



Bergvesenet

Postboks 3021, N-7441 Trondheim

Rapportarkivet

Bergvesenet rapport nr 5657	Intern Journal nr 	Internt arkiv nr 	Rapport lokalisering 	Gradering
Kommer fra ..arkiv Elkem Skorovas AS	Ekstern rapport nr 	Oversendt fra ELKEM	Fortrolig pga 	Fortrolig fra dato:

Tittel

Audiomagnetotelluriske (A:M:T:) undersøkelser ved Mofjellet 1981

Forfatter

c. W. Carstens

Dato

Ar

10.6. 1981

Bedrift (oppdragsgiver og/eller oppdragstaker)

AS Sydvaranger

Kommune

Mo i Rana

Fylke

Nordland

Bergdistrikt

1: 50 000 kartblad

19271

1: 250 000 kartblad

Mo i Rana

Fagområde

Geologi

Dokument type

Forekomster (forekomst, gruvefelt, undersøkelsesfelt)

Mo fjellet

Råstoffgruppe

Malm/metall

Råstofftype

Cu Zn

Sammenheng, innholdsfortegnelse eller innholdsbeskrivelse

AMT-målinger som er utført sommeren 1981 ved Mofjellet Gruber er et supplement og forsettelse av målinger utført sommeren 1980.



Elkem a/s
Engineering Division

*Betaling for
9,5 dager*

Oversendelse

A/S Sydvaranger
Gl.Ringeriks vei 14
1320 STABEKK

☒ Ifølge avtale

☐ Til orientering

☐ Til behandling

☐ Til godkjenning

☐ For kommentar

☒ Kan beholdes

☐ Ønskes i retur

☐ Takk for lånet

☐ Kontakt avsender

☐ Til arkivering

Dato/signatur:

10.6.82

Vedlagt to eksemplarer av A.M.T.-rapport for Mofjellet gruber
datert 1.6.82. Rapporten er utarbeidet av C.W.Carstens

Postadresse:
Postboks 5430
Oslo 3

Kontoradresse:
Middelthuns gate 27

Telefon:
(02) 46 68 70

Telex:
78 229

Bank giro:
7001.05.19029



Elkem as
Engineering Division

R A P P O R T

TIL

A/S SYDVARANGER
MOFJELLET GRUBER

FRA

ELKEM A/S
ENGINEERING DIVISION

AUDIOMAGNETOTELLURISKE (A.M.T.) UNDER-
SØKELSER VED MOFJELLET 1981

RESYMÉ

Elkem a/s utførte A.M.T. undersøkelser for A/S Sydvaranger, Mofjellet gruber i løpet av 9½ dager i månedsskiftet mai/juni 1981. Tilsammen ble det målt på 97 nye stasjoner. I tillegg ble reproduserbarheten testet.

Reproduserbarheten på måleresultatene i 1981 var gode, mens noen tidligere resultater reproduserte svært dårlig. Årsaken til den dårlige reproduserbarhet antas å være sivil støy, eller at den kan relateres til tellurstrømmenes natur som stadig skifter retning og amplityde.

Hovedformålet med undersøkelsene var å finne elektriske ledere i tilknytning til kjente strukturer av malmens moderbergart.

De praktiske resultater er i bra overensstemmelse med resultatene gitt i foreløpig rapport datert 7.7.81, men tolkningene er mer nyanserte. 4 anomale ledere kan med en viss sannsynlighet relateres til strukturer av malmens moderbergart. Avstanden til lederne fra dagoverflaten er ca. 100-300 m. To av lederne kan alternativt relateres til utgående ledere syd for de undersøkte profiler.

Nevnte anomalier bør undersøkes nærmere hvor ytterligere VLF-undersøkelser og turamundersøkelser er aktuelle metoder.

I utgangspunktet mener vi at A.M.T.metoden er en aktuell prospekteringsmetode i Mofjellet, men vi vil ikke ta standpunkt til nye undersøkelser før vi er blitt gjort kjent med resultatene fra foreslåtte oppfølgingsarbeid som også var angitt i den foreløpige rapport.

Oslo, 1. juni 1982

C.W.Carstens



INNHALDSFORTEGNELSE

Side

1.	INNLEDNING	1
1.1.	Formål - Utførelse	1
1.2.	Målemetode	1
1.3.	Tolkning	2
2.	OM REPRODUSERBARHETEN	4
3.	RESULTATER	4
3.1.	Kommentarer til Kruses notat til foreløpig A.M.T.-rapport	4
3.2.	Presentasjonsform av resultatene	5
3.3.	Drøfting av resultatene	5
4.	SAMMENDRAG - KONKLUSJON	7

1. INNLEDNING

Elkem a/s utførte i tidsrommet 25.5. - 4.6.1981 A.M.T. undersøkelser for A/S Sydvaranger, Mofjellet gruber.

De praktiske resultater i denne endelige rapport er ganske like den foreløpige rapport datert 7.7.81.

1.1. Formål - utførelse.

Formålet med undersøkelsene var å søke etter kisledere øst- over på kartbladet Kjempeheia.

