



Bergvesenet

Postboks 3021, 7002 Trondheim

Rapportarkivet

Bergvesenet rapport nr BV 3317	Intern Journal nr	Internt arkiv nr Boks nr 8	Rapport lokalisering Nordland	Gradering
Kommer fra ..arkiv Nordlandske	Ekstern rapport nr C.W.C 8102	Oversendt fra	Fortrolig pga	Fortrolig fra dato:
Tittel AMT undersøkelser Mofjellet Gruber				
Forfatter C.W. Carstens		Dato 16.01. 1981	Bedrift Bergverkselskapet Nord-Norge A/S	
Kommune Rana	Fylke Nordland	Bergdistrikt Nordlandske	1: 50 000 kartblad	1: 250 000 kartblad
Fagområde	Dokument type	Forekomster		
Råstofftype	Erneord			
Sammendrag				



Elkem as
Engineering Division

RAPPORT

Til: A/S Sydvaranger Mofjellet Gruber
Fra: Elkem a/s, Nydalsvn. 28, Oslo 4
Tittel: A.M.T.undersøkelser ved Mofjellet Gruber.
Dato: 16.jan.1981.

RESYMÉ

A.M.T. står for Audio Magneto Telluric. Med metoden registreres såkalte naturlige jordstrømmer og dets assosierte magnetfelter.

I løpet av en periode på tilsammen 7 feltdager i juni og september 1980 ble det ved Mofjellet Gruber utført A.M.T. målinger på tilsammen 23 stasjoner fordelt på 10 profiler.

Formålet med undersøkelsene i juni var å søke etter indikasjoner på malmsonen øst for forseringsorten. Diamantboringer på CP og A.M.T. indikasjoner "under Skihytta" har gitt marginal malm samt svovelkisimpregnasjoner i malmnivået.

I september ble undersøkelsene gjenopptatt for å sjekke ca. 500 m dype A.M.T. indikasjoner ca. 1 km ØNØ for Skihytta. Disse undersøkelser måtte oppgis p.g.a. betydelige forstyrrelser fra kraftledningene til Jernverket. (Kraftledningene var strømløse i juni). I overensstemmelse med oppdragsgivers geofysiker Ø.Logn ble det istedenfor målt 4 profiler øst for kraftstasjonen.

En tolkningssammenstilling av alle A.M.T.resultatene indikerer at 2 ledere synes å opptre i 2 forskjellige nivå. Den grunneste, som ligger ca. 4-500 m under dagoverflaten anses å være det mest interessante undersøkelsesobjekt. Det er noe uvisst om den grunne leder er en forlengelse av malmsonen eller ikke.



Det faktum at en sinkmalm i seg selv er en dårlig elektrisk leder hvis den ikke forekommer sammen med en del svovelkis vanskeliggjør tolkningene.

Hvis man tror en eventuell forekommende malm er en god leder, er lederstrukturen ca. 500 m under dagoverflaten i profil 6 det mest aktuelle undersøkelsesobjekt. Profil 6 går ca. 800m ØNØ for Skihytta.

Et alternativt undersøkelsesobjekt er lederindikasjonen i profil 9 ved Kjempeheia. Geofysisk sett har dette objekt omtrent samme elektrisk motstand som "malmsonen" i forseringsorta. Avstanden til lederen er omlag 100 m kortere sammenlignet med lederstrukturen i profil 6.

Vi tror at AMT-metoden har sin berettigelse på Mofjellet for å kartlegge strukturen som en eventuell malm måtte være knyttet til. Vi vil foreslå at grunnlaget for eventuell boring blir forbedret ved ytterligere A.M.T.målinger mot kraftstasjonen og østover fra Kjempeheia.

Oslo, 16.1.1981.

C.W. Carstens



INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
1. Målemetode og tolkning	1
2. Tidligere A.M.T.målinger	1
2.1. Formål	1
2.2. Kommentarer til A.M.T.- og bore- resultater ved Skihytta	1
2.3. Kommentarer til uidentifiserte lederindikasjoner i profil 6	2
3. Oppfølgings A.M.T.målinger	3
3.1. Formål - utførelse	3
3.2. Problemer	4
4. Resultater	4
4.1. Tolkningsprofilene	4
4.2. Sammenstilling av A.M.T.resultater	5
4.3. Strukturelle trekk	6
4.4. Drøfting av geofysiske malmletings- objekter	6
5. Konklusjon, oppfølging	8



1. MÅLEMETODE OG TOLKNING

Med A.M.T.metoden måler man den tilsynelatende motstand i undergrunnen på 9 forskjellige frekvenser. Man blir derved i stand til å sondere i forskjellige dybdenivå.

Tolkningen er mest gjort manuelt ved å studere motstandskurvene som i felt plottes på spesielle nomogrammer. På disse nomogrammer kan man direkte se i hvilket nivå man har ledningsevnekontraster. Med ledningsevnekontraster menes klarheten av indikasjonen på at en leder finnes. Tykkelses-ledningsevneproduktet (S) kan regnes ut av måleresultatene, og dette indikerer variasjoner i lederens elektriske ledningsevne.

Det nevnes at NGU nylig har utviklet et datamaskinprogram for A.M.T.tolkning. Under et besøk på NGU for å studere dette, ble et par resultater fra Mofjellet kjørt på datamaskin. Resultatene kommenteres senere. Datamaskintolkninger gjøres først og fremst når man vil søke å bygge opp en lagmodell som gir motstandskurver som ligner de målte. Det nevnes også at NGU arbeider med videreutvikling av programmer tilpasset 2-dimensjonale modeller. Vi tar sikte på å samarbeide med NGU på tolkningssiden i fremtiden.

2. TIDLIGERE A.M.T.MÅLINGER

2.1 Formål.

I juni 1980 ble det på oppdrag av A/S Sydvaranger utført A.M.T.målinger ved Mofjellet Grube. Formålet var å forsøke å følge malmsonen øst for forseringsorta. Det vises til preliminær rapport datert 7/7-80. Noen av resultatene kommenteres ytterligere i denne rapport.

