensstemmelse mellom målt og beregnet vertikalspenning, noe som indikerer at de målte spenninger på disse steder er tilforlatelige.

I forrige rapport ble det antydnet at spenningene (spesielt horisontalspenningen) ville avta etter hvert som en beveger seg nordover i feltet. Det vil fremgå at målingene indikerer at dette er tilfelle. På målested 6 er minste hovedspenning til og med en liten strekkspenning. Det er imidlertid sannsynlig at denne i virkeligheten er omkring null.

Når det gjelder hovedspenningenes retninger vil det fremgå av bilag 2, 3 og 4 at disse viser samme tendens på alle målesteder:

Største hovedspenning σ_1 :

Målested 4:	Faller	$54,5^\circ$	mot N 57° Ø
Målested 5:	"	$45,4^\circ$	mot N 29° Ø
Målested 6:	"	$52,6^\circ$	mot N 38° Ø

Mellomste hovedspenning σ_2 :

Målested 4:	Faller	$7,7^\circ$	mot N 40° V
Målested 5:	"	$17,6^\circ$	mot N 83° V
Målested 6:	"	$10,9^\circ$	mot N 55° V

Minste hovedspenning σ_3 :

Målested 4:	Faller	$35,2^\circ$	mot S 47° V
Målested 5:	"	$39,8^\circ$	mot S 7° Ø
Målested 6:	"	$35,3^\circ$	mot S 30° V

Sammenholdes dette med kartet, bilag 1, vil en se at i store trekk gjelder:

- 1) σ_1 faller i omtrent samme retning som fjellsiden.
- 2) σ_2 er omtrent horisontal og ligger parallelt fjellsiden.
- 3) σ_3 peker ut mot fjellsiden.

Dvs. det ser ut til at hovedspenningsretningene er påvirket av topografien.

Men størrelsen av spenningene tilsier at en åpenbart også har med tektoniske spenninger å gjøre. Som antydnet i forrige rapport vil en horisontal spenning virke stabiliserende på hengen. Ut fra resultatene på målested 5 kan en anta at i de indre deler av gruen virker en horisontalspenning i størrelsesorden 30 kp/cm^2 normalt malmaksen. Lenger ut vil horisontalspenningen avta, noe som bekreftes av målingene på målested 6. Det antas at det her har skjedd en utløsning av spenninger på grunn av at stedet ligger langt ut mot dagen.

Det må imidlertid bemerkes at en fremdeles har en horisontalspenning i størrelsesorden 15 kp/cm^2 .

Totalt sett kan en altså anta at det eksisterer en horisontalspenning som vil virke stabiliserende på hengen i større eller mindre grad som forklart i forrige rapport (side 10-12).

For å få et bedre mål på hvor stor denne stabiliserende spenning er, anbefales utført fotoelastiske modellforsøk. En må da ta representative snitt gjennom malmkroppen og belaste disse i overensstemmelse med de målte spenninger.

V. BERGARTENES MEKANISKE EGENSKAPER.

Kjernematerialet fra målingene er i laboratoriet benyttet til bestemmelse av

- a) Elastisitetsmodul og Poissons forhold
- b) Trykkfasthet
- c) Strekkfasthet

a) E-modul og Poissons forhold.

Disse er bestemt på $62 \text{ mm}^\emptyset$ kjerner med lengde/diameterforhold = 2,5.

TABELL 6.
E-modul og Poissons forhold.

Målested	Antall prøver	E-modul 10^6 kp/cm^2	Standard- avvik $\pm \%$	Poissons forhold	Standard- avvik $\pm \%$	Anm.
5	8	0,698	6,1	0,24	24,0	Gr.st.
6	7	0,498	13,4	0,16	27,0	" "

Både E-modul og Poissons forhold er middels høye for begge målesteder.

b) Trykkfasthet.

Denne er bestemt på de samme kjerner som er brukt for bestemmelse av E og ν . Prøvene kjøres til brudd etter at utstyr for registrering av aksial- og tverrtøyning er fjernet.

TABELL 7.
Trykkfasthet ($\ell/d = 2,5$).