Tilsammen ble det utført målinger på 97 nye målestasjoner. Målingene ble utført av C.W.Carstens i overensstemmelse med oppdragsgivers geofysiker Ø.Logn som også deltok mye i selve feltarbeidet. Oppdragsgiver utførte VLF-motstandsmålinger på samtlige A.M.T.stasjoner.

VLF-motstandsmålinger er i prinsippet lik A.M.T., men det registreres motstander på en høyere frekvens og metoden er et naturlig supplement til A.M.T. for å følge grunne strukturer mot dypet.

1.2. Målemetode.

Med den Audiomagnetotelluriske metode (A.M.T.) måler man naturlig elektrisk og magnetisk vekselfelter normalt på hverandre innenfor den hørbare (Audio) del av frekvensspekteret. Med det benyttede instrument kan 9 frekvenser fra 8-3700 Hz måles.

Det elektriske feltet blir målt galvanisk ved hjelp av 2 stål- elektroder, mens 2 magnetpoler med høy permeabilitet blir brukt for å måle de magnetiske vekselfeltene. Ved hjelp av spesielle filtre blir smale frekvensbånd tatt ut av A.M.T. vekselfeltene. Både de elektriske og magnetiske feltene blir forsterket og størrelsen på feltene blir sammenlignet ved å nullstille en målebro ved hjelp av et potensiometer. Potensiometeret er gradert slik at man av dens skala direkte kan lese av tilsynelatende motstand, hvilket gjøres på de forskjellige frekvenser.

Den tilsynelatende motstand uttrykkes i formelen

$$\rho = (E/H)^2 \times \text{konstant} \quad E = \text{elektrisk felt, } H = \text{magnetisk felt.}$$

Dybderekkevidden til EM-bølger avhenger av skinn dybde som er definert som det dypet der amplituden på feltene er 1/e av amplituden ved overflaten

$$D = 503,3 \sqrt{\frac{\rho}{f}}$$

Dybderekkevidden er altså avhengig av frekvens (f) og spesifikk motstand (ρ). Den spesifikke motstand på en målestasjon kan ikke påvirkes, men ved å måle på flere frekvenser på samme stasjon blir man i stand til å gjøre A.M.T.dybdesonderinger.



1.3. Tolkning.

I praksis blir A.M.T. motstandskurver plottet allerede i felten.

Plottingen blir gjort i spesielle nomogrammer i hvilket dybde-linjer og S-linjer (ledningsevnetykkelsesprodukt) finnes. Ved tydninger må kurvene systematisk sammenlignes. Nomogrammet er egentlig basert på en 1-dimensjonal modell, men kan også benyttes for å tolke resultatene fra 2-dimensjonale objekter.

Såfremt strukturene er relativt horisontale, kan følgende fremtydes av nomogrammet med sonderingskurvene?

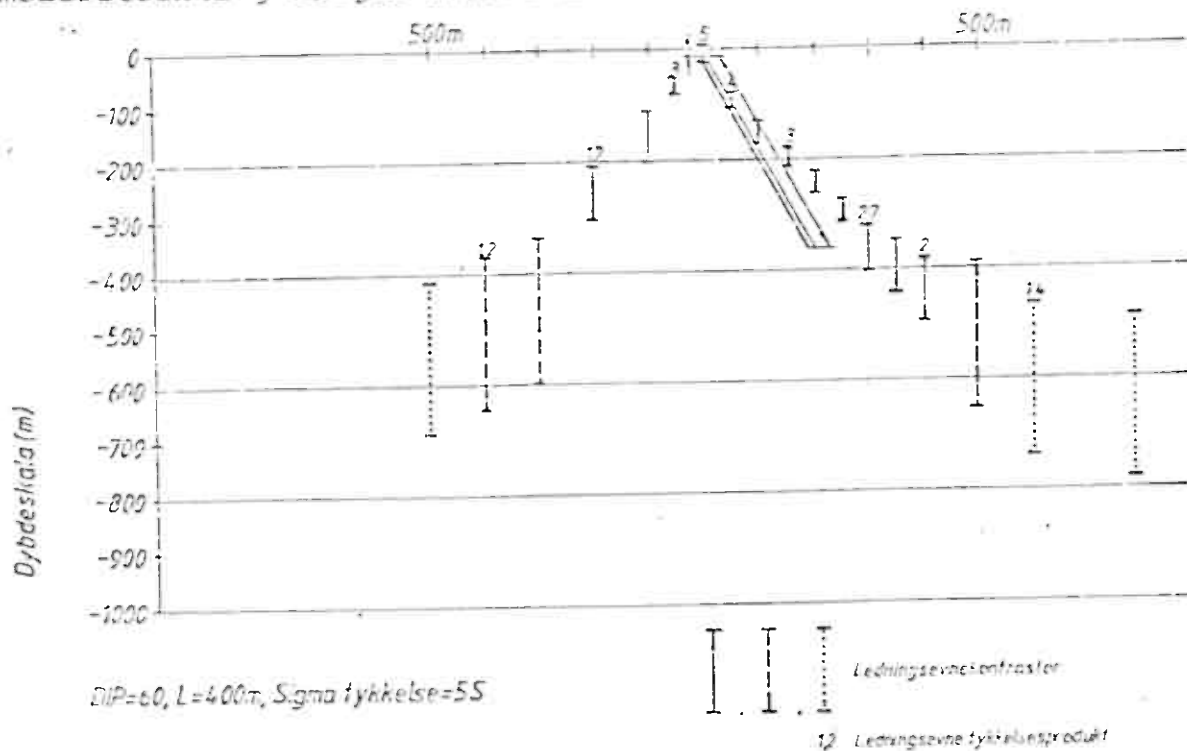
- 1) Ledningsevnekontraster (lederindikasjon) og dets tilhørende dyp.
- 2) Ledningsevnetykkelsesprodukt (S-verdi) kan fremtydes ut ifra S-linjene.
- 3) Ved å forutsette bestemte tykkelser på en leder kan den tilsynelatende motstand regnes ut for lederen.