2.2 Kommentarer til A.M.T.- og boreresultat ved Skihytta.

Det ble i sommer satt ned 5 borehull ved Skihytta for å søke å forklare CP og A.M.T.indikasjoner. Et situasjonsprofil av bore- og A.M.T.resultater er vist i bilag 3 fig.6.



Teil
Borhull 8005 er stiplet da en ikke kjenner resultatene i detalj. Det vites imidlertid at hullet var negativt. Den beste skjæring hadde man i borhull 8004 hvor ca. 5 m med 3% Zn ble påtruffet. A.M.T. resultatene over malmsonen er bare ubetydelig justert i forhold til tolkningen i den preliminare rapport. Korrelasjonen med boreresultatene er ikke blitt bedre ved denne justering.

Nivået for svovelkisimpregnasjonene i malmnivået passer bra med A.M.T.resultatene. Det må imidlertid innrømmes at man hadde forventet å påtreffe en bedre leder, da kalkulerte indikative S-verdier er relativt høye. (God elektrisk ledningsevne.)

Rett over den beste sinkskjæringen har man ikke fått ledningsevnekontraster i kjent malmnivå. En forklaring på dette kan være at svovelkisimpregnasjoner er en bedre elektrisk leder enn sinkmalmen. En annen minst like rimelig forklaring er at kraftledningen ca. 100 m syd for stasjon 10 har influert på resultatene. Skal man være på den sikre siden bør man holde seg ca. 200 m unna kraftledninger. Det var imidlertid vanskelig å følge denne regel ved Mofjellet.

I den preliminare rapport var resultatene fra stasjon 13 uteglemt. En ser at ledningsevnekontrastene fra stasjon 12 og 13 korrelerer bra med en mulig fortsettelse av kisimpregnasjonene i borhull 8003 og 8001. (se fig.6, bilag 3). Om denne sone representerer en fortsettelse av Breifonnsonen har man et forspinkelt grunnlag til å uttale seg om.

2.3 Kommentarer til uidentifisert lederindikasjoner i profil 6.

Fra målingene i juni fremkom de mest klare ledningsevnekontraster omlag 500 m under dagen i stasjon 35 og 36. Under et besøk på NGU for å studere et A.M.T.datamaskinprogram som nylig er utviklet, ble resultatene fra stasjon 35 forsøkt datamaskintolket. Kort fortalt viser denne tolkning at en tynnere og mulig malmleder kan være den mest sannsynlige tolkning.



For eventuelle interesserte skal det herved gåes litt mere inngående på tolkningsprosedyren. Et såkalt interaktivt optimaliseringsprogram ble benyttet, d.v.s man prøver å komme frem til en teoretisk motstandskurve som ligner den man har målt i felten. Motstandskurven fra stasjon 35sm ble benyttet (fig.2, bilag 2) viser et eksempel på en sådan tolkning. Det er punkt 1, 2 og 3 som avspeiler den klare ledningsevnekontrast man fikk.

I 5-lags modellen er det lag 4 (100m tykk og spes.ledningsevne = på 20 ohm/m S -verdi = $100/50 = 5 \frac{1}{\text{ohm}}$) som utgjør det best ledende lag. En ser at den teoretiske kurve ikke stemmer alt for godt med ledningsevnekontrasten angitt ved feltpunktene 1, 2 og 3. Modellen gir imidlertid en viss pekepinne av elektrisk motstand på de geologiske formasjoner, såfremt disse ikke er alt for steile. Flere forsøk ble gjort og vedlagte 5-lags modell er den beste.

Fig.3, bilag 2 viser et annet tolkningsforsøk hvor en 2-lags modell er benyttet for å få bedre tilpassing til målt kurveområde som gir den beste ledningsevnekontrast. Det er her lag 2 som reflekterer denne ledningsevnekontrast. Tilpassing er bedre, hvilket antyder at en tynn mulig malmleder er den beste forklaring. S -verdien i lag 2 er det samme, $5 \frac{1}{\text{ohm}}$, som ved lag 4 i 5-lagsmodellen.

3. OPPFØLGINGS A.M.T.MÅLINGER

3.1 Formål - utførelse.

Det var de nevnte ledningsevnekontraster i profil 6 som motiverte for oppfølgingsundersøkelser. I løpet av 7., 8. og 9. september ble det utført målinger på 27 stasjoner, fordelt på 4 profiler (se fig.1, bilag 1). Målingen ble utført av C.W.Carstens i overensstemmelse med oppdragsgivers geofysiker Ø. Logn, som forøvrig var til god hjelp i felten så lenge målingene pågikk. Oppdragsgiver stilte også en assistent til disposisjon.



3.2 Problemer

Det var umulig å gjenoppta målingene i profil 6 på grunn av betydelige forstyrrelser fra kraftledningene til Jernverket. Disse var strømløse i juni. Under hele måleperioden i september var det tildels kraftig regnvær som sinket målingene i noen grad.

4. RESULTATER

4.1 Tolkingsprofilene

Det er tegnet vertikale tolkningsprofiler gjennom måleprofilene (se fig.7-10, bilag 3). Dybdeangivelser til indikerte ledere og indikative S-verdier er angitt.

Et gjennomgående, om enn noe grovt trekk, er at 2 parallelle ledersystemer synes å opptre i 2 forskjellige nivå på henholdsvis 4-500 m og 7-800 m under dagoverflaten. Disse resultater skal kommenteres og drøftes senere i rapporten.

Profil 10 (se fig.10, bilag 3) som er lengre enn de foregående kommenteres ytterligere.

Strukturelt sett vil man nevne at det er mer eller mindre sammenhengende indikasjoner på en meget dyp og steiltstående lederstruktur som p.g.a. målestokken bare delvis kommer frem på tolkningsprofilet. Denne beliggenhet under dagoverflaten i syd er indikativt 3 km og i nord ca.1 km.

For å snakke om mere dagnære og interessante objekter, nevnes det at det på stasjon 10 er gjort 2 uavhengige målinger med ca. 2 timers mellomrom. Repeterbarheten var god og det er indikasjon på en leder ca.400 m under dagoverflaten. Denne tolkning er bra overensstemmende med datamaskintolkning.