Målested	Antall prøver	Trykkfasthet kp/cm^2	Standard- avvik $\pm \%$	Anm.
5	8	855	22,4	Gr. stein
6	7	970	16,8	"

c) Strekkfasthet.

Denne er bestemt indirekte ved klipping av $22 \text{ mm}^\emptyset$ kjerner. Disse kjerner fås ved boring av $36 \text{ mm}^\emptyset$ hull for plassering av målecelle.

TABELL 8.
Strekkfasthet.

Målested	Antall prøver	Strekkfasthet kp/cm ²	Standard- avvik $\pm$ %	Anm.
5	25	229	17,3	Gr.stein
6	25	133	28,3	"

For målested 5 er strekkfastheten meget høy, mens den er middels på målested 6. Spredningen i resultatene må karakteriseres som normal for moderat oppsprukket bergart.

Foruten disse undersøkelsene har geologene i Skorovas foretatt strekkprøving av gamle borkjerner fra noen profiler i gruva (indre deler av gruva). Det som er av størst interesse her er fastheten av den umiddelbare hengen. Derfor har en her plukket ut verdiene for de første to metrene fra malmgrensen og oppover. Middelverdiene og standardavvikene av disse er gjengitt i tabellen på neste side.

TABELL 9.

Profil	Hull nr.	Prøvene tatt over hull- lengde	Strekkfast- het kp/cm ²	Standard- avvik $\pm$ %	Anm.
65	529	25,75 - 27,75	90,6	32,8	Gr.stein
"	530	30,25 - 32,25	94,4	13,1	Gr.stein
67	412	11,75 - 14,00	98,2	16,5	Gr.stein med impr.
"	498	0,25 - 2,25	63,0	13,1	Gr.stein
68	528	20,75 - 22,75	79,0	16,0	Gr.stein
"	551	22,25 - 24,25	60,6	22,8	Gr.stein
"	890	1,25 - 3,25	55,0	28,8	Gr.stein
69	467	8,25 - 10,25	53,2	38,8	Gr.stein
70	783	21,25 - 23,25	49,0	27,1	Gr.stein med impr.
"	889	0,75 - 2,75	46,0	15,3	Gr.stein

Antall prøver fra hvert hull er 5.

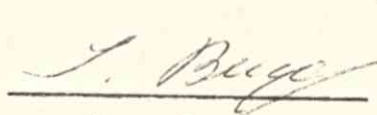
Strekkfastheten er i dette tilfelle fra middels til lav. Sammenligner en med verdiene fra målested 5 og 6 så ligger disse betydelig høyere. Disse prøvene er imidlertid tatt fra horisontale hull dvs. en har tilnærmet målt strekkfastheten langs lagene. De fleste av de undersøkte gamle hull er vertikale eller nær vertikale, slik at en her har målt strekkfastheten normalt på lagene. Et unntak har en i hull 412 pr. 67 som ligger

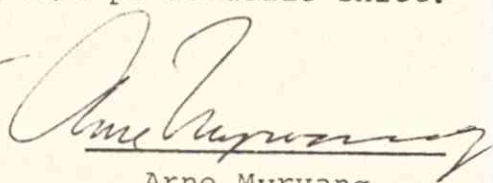
temmelig flatt. Dette viser også den desidert høyeste strekkfasthet. Ellers ser det ut til at strekkfastheten viser en avtakende tendens etterhvert som en går innover i gruva.