Tydninger av A.M.T. resultater fra steiltstående objekter er relativt mer komplisert og tidkrevende. Motstandskurvene viser markert svakere kontraster sammenlignet med kurver fra mer flattliggende strukturer. Ved å tyde motstandskurvene ved bruk av nomogrammet har vi erfart følgende:

- 1) Ledningsevnekontrastene fra en steil leder danner et relativt symetrisk bilde på begge sider av lederen hvor kontrastene blir dypere ut fra lederens kanter.
- 2) Dypet ned til lederens øvre kant kan med bra nøyaktighet bestemmes av de grunneste ledningsevnekontraster.
- 3) S-verdien av de grunneste ledningsevnekontraster gir indikasjon på lederens ledningsevne. De dypere ledningsevnekontraster på siden av lederen viser avtagende S-verdier.

I samarbeide med Norges geologiske undersøkelse arbeides det med å fremstille dybdesonderingskurver for forskjellige steile objekter.

Et eksempel på dette arbeidet er vist nedenfor. Feltkurvene for et 2-dimensjonalt objekt er beregnet på datamaskin. Fra feltkurvene har man tegnet opp dybdesonderingskurver hvilket er tolket på nomogrammet. Resultatet av denne semi 2-dimensjonale modelltolkning følger nedenfor:



Det symmetriske bilde av ledningsevnekontrastene er i god overensstemmelse med vår praktiske erfaring.

Når man kommer så langt at tolkningen kan gjøres ved bruk av interaktive optimaliseringsprogrammer eller masterkurver for 2-dimensjonale objekter, regner man med at tolkningen blir noe sikrere for å tyde dybdestrekningen til steile objekter.

For å løse problemer for praktisk prospektering mener vi at de fleste tydninger kan gjøres gode nok med basis i vår erfaring og modifiserte 1-dimensjonale modell.

2. OM REPRODUSERBARHETEN

Det ble brukt noe tid til å teste reproduserbarheten fra tidligere A.M.T.undersøkelser.

Med henvisning til rapport datert 16.1.81 fikk man svake indikasjoner på malmstrukturens fortsettelse østover i profil 7, 8, 9 og 10. Resultatene i profil 8, 9 og 10 ble sjekket og reproduserbarheten var svært dårlig. Årsaken til dette kjedelige faktum antas å finnes i tellurstrømmenes natur som stadig skifter retning og forandrer amplitude. En annen årsak kan være sivil støy. Instrumentfeil er neppe årsaken, da instrumentet fungerte OK i Sulitjelma umiddelbart etter oppdraget i Mofjell. På basis av mer tolkningserfaring kan vi antyde at resultatene (rapport 16.1.81) kan være uttrykt noe optimistisk på et relativt tynt geofysisk grunnlag. De geofysiske tydninger sporet til en viss optimisme, fordi de passet bra med en sannsynlig geologisk tolkning.

Under undersøkelsene i 1981 ble reproduserbarheten testet to ganger pr.dag på en utvalgt målestasjon, samt at man brukte en halv dag på å få testet instrumentet på den kjente Joma-malmen. Reproduserbarheten i 1981 var god, og Joma-malmen lå der hvor den skulle ligge.

3. RESULTATER

3.1. Kommentar til Kruses notat til foreløpig A.M.T.rapport.

Geolog Kruse har kommentert den foreløpige A.M.T.rapport i et notat av 6.8.81.

Han må ha lest rapporten svært grundig og systematisk, hvilket vi synes er en god respons. Han har funnet at det er oppstått noen feil ved overføring av data fra måleprofilene til sammenstillingskartet. Dette er riktig, men det influerer ikke på de praktiske resultater.

Videre har han sammenstilt en del geofysiske data i et geologisk profil, hvilket indikerer at en del av anomaliene kan gjenspeile malmsonens bergarter og den sønnenforliggende sølvberggrubens bergarter.

Kruse var derimot ikke spesielt begeistret for våre forsøk med å tilpasse den danske strukturmodellen til de geofysiske resultater. Det må understrekes at geofysiske tolkninger kan bli misvisende hvis man ikke tar hensyn til kjent geologi og på basis av den prøver å tenke seg hvordan de geologiske strukturer med størst sannsynlighet kan utvikle seg mot dypet. Disse forhold må vurderes i forsøk på å fremskaffe riktigst mulige resultater selv om oppdragsgiver etterpå vil gjøre sine egne tydninger.