For eventuelt datamaskin-interesserte individer henvises det til fig.4-5 i bilag 2 som viser 2 trelagsmodeller. Når den beste lederindikasjon forutsetter å avspeile en leder med ledningsevneprodukt lik 5 l/ohm , får en best tilpasning mellom målt og teoretisk kurve når lederen er tynn (mulig malmformasjon). Det gjøres oppmerksom på at selve lagmodellen kan være svært usikker hvis lagene står steilt, da modellen er laget for horisontale lag med uendelig utstrekning (1 dimensjonal modell).

4.2 Sammenstilling av A.M.T.resultater.

For å søke å sammenligne og klassifisere A.M.T.indikasjonene fra målingene i juni og september er resultatene satt sammen på ulike måter.

I bilag 5 fig.11 er det tegnet et situasjonskart som viser hva slags resultater man har tolket seg frem til ved de enkelte målestasjoner. Kartet er en videreføring av situasjons- og tolkningskartet som ble fremstilt i den første rapporten. Bortsett fra at dypere lederindikasjoner er tatt med, skiller det seg ikke vesentlig fra A.M.T.kartet som er laget av Ø.Logn, se bilag 1.

Under dette situasjonskartet følger en vertikalseksjon. Seksjonen utgjøres av et vertikalplan i strøkretningen i hvilket middelresultat er projisert inn. Av dette fremgår forskjellige nivå for indikerte ledere samt noen elektriske data om disse.

Fig. 12 i bilag 6 viser et tykkelses-ledningsevne-produkt-kart. Dette viser variasjoner i elektrisk ledningsevne for indikerte ledere.



4.3 Strukturelle trekk

Avstanden mellom profil 1 og 10 er 3,5km. Et gjennomgående strukturelt trekk er indikasjoner på 2 parallelle ledere i 2 forskjellige nivåer (se fig.11, bilag 5).

Som det er antydnet i vertikalplanseksjonen, er den strukturelle sammenheng mellom profil 4 og 6 usikker. Ut i fra A.M.T.resultatene kan det synes å være en mulighet at strukturene øst for Skistua er forskjøvet nedover og noe mot nord i forhold til områdets vestlige del. Hvis så er tilfelle, er det mulig at den grunne uidentifiserte leder har sammenheng med malmsonen. En annen alternativ forklaring er at den grunne uidentifiserte ledere er en parallell gang til malmsonen. Oppdragsgivers geologer og geofysiker er de som har best forutsetning for å vurdere disse forhold.

Østover fra profil 6 synes begge ledere å ha en parallell svak stigning. De geofysiske indikasjoner er imidlertid ikke i overensstemmelse med tidligere geologiske antagelser om at malmformasjonen vil komme opp i dagen ved Kjempeheia.

4.4 Drøfting av geofysiske malmletingsobjekter.

Det er vanskelig å vurdere de geofysiske ledere som malmletingsobjekter, da en sinkmalm i seg selv er en dårlig elektrisk leder, hvis den ikke forekommer sammen med en del svovelkis. For Mofjellet-malmen er såvidt vites svovelkisinnholdet varierende både i selve malmen og i malmsonen.

A.M.T.resultatene indikerer at oppboret marginalmalmsone kan være en bedre elektrisk leder sammenlignet med malmsonen i forseringsorta. Man har ikke noe geofysisk grunnlag til å foreslå alternative undersøkelsesområder på selve malmsonen.



Hvis man skulle undersøke den dype uidentifiserte leder nærmere, ville man se på denne i områdets vestlige del. Indikasjonene på en leder er der tydeligst, samt at den elektriske motstand er minst der. For å nå denne, måtte man eventuelt bore ca. 500m fra gruva eller ca. 800m fra dagen. Det kan ikke helt sees bort i fra at denne dypere leder er noe usikker på grunn av eventuelle kanteffekter fra den overliggende leder. Man anser den grunne leder til å være et mere interessant undersøkelsesobjekt.

Tolkning viser at det er mere sannsynlig at den grunne uidentifiserte lederstruktur indikerer en tynn lederstruktur (mulig malmformasjon) enn en tykkere grafitt-skifer.

Hvis man forutsetter at eventuell malm er en god leder, er de indikerte ledere i profil 6 under stasjon 35 og 36 det mest aktuelle undersøkelsesobjekt. Dette objekt er der geofysisk sett en betydelig bedre elektrisk leder sammenlignet med "malmen" i forseringsorta og indikerte leder ved Kjempeheia. Avstanden fra dagoverflaten til objektet er omlag 500m.

Antallet tydelige lederindikasjoner i profilene ved Kjempeheia er noe begrenset. På en smal malmlinjal kan man imidlertid ikke regne med å få indikasjoner over hele tverrsnittet på grunn av kanteffekter (kantstrømmer fra lederen). Ved Kjempeheia er den indikerte leders ledningsevneegenskaper ganske lik indikasjonene på kjent malmsone. Avstanden fra dagoverflaten ned til lederen er der ca. 400m hvilket er ca. 100m kortere enn avstanden til undersøkelsesobjektet i profil 6. Indikert leder ved Kjempeheia anses for å være et minst like interessant undersøkelsesobjekt.



5. KONKLUSJON, OPPFØLGING

Hvis man skulle bore på nåværende A.M.T.indikasjoner, ville man holde en knapp på lederobjektet i profil 9 ved Kjempeheia. Ved eventuell boring, må man regne med å bore 3-4 hull i et profil hvis man vil søke å oppklare den geofysiske leder.

De oppnådde resultater tyder på at A.M.T.metoden er egnet til å kartlegge strukturen som en eventuell malm måtte være knyttet til. Vi vil foreslå å forbedre grunnlaget til eventuell boring ved ytterligere A.M.T.undersøkelser vestover fra profil 6 og øst for Kjempeheia. For å søke å få informasjon om geologiske strukturer bør eventuelle A.M.T.profiler måles noe lengre enn tidligere.





B I L A G

Fig.

