



Bergvesenet

Postboks 3021, N-7441 Trondheim

Rapportarkivet

Bergvesenet rapport nr 5688	Intern Journal nr	Internt arkiv nr	Rapport lokalisering	Gradering
Kommer fra arkiv Elkem AS	Ekstern rapport nr	Oversendt fra Elkem AS	Fortrolig pga	Fortrolig fra dato:

Tittel

A.M.T. undersøkelser på Tverrfjellet for Folldal Verk AS

Forfatter

C.W.Carstens

Dato År

6.1. 1981

Bedrift (oppdragsgiver og/eller oppdragstaker)

Folldal Verk AS

Kommune

Dovre

Fylke

Oppland

Bergdistrikt

1: 50 000 kartblad

15193

1: 250 000 kartblad

Roros

Fagområde

Geologi

Dokument type

Forekomster (forekomst, gruvefelt, undersøkelsesfelt)

Tverrfjellet

Råstoffgruppe

Malm/metall

Råstofftype

Cu Zn

Sammendrag, innholdsfortegnelse eller innholdsbeskrivelse

Ett av hovedformålene med undersøkelsen var å følge opp A.M.T.-målingene fra 1979 på en ledestruktur øst for forkastningen. Samtidig ville en foreta noen kontrollmålinger på tidligere A.M.T. stasjoner. Hensikten med undersøkelsene var også å foreta strukturundersøkelser nord for malmsonen og i dens vestlige forlengelse.

A.M.T. UNDERSØKELSER PÅ TVERRFJELLET
FOR FOLLDAL VERK A/S

RESYMÉ

A.M.T. står for Audio Magneto Telluric, og med metoden registreres såkalte naturlige jordstrømmer. I felt måles den elektriske motstand på flere frekvenser og motstandsforholdene i berggrunnen kan kartlegges ned til store dyp.

Undersøkelsene ble foretatt i tidsrommet 10.-13.juni og i løpet av 27 felttimer ble det målt på tilsammen 53 stasjoner fordelt på 4 profiler.

Det viser seg at NSB's kjøreledning er en større forstyrrende faktor enn hva som ble antatt ved undersøkelsene i 1979.

Ett av formålene med undersøkelsene var å følge opp A.M.T. målinger fra 1979 på en lederstruktur øst for forkastningen. Samtidig ville en foreta noen kontrollmålinger på tidligere A.M.T. stasjoner. Hensikten med undersøkelsene var også å foreta strukturundersøkelser nord for malmsonen og i dens vestlige forlengelse.

Resultatet av kontrollmålingene er totalt sett mindre tilfredsstillende.

Til tross for mindre vellykkede kontrollmålinger, så viser nå resultatene fra 4 måleprofiler øst for forkastningen ganske systematiske om enn noe svake indikasjoner på en steiltstående lederstruktur. En mulig forklaring kan være gjenspeiling på dypet av en utgående sone bestående av magnetitt og kisstriper. Det kan dog ikke utelukkes at det er den forkastede malmsone man ser.

Målinger nord for malmsonen har gitt indikasjoner på en bølgeformet lederstruktur hvis avstand fra dagoverflaten varierer fra omlag 400 - 1400 m. Det synes å være mulig at denne struktur kan ha sammenheng med malmsonen i syd og grunne turamindikasjoner omlag 2 km nord for malmsonen.

Resultatet fra målinger ca. 1 km vest for malmsønen har gitt noen få svake indikasjoner på en leder ca. 1000 m under dagsoverflaten og en mulig leder på det akademiske dyp av 2-4 km. Spesielt disse resultater er usikre.

I hvor stor grad NSB's kjøreledning har influert på de praktiske resultater er imidlertid usikkert. Det nevnes at det er en viss mulighet for at dybdeangivelser til mulige ledere kan være for store.

Da de oppnådde A.M.T. resultater synes å ha gitt relativt systematiske indikasjoner på mulige geologiske strukturer i berggrunnen, tror vi at metoden har en misjon på Tverrfjellet.

Man tror at elektriske forstyrrelser fra NSB kan minskes noe ved å legge tidspunktet for eventuelle fremtidige målinger til tider som med god margin faller utenfor togtidene på Tverrfjellet.

Før oppdragsgiver har vurdert kritisk de oppnådde resultater i lys av geologiske strukturinformasjoner, finner vi det ikke riktig å ta standpunkt til et konkret oppfølgingsprogram.