Et hovedpoeng er at både Kruse og Logn er enig i at anomali 1, 2 og 3 kan være verdt å undersøke videre. En slik oppfølging hadde vi som nevnt foreslått i den foreløpige rapport.

3.2. Presentasjonsform av resultatene.

I vedlagte tolkningsprofiler (fig.2-8) er elektriske ledere fremtydet. Foreliggende strukturmodeller er studert meget frem og tilbake, men de er denne gang ikke lagt inn på de forelagte tolkningsprofiler. Anomaliene er nummerert i overensstemmelse med den foreløpige rapport og resultatene er sammenstilt i fig.1.

3.3. Drøfting av resultatene.

Anomali 1 (se fig.1, 4, 5 og 6) er tolket som en steiltstående leder med fall mot nord. På grunnlag av for få tolkningsdata mot nord i profil 48800V og 49000V er det vanskelig å si om lederen er utgående i dagen eller ikke. Dette forhold bør undersøkes. I alle tilfeller er lederens øvre posisjon i relasjon til dagoverflaten grunn (0-300m). Dybdeutstrekningen er ca.600m under dagoverflaten.

Tykkelsesledningsevneproduktene indikerer en dårlig ledende elektrisk leder. Ledningsevnen er indikativt 50% av registrert ledningsevne på kjente malmstrukturer i foreringsorten og på strukturer noe øst for denne. (Se AMT-rapport datert 16. januar 1981, fig. 4 og 12)

De geofysiske anomalier kan relateres til markerstrukturen i danskenes strukturmodell under følgende forutsetning. Ombøyningssonen på markerhorisonten (grubens bergarter) parallellforskyves noe mot syd. I profil 48600V og 48800V er det snakk om en forskyvning på ca.100 m. I profil 49000V er overensstemmelsene noe større og det kan være mulig at indikasjonene i dette profil alternativt relateres til sølvberggrubens strukturer.

Anomali 2 kan tolkes å reflektere en leder med svakt fall mot syd. Vi er noe forbeholden med denne fallretning fordi de geofysiske resultater i profil 48400 er noe tvetydig, mens resultatene i profil 48100 er klarere (se fig.1, 2 og 3). Fallretning mot syd og lederens posisjon passer bra med Logns strukturelle tolkning av markerhorisonten. Markerhorisonten er i så tilfelle en anomal leder ca. 4-500 m under dagoverflaten. Ledningsevnen på strukturen kan jevnføres med lederen som anomali 1 antas å representere.

Anomali 3 er i motsetning til de allerede nevnte anomalier mindre utholden i strøkretingen. Den er tolket til å representere en leder med steilt fall mot nord (se fig.1 og 2). Lederens øvre posisjon er ca. 200m under dagoverflaten, og dyptgående er ca. 800 m under bakken. Ledningsevnen ligger nær opp til den man fremtydet for kjente malmstrukturer.

Den geofysiske leder er noe steilere enn hva som fremgår ved geologisk interpolering mellom danske strukturtolkningsprofiler. Ved å jenke til fallretningen i noen grad kan det antydes en mulig korrelasjon mellom geofysiske resultater og den nedre flanke på den danske markerstruktur.

Anomali 4 var i den foreløpige rapport trukket mellom profil 49200V og 49600V. En mer nyansert tolkning kan tyde på at den er begrenset til profil 49600V (se fig.1 og 8). Anomalien er tolket å representere en steiltstående leder med fall mot nord. På grunn av at profil 49600V er noe kort i nordlig retning, er det vanskelig å si om lederen har utgående eller ikke, men det geofysiske bilde er av en sådan karakter at det kan være sannsynlig at lederen har utgående like ved markerhorisonten.

Anomalien gjenspeiler i motsetning til de andre anomalier en meget god elektrisk leder. Så god elektrisk ledningsevne som lederen i anomali 4 kan representere, har vi registrert over massive pyritiske malmer, men geologisk formodes en slik forklaring å være lite relevant. Det kan være mer sannsynlig at den gjenspeiler en grafitt magnetkiskishorisont.

Det faktum at lederen også med en viss sannsynlighet kan relateres til markerhorisonten tilsier at anomalien bør undersøkes nærmere.

Anomali 5 gjenspeiler en leder beliggende 800-1000 m under dagoverflaten (se fig. 1 og 7). Ledningsevnen er dårlig. Den kan ikke relateres til potensielle malmstrukturer, og anomalien anses å være et mindre interessant prospekteringsobjekt.

Anomali 6 kan tolkes som en leder med svakt fall mot syd (se fig. 1 og 2). Lederens posisjon er 600-800m under dagen. Anomalien kan ikke uten videre relateres til kjente strukturer.

Anomali 7. I de fleste målestasjoner hvor det også er målt på lave frekvenser, fremkommer det dype resistivitetskontraster fra 800 m ned til ca. 2,3 km under dagoverflaten (se fig.1, 3, 5 og 6). Mønsteret på det geofysiske bilde indikerer at ledningsevnekontrastene avspeiler svært steile ledere som har svært god ledningsevne. Logn mener at disse tildels kan relateres til en overskyvningssone på nordsiden.