1.	A.M.T.målinger 1980 ved Mofjellet Gruber Topografisk kart og situasjonskart tegnet av Ø.Logn	1
2.	Datamaskinkurver	
	Profil 6 stasjon 35 modell I	2
	Profil 6 stasjon 35 modell II	3
	Profil 10 stasjon 10 modell I	4
	Profil 10 stasjon 10 modell II	5
3.	Tolkningsprofiler	
	Profil 4 (Skistuaprofilet)	6
	Profil 7, profil 8	8
	Profil 9	9
	Profil 10	10
4.	Situasjonskart/vertikalplan i strøk- retningen med projiserte middelresultater	11
5.	Tykkelses-ledningsevneproduktkart	12

AMT-målinger 1980
MOFJELLET GR
UTFØRT AV ELKEM

- Målinger i juni
- sept.
- M Indikasjon på malmsone
- m Utydelig indikasjon på malmsone
- (m) Spekulativ indikasjon
- U Indikasjon på uidentifisert leder

M. 1:5000 A/S 5 ÖL 1/4

PROFIL
KJEMPHEIA

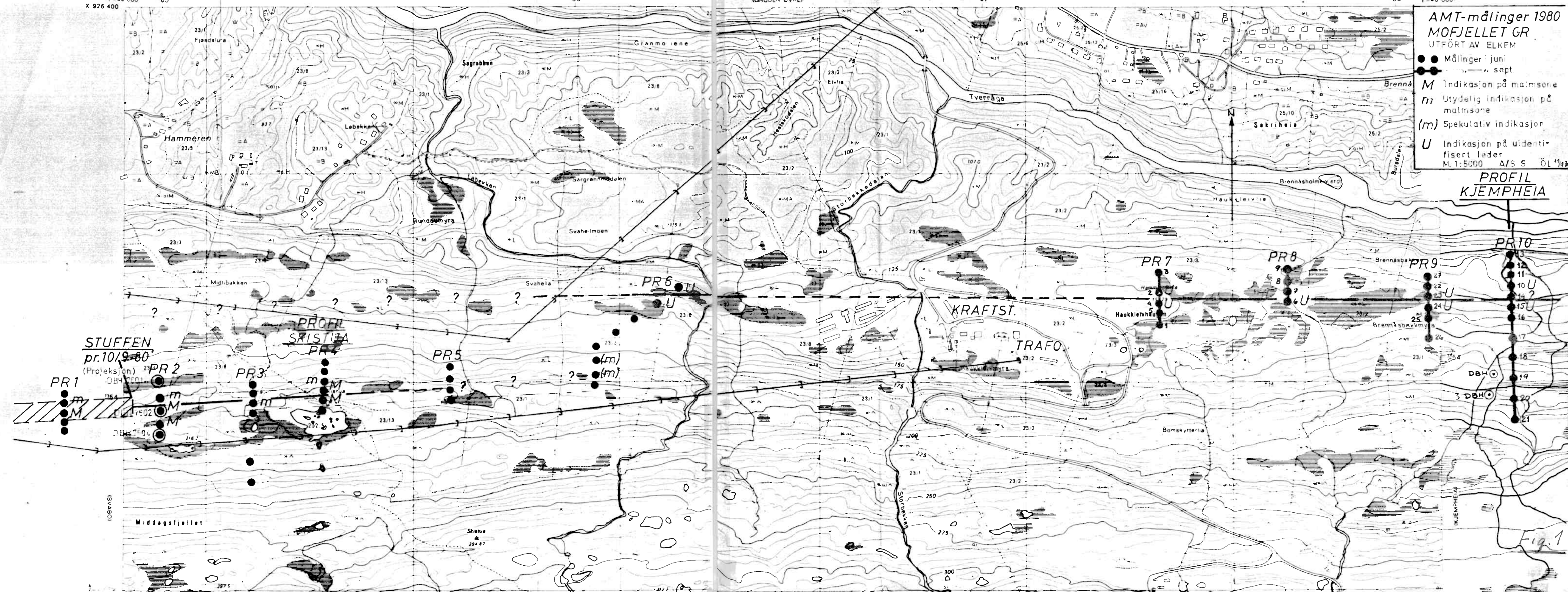
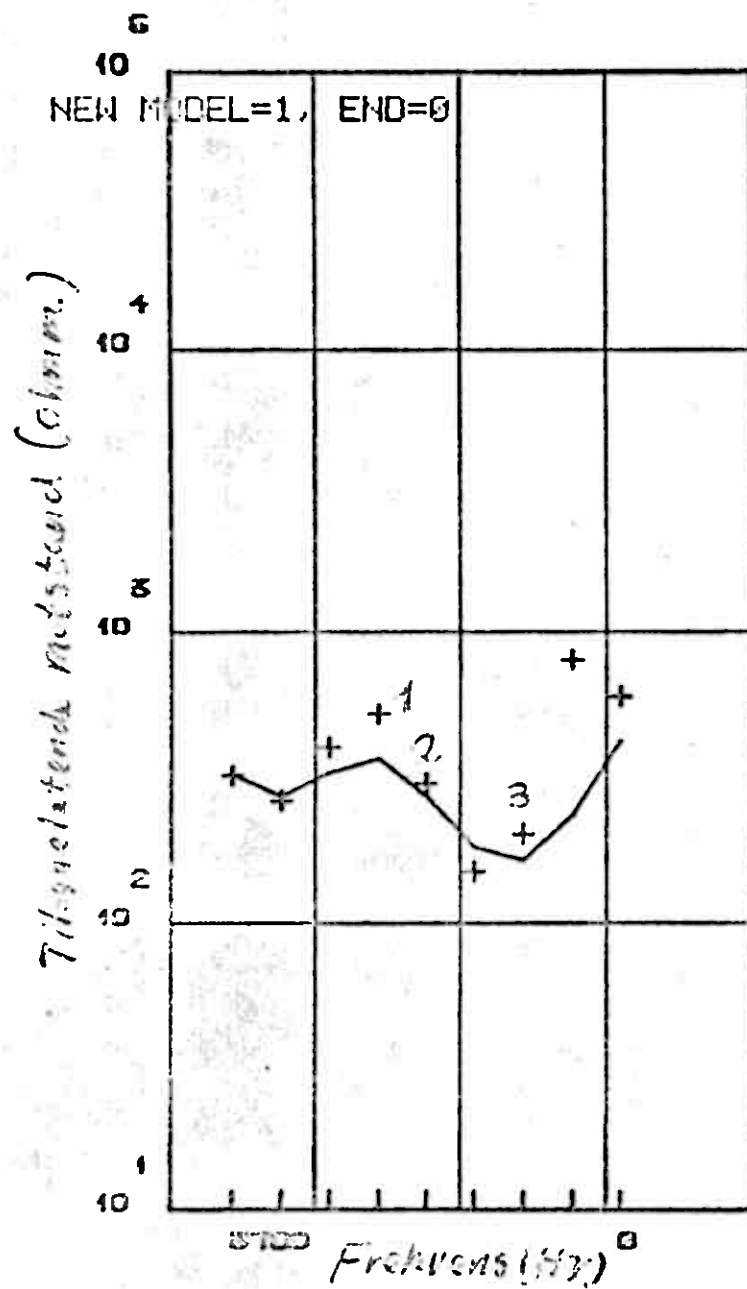