Oslo, 6. januar 1981


C.W. Carstens



INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side
1. INNLEDNING	1
1.1. Formål	1
1.2. Målemetode og tolkning	1
2. GJENNOMFØRING AV MÅLINGENE	2
2.1. Måleopplegg	2
2.2. Problemer	2
3. RESULTATER	3
3.1. Repetisjonsmålinger	3
3.2. Ledende A.M.T.struktur øst for forkastningen	4
3.3. Strukturundersøkelser nord for malmsonen	6
3.4. Undersøkelser i den vestlige forlengelse av malmsonen	7
4. KONKLUSJON	8



1. INNLEDNING

Elkem a/s utførte i tidsrommet 10-13 juni 1980 Audio Magneto Telluriske (A.M.T.)målinger på Tverrfjellet. Målingene ble utført av C.W.Carstens med god assistanse fra oppdragsgivers geofysiker.

1.1. Formål

1. Sjekke og kontrollere noen A.M.T.-måleresultater fra 1979.
2. Følge opp A.M.T. lederindikasjonsstrukturen øst for Forkastningen.
3. Undersøke de strukturelle forhold nord for malmsonen.
4. Undersøke turam anomalier i den vestlige forlengelse av malmsonen.

1.2. Målemetode og tolkning

Med den Audio Magneto Telluriske metode måles såkalte naturlige jordstrømmer. I Felten registreres den tilsynelatende motstand på 9 frekvenser fra 8-3700 Hz. I dette frekvensspekter kan indikativ motstand i undergrunnen kartlegges fra områder nær dagoverflaten til store dyp.

Tolkningen er gjort manuelt ved å studere nomogrammer hvor registrerte motstandsverdier plottes inn. Indikative verdier for ledningsevne-produktet kan regnes ut for å få peiling på hvor god en eventuell elektrisk leder kan være.

Hvis man ønsker å fremskaffe en modell som angir elektrisk motstand i flere lag, gjøres tolkningene enklest på data-maskin. Det nevnes at NGU nylig har utarbeidet program for 1 dimensjonale modeller og de arbeider for tiden med utvikling av program for 2 dimensjonale modeller, som eventuelt ville passe bedre for tolkningen av steiltstående strukturer som man har på Tverrfjellet. Elkem tar sikte på å samarbeide med NGU på tolkningssiden i fremtiden.



2. GJENNOMFØRING AV MÅLINGENE

2.1. Måleopplegg

Måleopplegget er utført i overensstemmelse med oppdragsgivers ønske. I løpet av 27 felttimer er det utført målinger på tilsammen 53 stasjoner fordelt på 4 profiler. Resultatene er basert på målinger omtrent parallelt med strøkretningen. Dvs. at det elektriske feltet er registrert langs strøkretningen mens magnetfeltet er registrert på tvers av denne retning.

2.2. Problemer

Effekten i NSB's kjøreledning varierer mellom 600 og 5400 MW. Strømperioden er 16 Hz. Forstyrrelsene fra denne kjøreledning og tog er større enn hva det ble gitt uttrykk for i rapporten fra 1979-målingene.

Den lavfrekvente coilen sviktet den første dagen ved målingene i 1979. Nå har man et bra grunnlag for å si at den sviktet p.g.a. forstyrrelser fra NSB.

På de fleste stasjoner ble det forsøkt foretatt noen avlesninger på de lave frekvenser og resultatene fra motstands-målingene under 170 Hz bærer preg av betydelige forstyrrelser. Det ble ofte registrert høye elektriske felter som vil forårsake at de avleste motstandsverdier blir for høye ($P \approx E/H$). I spesielt vanskelige perioder kunne man intet annet gjøre enn å vente på at elektriske togsett som var i anmarsj hadde passert. Som togdetektor har man erfaringer på at metoden er ypperlig.

For ordens skyld vil man nevne at det er motstandsresultatene på de høyeste frekvenser (170 - 3700 Hz) som har praktisk betydning. et er vanskelig å si i hvilken grad de elektriske forstyrrelser har influert på disse resultatene. En må imidlertid være forberedt på noen forstyrrelser, og en vil spesielt nevne at de anslåtte dyp til mulige ledere kan være noe store.



En vil også gjøre oppmerksom på at lokale tordenvær forstyrrer målingen. Den siste måledagen var det mørke torden-skyer selv om man ikke registrerte utladninger. Under hele måleperioden var det imidlertid mye lokale tordenvær i den sydlige del av landet, og det er mulig at disse utladningene har påvirket måleresultatene.

3. RESULTATER

3.1. Repetisjonsmålinger

5 målestasjoner i profil 400Ø ble målt opp igjen i 1980 for å sjekke den generelle pålitelighet ved A.M.T.målinger.