Det er vanskelig å indikere hvorhen lederne kan ha utgående, da undersøkelsesprofilene har begrenset lengde. Hvis man ønsker å undersøke dette forhold nærmere, anbefales undersøkelser ved nordkoordinatene fra 25800N til 26000N.



4. SAMMENDRAG - KONKLUSJON

En sammenstilling av anomalier som kan være verdt å følge opp er som følger:

	Minste avstand fra dagoverfla- ten	Ledningsevne i relasjon til- kjent malm- struktur	Tyding
Anomali 1	0-300 m	Noe dårligere	Potensiell malm- struktur, eller en utgående leder
Anomali 2	Ca. 500 m	Noe dårligere	Potensiell malm- struktur
Anomali 3	Ca. 200 m	Noe dårligere	Potensiell malm- struktur
Anomali 4	0 - 600 m	Mye bedre	Magnetkis, grafitt- skifer eller poten- siell malmstruktur.

Vi anser anomali 3 og 1 til å være de mest interessante anomalier. Muligheten for at disse anomalier og ledere kan relateres til anormale malmstrukturer er tilstede og bør undersøkes nærmere.

Anomali 4 er helt spesiell, da den i motsetning til de andre anomalier sannsynligvis kan relateres til en godt ledende struktur, som er bedre enn forventet ledningsevne på en malm av Mofjellet-typen. Men da denne anomali også med en viss sannsynlighet kan relateres til kjent markerstruktur, bør den undersøkes nærmere.

Supplerende VLF undersøkelser bør utføres mot syd for å sjekke om anomali 1 og 4 kan relateres til utgående eller svært grunne ledere.

Dersom man ikke finner grunne forklarende ledere bør konduktive turamundersøkelser utføres. Anomali 2 og 3 bør i utgangspunktet også sjekkes opp med slike turamundersøkelser.

Hvis man skulle bore på eksisterende A.M.T. resultater, ville man fokusere på anomali 3. Denne har geofysisk sett ledningsevne lik det som er registrert på kjente malmstrukturer, samt at vi strukturelt sett mener at lederen med noe tiljenking kan korreleres med en foldeombøyningssone av markerhorisonten.



A.M.T. resultatene er ikke så klare som anomalier man registrerer over godt ledende pyrittiske malmstrukturer. I utgangspunktet våger vi å påstå at metoden også kan være aktuell for prospektering etter så dårlige ledende og strukturelt kompliserte malmer som Mofjellet-malmen. Før vi kan ta standpunkt til ytterligere A.M.T.undersøkelser, bør vi bli kjent med eventuelle oppfølgingsresultater.