Fig. 1



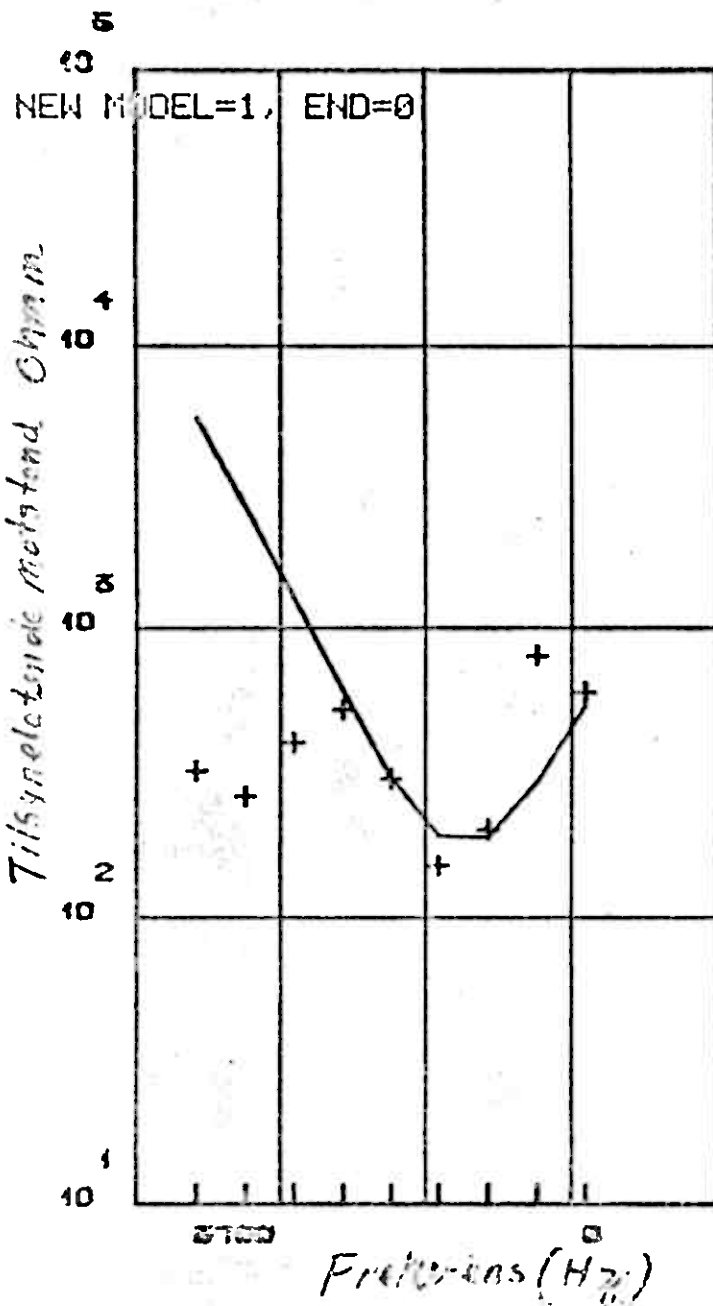
AMT: 85

1	ROD	THICK	DEPTH
1	1000.0	100.0	100.0
2	7.0	5.0	105.0
3	20000.0	400.0	105.0
4	20.0	100.0	105.0
5	20000.0		

S= 5.119E+05

+ Mtke Verdier

— Aggregate Kurve.