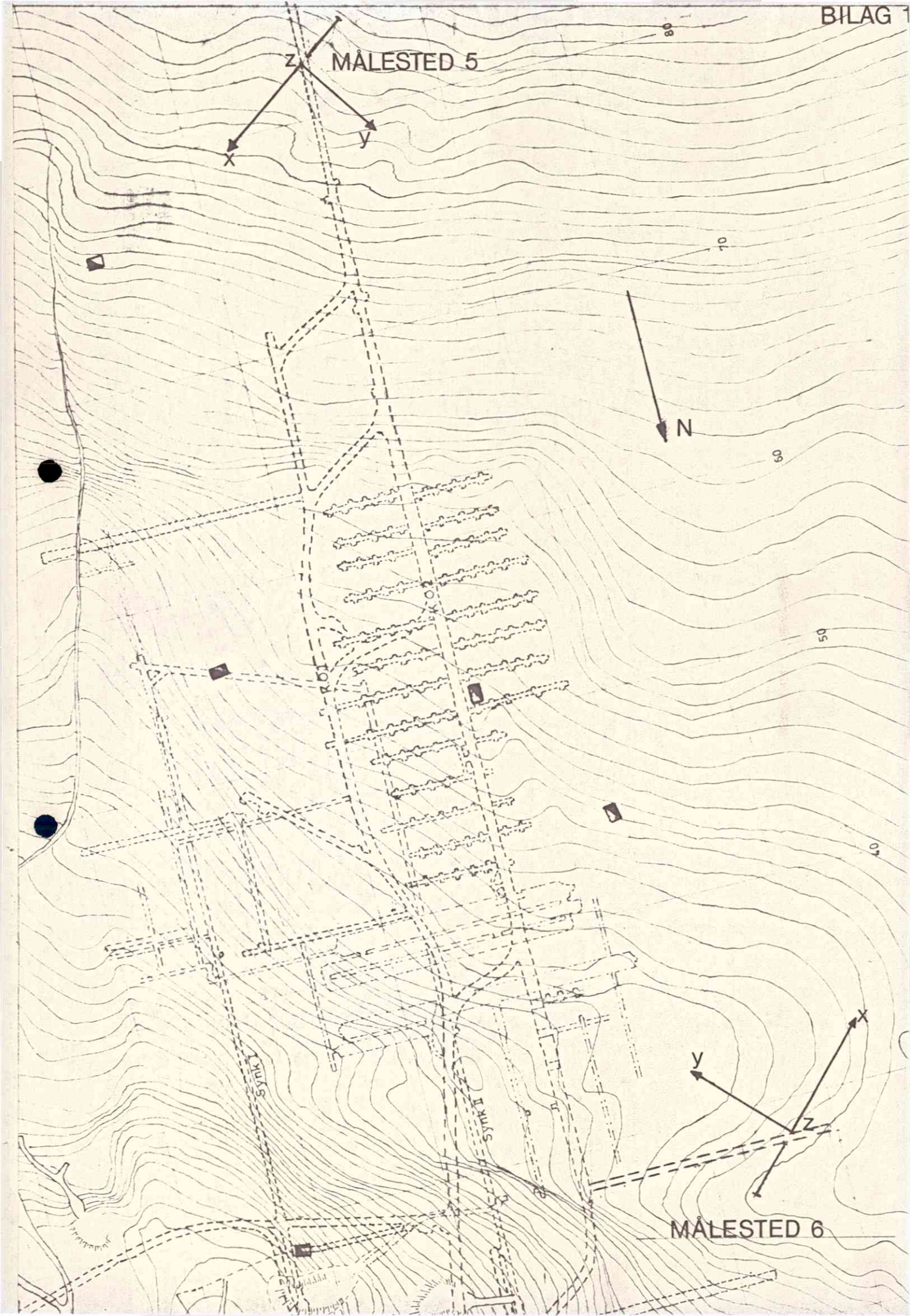
Like viktig som fastheten er imidlertid spredningen i måleresultatene. Erfaringsmessig vil oppsprukne bergarter gi en meget høy spredning i måleresultatene. Imidlertid vil en slik indirekte strekktest alltid gi forholdsvis høy spredning. I målehull 6 var oppsprekkingen moderat men av Tabell 8 vil det fremgå at spredningen (standardavviket) var så høy som $\pm 28,3\%$, hvilket er relativt vanlig. Av Tabell 9 vil det fremgå at spredningen i de fleste tilfeller er betydelig lavere enn dette. Dette kan være en indikasjon på at det umiddelbare hengberget i de undersøkte profiler er forholdsvis solid selv om strekkfastheten ikke er høy. En slik hypotese bekreftes for så vidt av at man ikke har hatt alvorlige problemer med hengen noe sted i gruva.