LISTE OVER FIGURER

Fig. 1 A.M.T. situasjonskart og tolkningskart

TOLKNINGSPROFILER

Fig. 2 48100W

Fig. 3 48400W

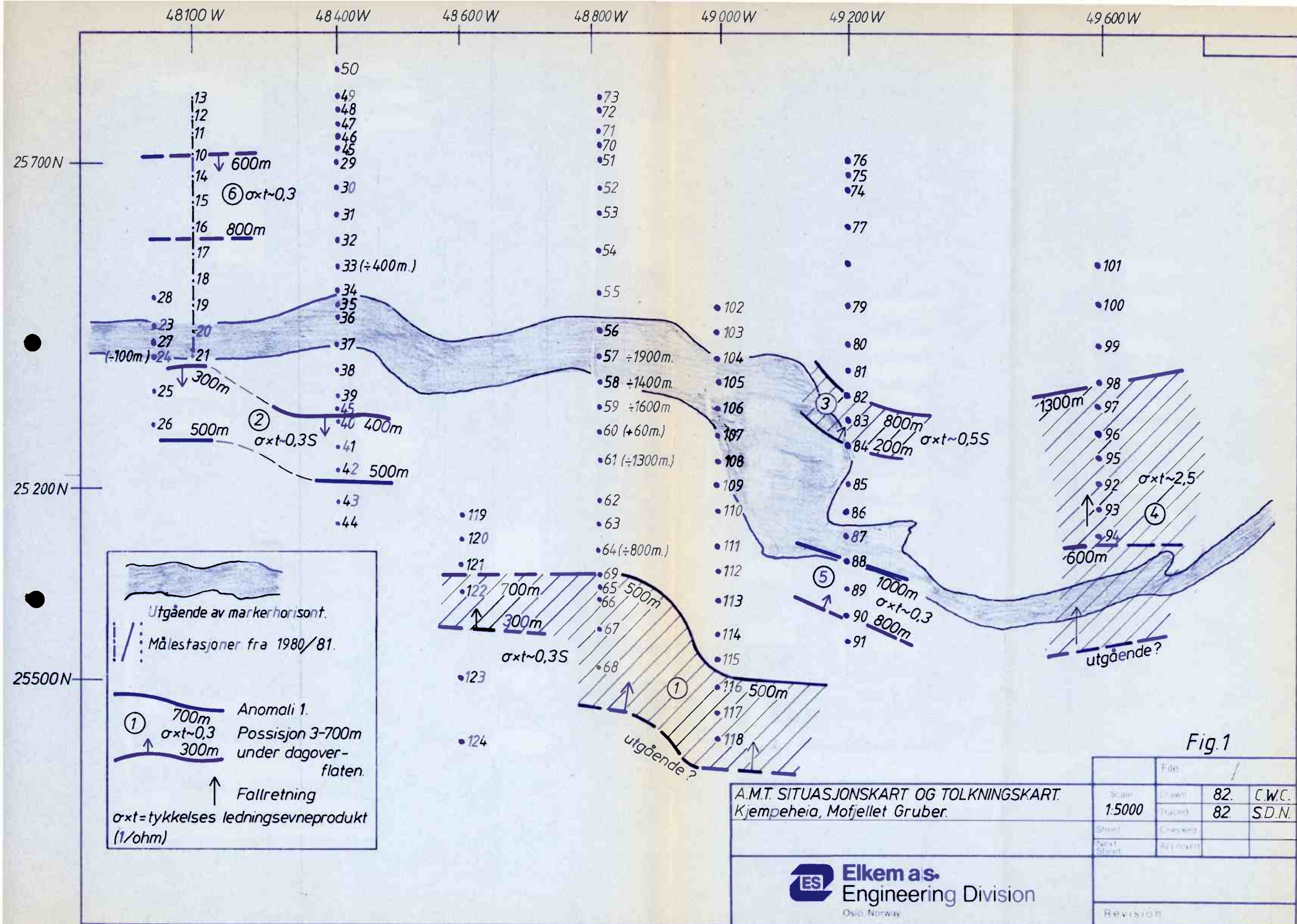
Fig. 4 48600W

Fig. 5 48800W

Fig. 6 49000W

Fig. 7 49200W

Fig. 8 49600W



S

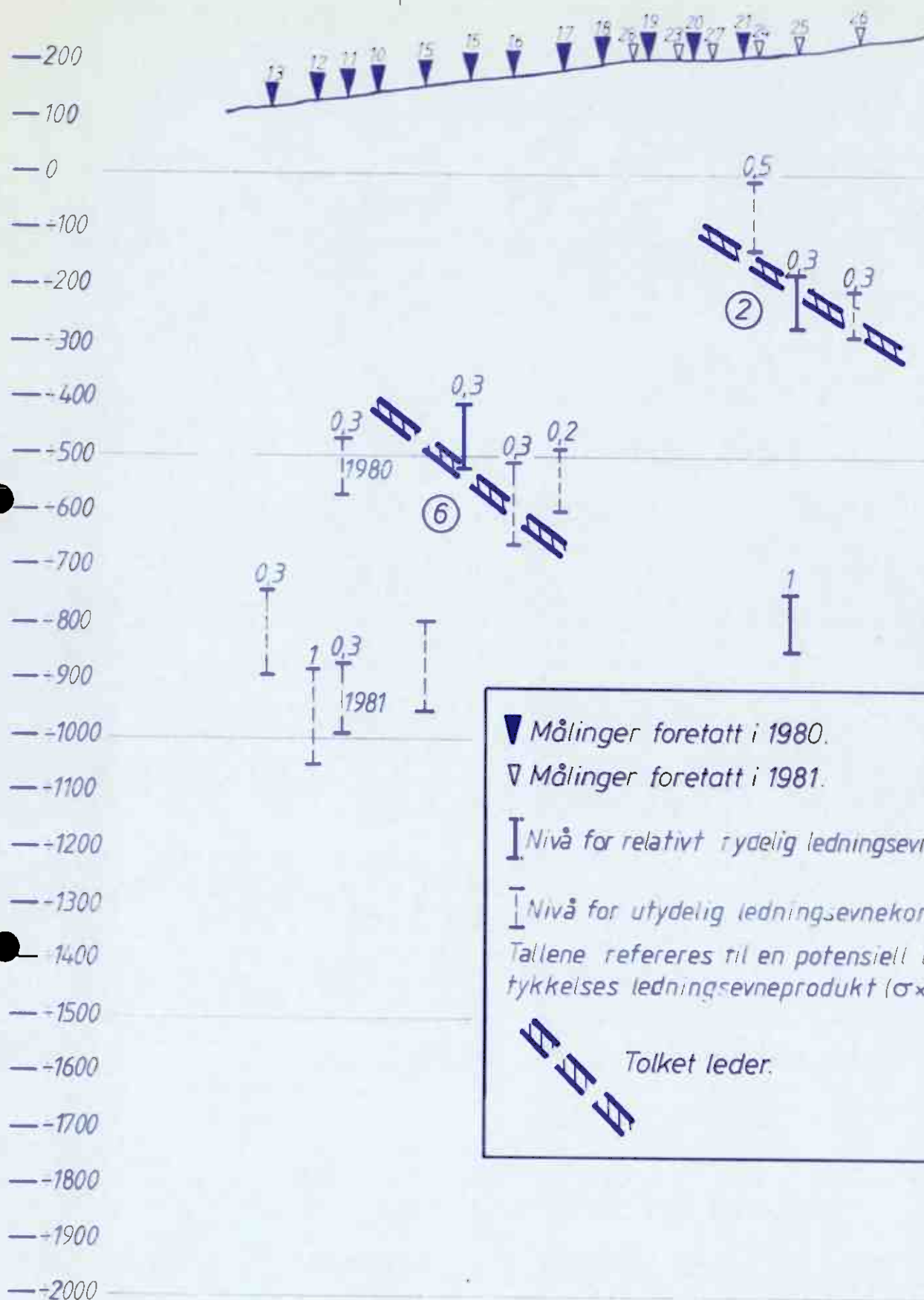
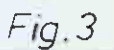