AMT: 25

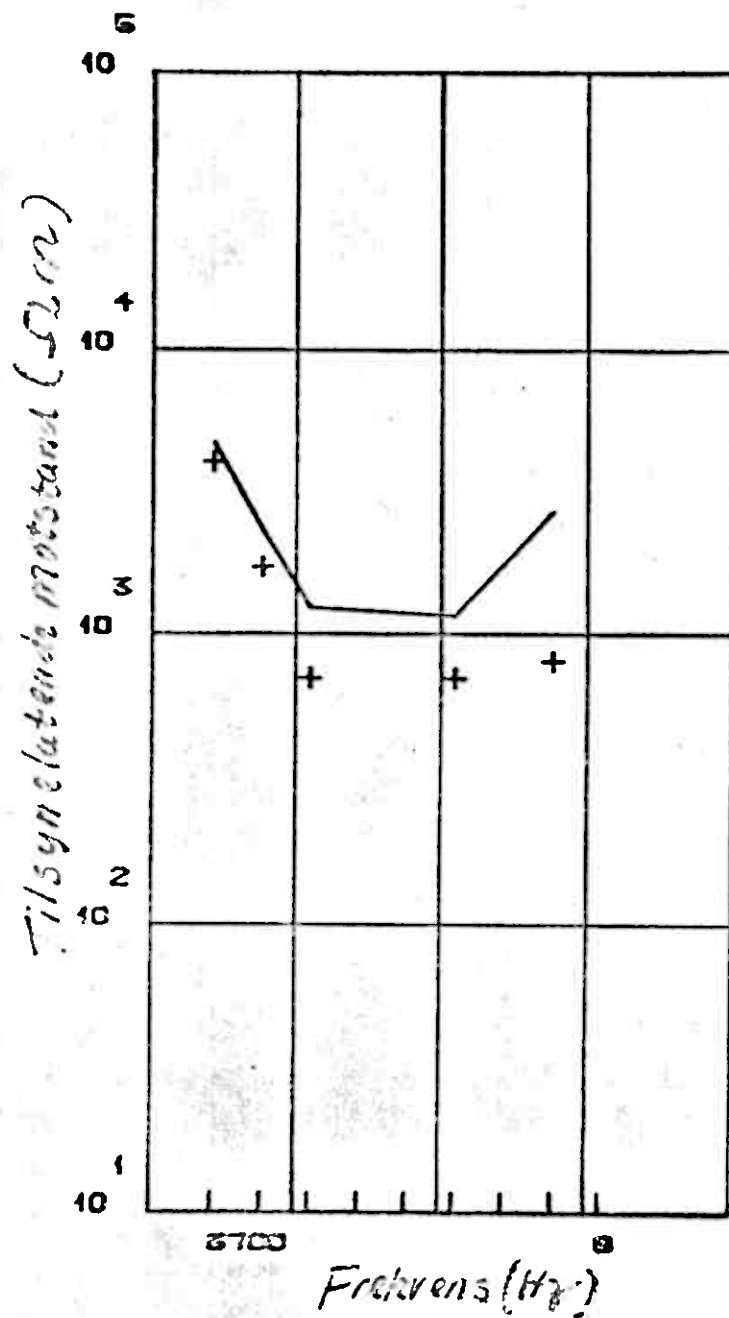
1	ROD	THICK	DEPTH
1	10000.0	400.0	400.0
2	1.0	5.0	400.0
3	50000.0		