VI. KONKLUSJON

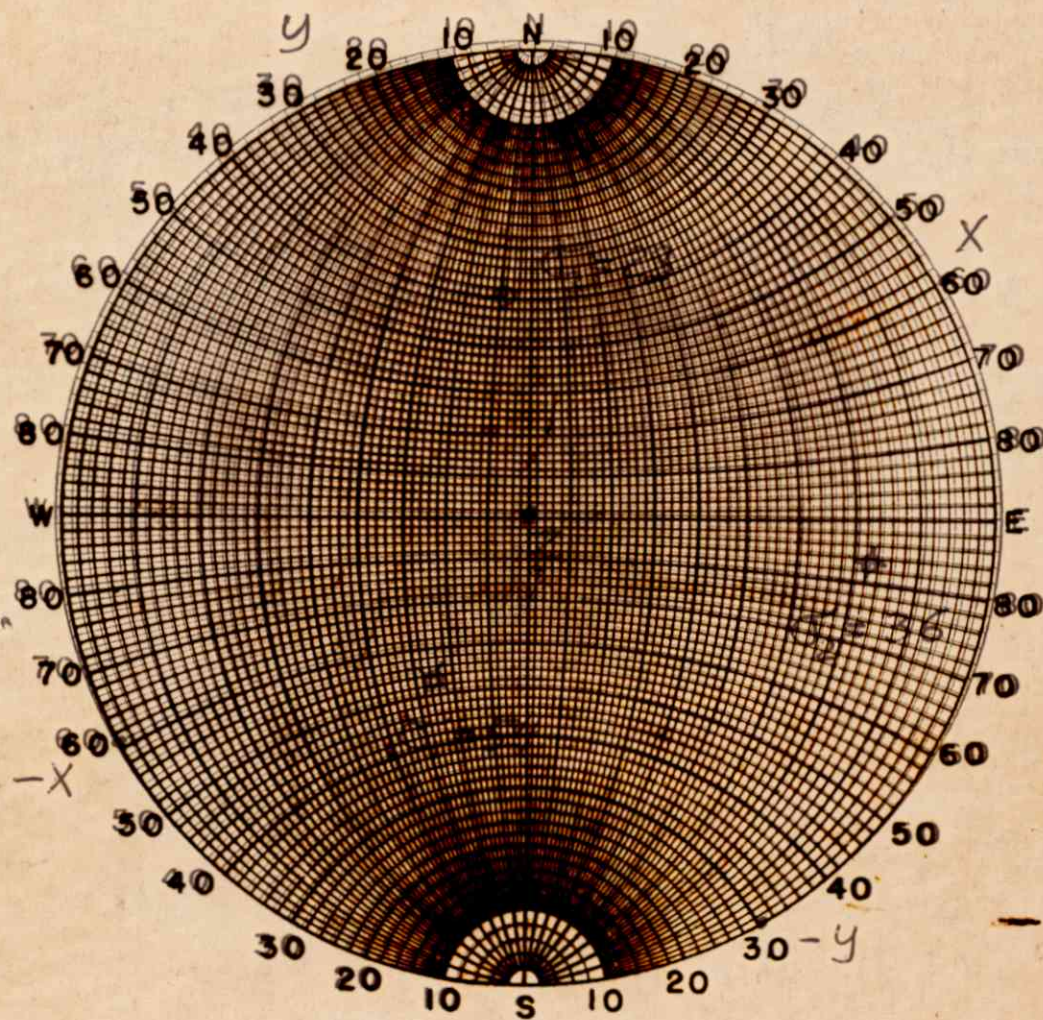
De bergtrykksmålinger som er foretatt bekrefter de spenningsforhold som målingene høsten 1970 indikerte. En kan derfor med temmelig stor sikkerhet si at det eksisterer spenninger som virker stabiliserende på hengberget. Dette vil resultere i at hengberget forblir stabilt selv om pilarene fjernes. Dette må kunne antas å gjelde innenfor ca. profil 50-55. Strekkfasthetsmålingene viser at hengberget har fra middels til lav strekkfasthet. Spredningen i måleresultatene er relativt lav, noe som kan indikere forholdsvis moderat oppsprekking. Slik som spenningsforholdene synes å være, vil en imidlertid alltid ha trykkspenning i taket. For ytterligere å bekrefte dette bør det foretas noen fotoelastiske modellforsøk på aktuelle snitt.