Fig.2



Tolket leder

N

S

25 200

—300
—200
—100
—0
—100
—200
—300
—400
—500
—600
—700
—800
—900
—1000

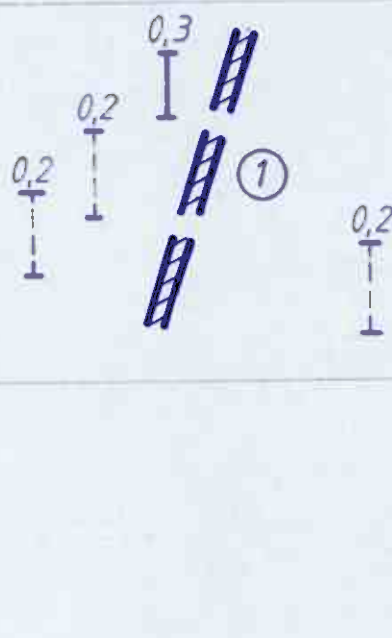


Fig.4

I Nivå for relativt tydelig ledningsevnekontrast.

I Nivå for utydelig ledningsevnekontrast.

Tallene refereres til en potensiell leders
tykkelses ledningsevneprodukt. ($\sigma \times t$)

Tolket leder



Elkem as
Engineering Division

Oslo, Norway

TOLKNINGSPROFIL 48600W

Rivisinn

N

25 200

S