$\Phi = 2.3223 \times 10^3$

+ Målt verdier
 \ Berregnet kurve

Fig 3

Fig 4



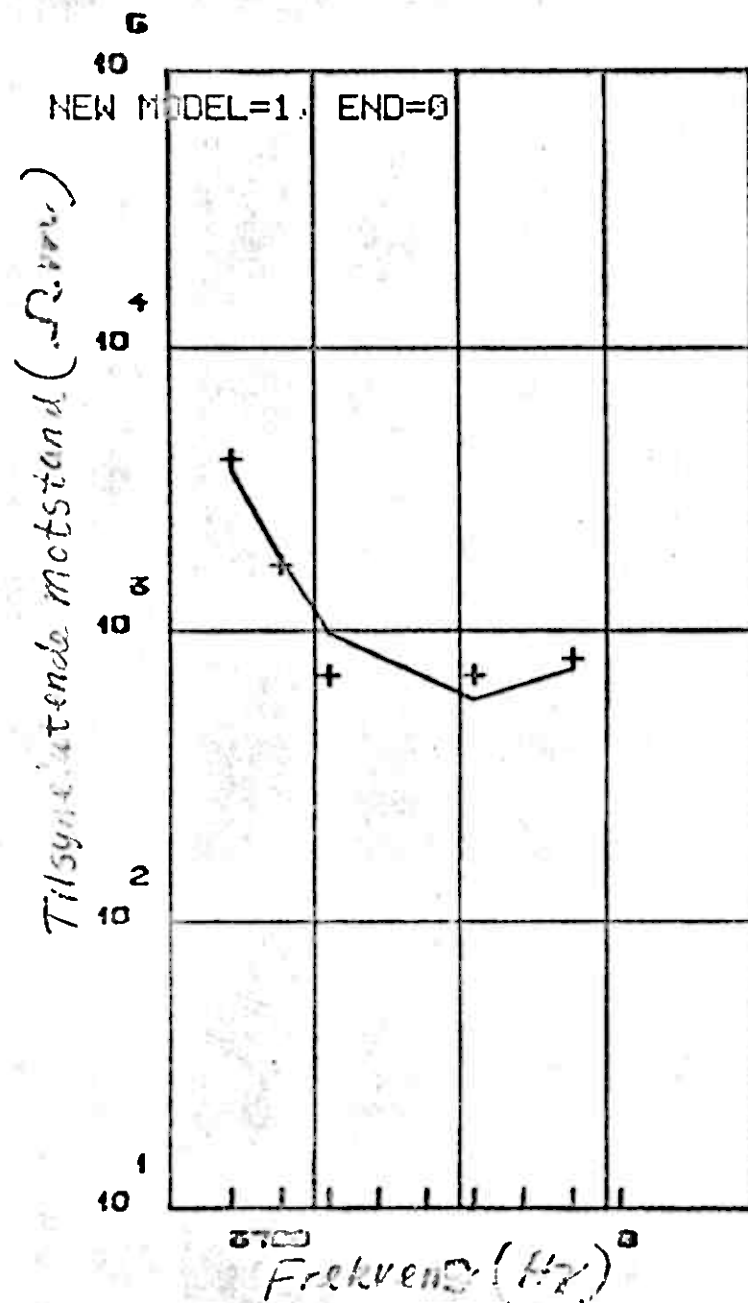
AMT: 10

1	ROD	THICK	DEPTH
1	20000.0	575.0	575.0
2	100.0	100.0	475.0
3	10000.0		

S= 1.03

+ Målte verdier

— Beregnet kurve



AMT: 10

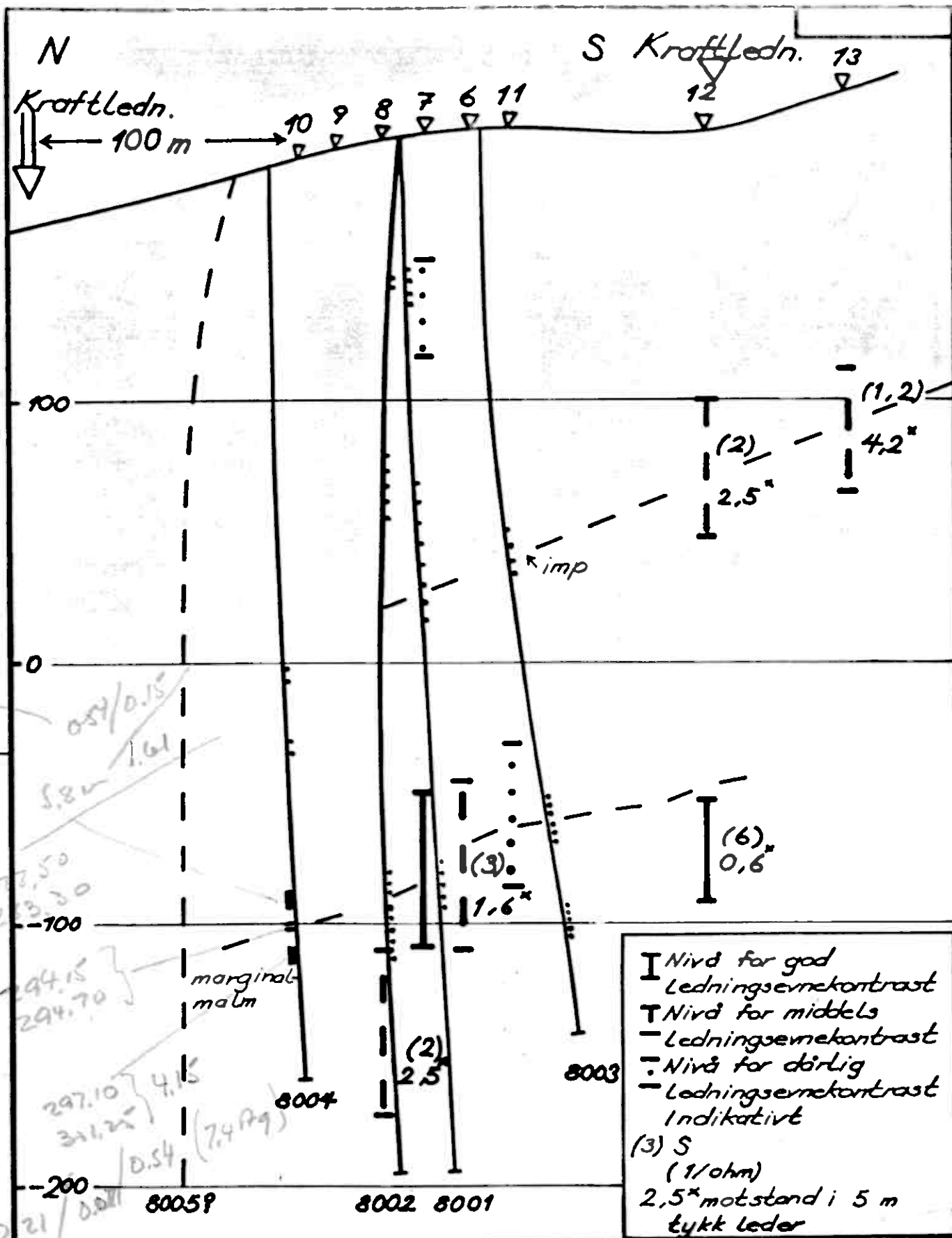
1	ROD	THICK	DEPTH
1	24200.0	200.0	500.0
2	6.0	6.0	0.500

3 1000.0

8 3.200E+03

+ Målte verdier

— Berregnet kurve.



This drawing is our property and must not without our permission be copied or made available to others. The receiver is responsible for every misuse