Ivar Berge
professor


Arne Myrvang
lab.ing.



MALESTED 5



Two degree Meridian Stereonet.

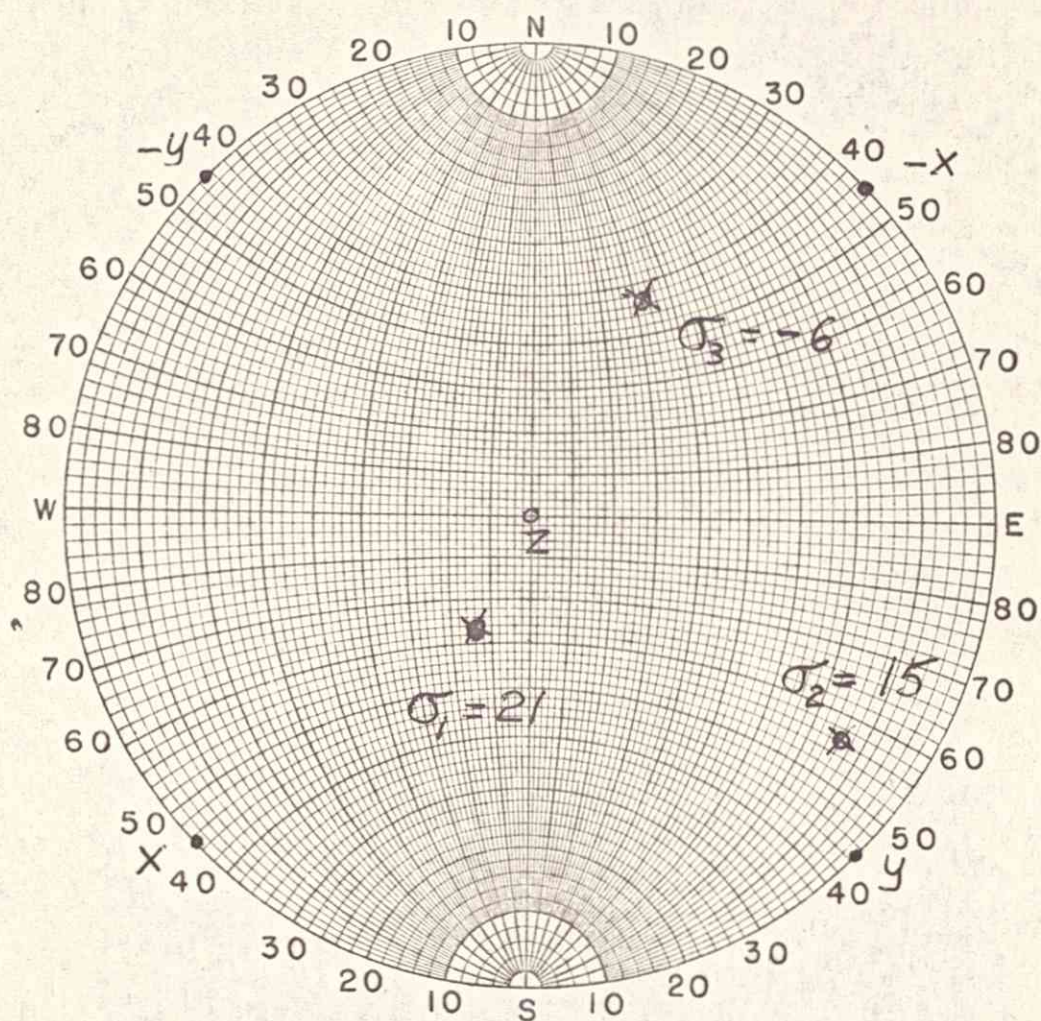
VINJLER MELLON Z-AKSEN OG:

$$\sigma_1: 44,6^\circ$$

$$\sigma_2: 72,4^\circ$$

$$\sigma_3: 50,2^\circ$$

MÅLESTED 6



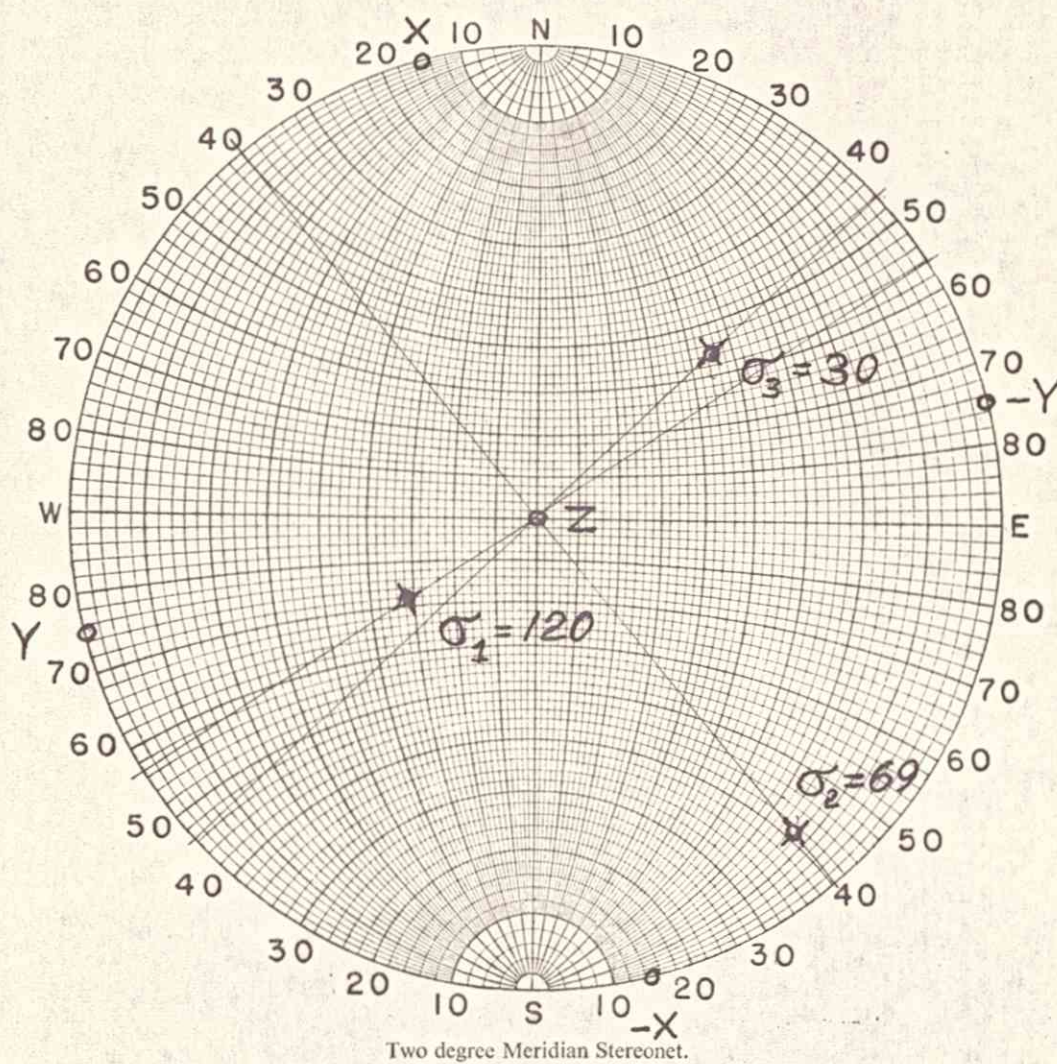
Two degree Meridian Stereonet.

VINKLER MELLOM Z-AKSEN OG

$$\sigma_1 : 37,4^\circ$$

$$\sigma_2 : 79,1^\circ$$

$$\sigma_3 : 54,7^\circ$$



VINKLER MELLOM Z-AKSEN OG

$$\sigma_1 : \gamma_1 = 35,5^\circ$$

$$\sigma_2 : \gamma_2 = 82,3^\circ$$

$$\sigma_3 : \gamma_3 = 54,8^\circ$$