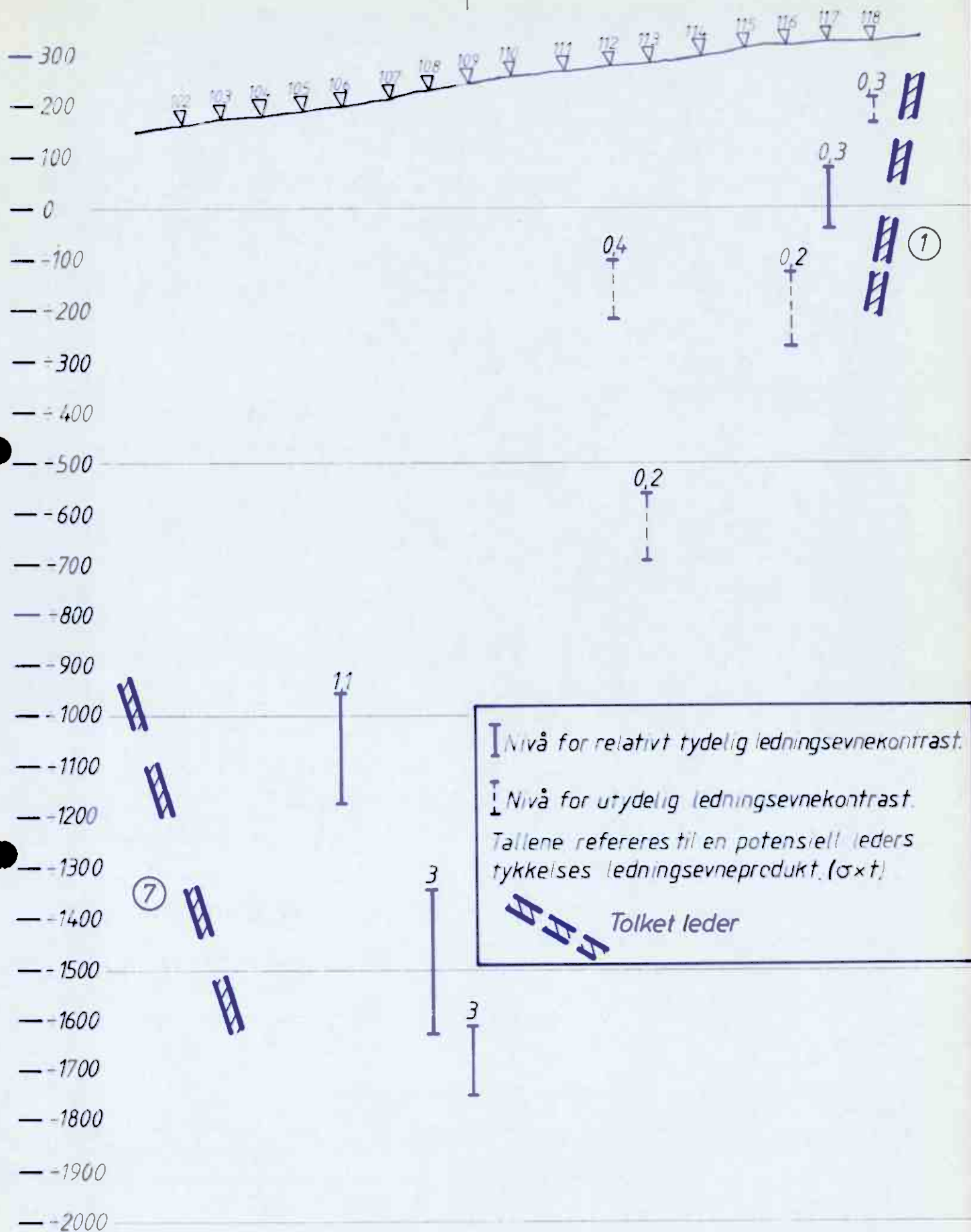


Fig. 6



Elkem as
Engineering Division

Oslo, Norway

TOLKNINGSPROFIL 49000 W

Revisjon

N

25700

25200

S

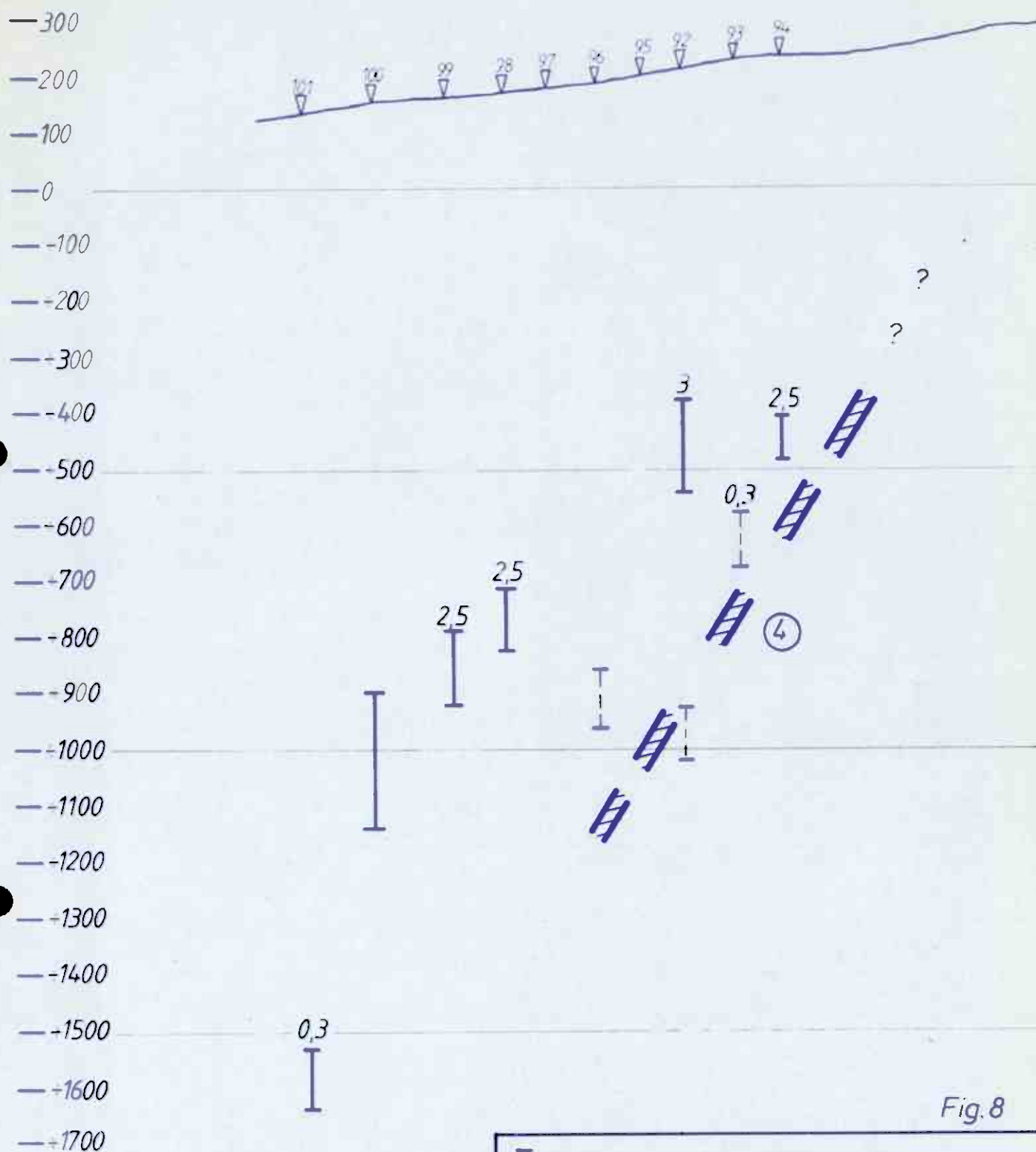


Fig. 8

I Nivå for relativt tydelig ledningsevnekontrast.

I Nivå for utydelig ledningsevnekontrast.

Tallene refererer til en potensiell leders trykkelser ledningsevneprodukt ($\sigma \times t$)

Tolket leder



Elkem as
Engineering Division

Oslo, Norway

TOLKNINGSPROFIL 49600W

Revisjon