Profil 4 Skistua

Scale
1:2000

File	/
Drawn	Ø.L. -80
Traced	G.A.J. -80
Checked	C.W.C. -80
Approved	

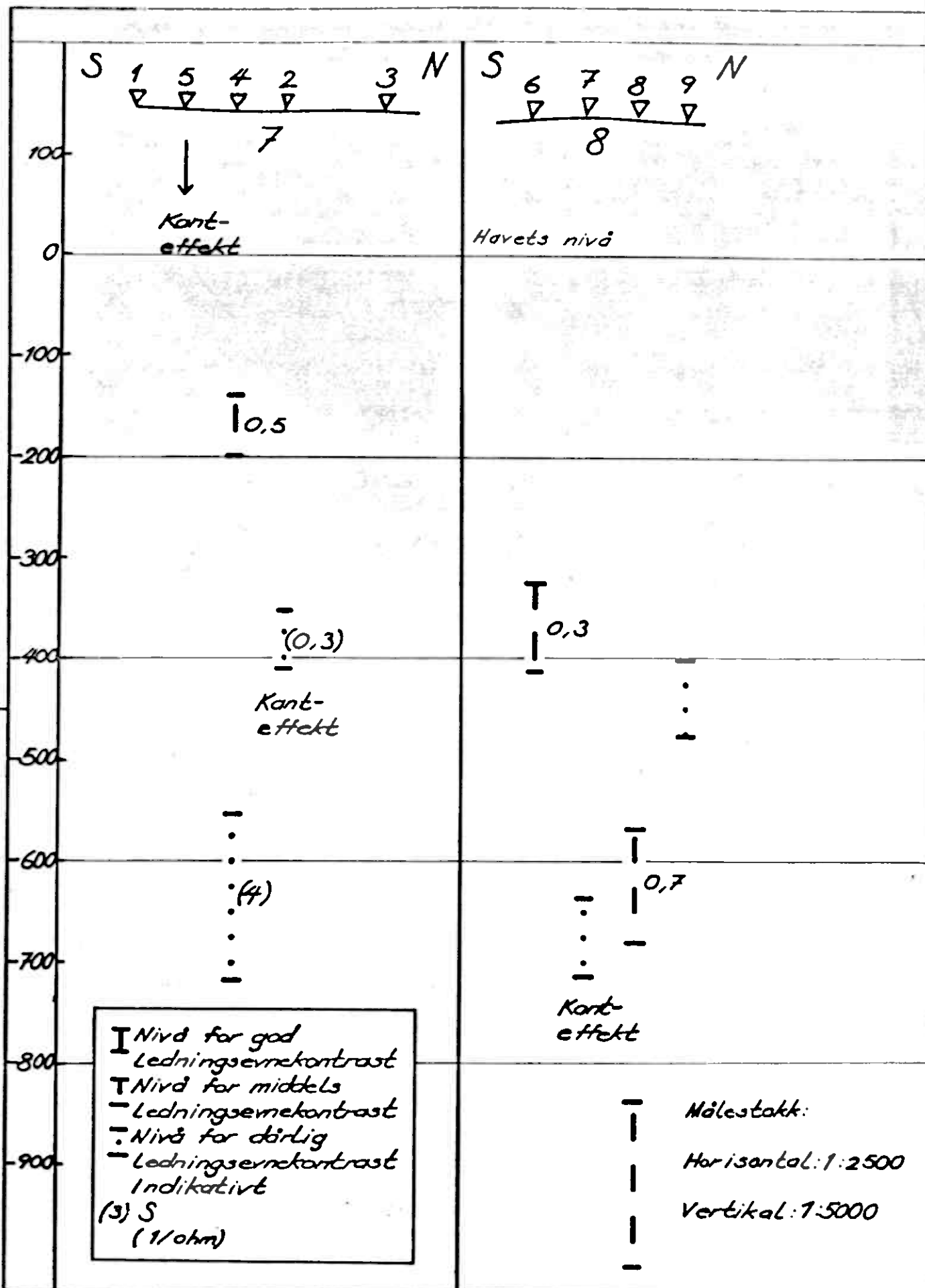
Fig. 6

Revision



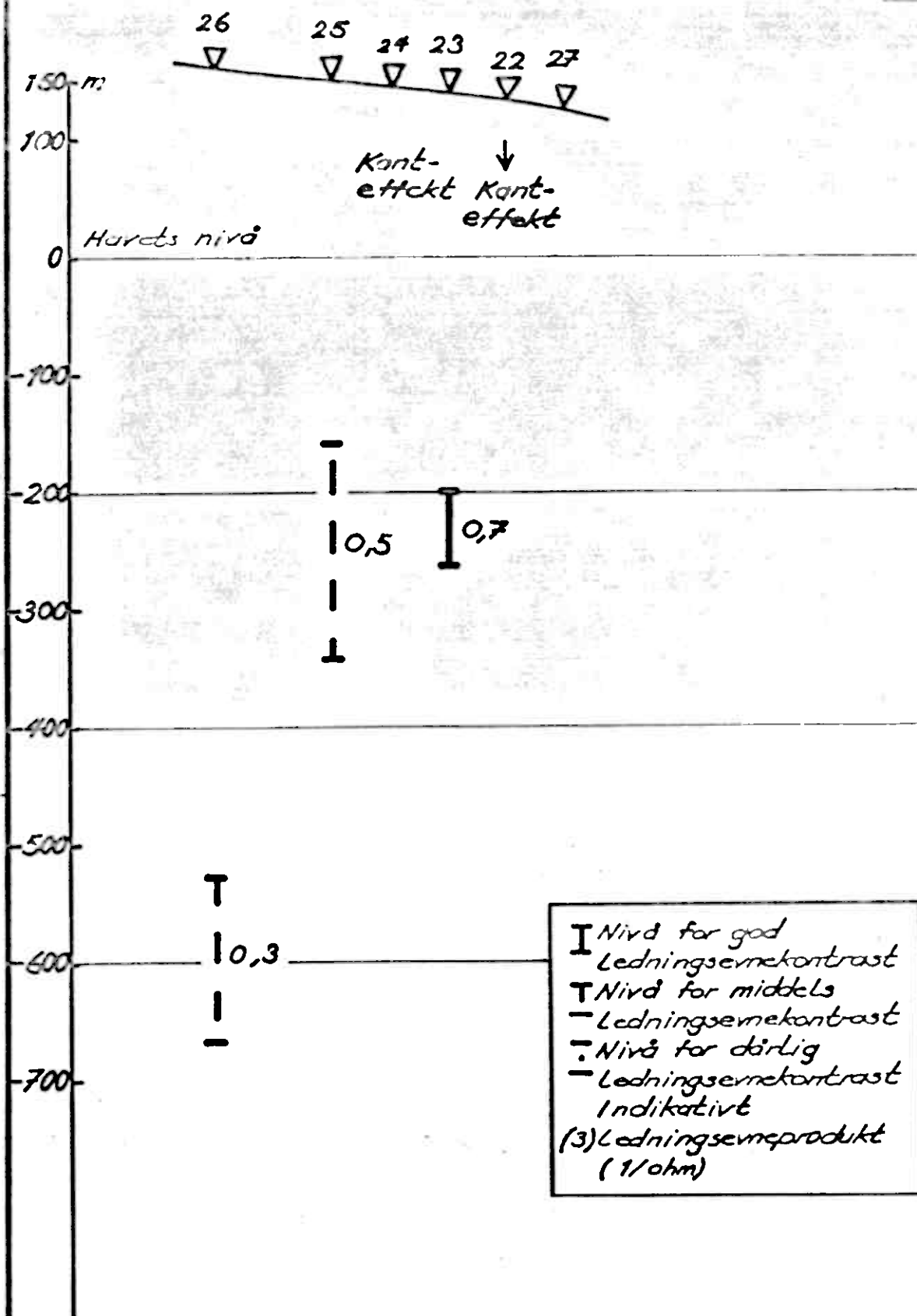
Elkem as
Engineering Division
Oslo, Norway

This drawing is our property and must not without our permission be copied or made available to others. The receiver is responsible for every misuse.



Elkem as
Engineering Division
Oslo, Norway

*Tolkningsprofil
7 og 8 Fig. 8*



This drawing is our property and must not without our permission be copied or made available to others. The receiver is responsible for every misuse

File /

Tolkningsprofil 9

Scale
H=1:2500
V=1:3000

Drawn C.W.C. -80
Traced G.A.J. -80

Sheet
Next Sheet

Checked
Approved



Elkem as
Engineering Division
Oslo Norway

Fig. 9

Revision

S

N