Rådataene fra målinger i 1979 og 1980 er sammenstilt på 5 nomogrammer (se bilag 2 fig.2-6). Nomogrammene taler selv sitt tydelige språk - repeterbarheten er ikke god. Det gis en kort kommentar til hver av de 5 kontrollmålingene.

Fig. 2 Ingen ledningsevnekontraster. Forhøye elektriske felter forårsaket urimelig høye motstandsverdier på 370 og 170 Hz. Repeterbarheten på de 3 høyeste frekvenser er tilfredsstillende.

Fig. 3 Målinger med noen timers mellomrom i 1979. Ledningsevnekontrast på 5-600m. Repeterbarhet på målingene i 1979 er tilfredsstillende. Målinger 1980 er forstyrret (høye elektriske felter) og ingen ledningsevnekontraster ble registrert. Forstyrrelser må være årsaken til at det er elendig overensstemmelse mellom 1979 og 1980 målinger. Målingene i 1979 anses for å være de mest pålitelige.

Fig.4 Ledningsevnekontrast på ca. 1 km ved målinger i 1979. Ingen ledningsevnekontrast ved målinger i 1980. Elendig overensstemmelse.



Fig.5 Ledningsevnekontraster på 5-700 m i 1979.
Målinger i 1980 indikerer en noe dypere leder.,
Repeterbarheten er middels bra.

Fig.6 Utydelige ledningsevnekontraster på 1,3 km i 1979.
Målinger i 1980 indikerer ledningsevnekontraster på
ca. 1 km. Repeterbarheten er noe under middels bra.

Ved andre steder er også repeterbarheten undersøkt - og vi må innrømme bedre resultater. I Joma-feltet ble det hver dag i 5 dager foretatt kontrollmålinger på et punkt hvor de geologiske forhold var kjent. Hver måling viste tydelig indikasjon på kjent leder selv om dybdeindikasjonene varierte -15%/+20% til kjent leder 400 m under dagen. I Sulitjelma har man oppnådd lignende resultater ved kontrollmålinger med ca. 3 ukers mellomrom.

3.2 Ledende A.M.T. struktur øst for forkastningen.

I 3 profiler øst for forkastningen hadde man ved undersøkelser i 1979 indikasjoner på en steil ledende struktur (se bilag 1 fig.1). I 1980 ble undersøkelsene på denne struktur fulgt opp i profil 600Ø. Tolkningen som fremgår av fig.7 bilag 3 indikerer en steiltstående leder.

For å se resultatene i sammenheng med målinger fra 1979, er det tegnet sammenstillingskart (se fig.8 bilag 3). Det øverste er et plankart som viser målestasjonene og hvilke indikative ledningsevneprodukter lederstrukturen kan ha. Den nedre del av fig. viser lederstrukturen i vertikalplan gjennom måleprofilene. Resultatene viser at det er ganske systematiske indikasjoner på en steiltstående lederstruktur hvis ledningsevneprodukt varierer fra ca.0,2 - 1,2 l/ohm.

Det er geofysisk vanskelig å uttale seg om hvorvidt lederstrukturen kan skyldes et tykkere lag (dårlig ledende grafisk skifer) eller et tynnere, bedre ledende lag. Selv om det omlag 600 m lange borhull som ble boret i sommer ikke direkte er påsatt på A.M.T. indikasjoner, så vil man tro at



borhullsloggen, som man ikke kjenner, muligens kan bidra, til å forklare A.M.T.indikasjonene.

Dersom man forutsetter at indikasjonene gjenspeiler en leder med tykkelse 15 m (gjennomsnittsmektighet på kjent malm), er den indikative motstand på lederstrukturen i de 4 profilene regnet ut til å variere mellom 16 og 60 ohm (se fig.8 bilag 3). Holder man resultatene fra profil 100 Ø utenfor, blir gjennomsnittsmotstanden i strukturen omlag 20 ohm.

Kjent malm er mot øst kuttet av ved en forkastning.

Det synes som om lederstrukturens projeksjon med dagoverflaten er forskjøvet ca.150 m mot nord i relasjon til kjent malmdrag vest for forkastningen. Selskapets grubegeolog mener at malmen er forkastet nordover. Selv om den indikerte motstand i en eventuell malm er noe høy, kan man ut ifra geofysiske holdepunkter ikke utelukke at det er den forkastede malmsone man har indikasjoner på.

Det faktum at det er mere eller mindre sterke turamanomalier på utgående sone av magnetitt og kisstriper syd for lederstrukturen (se fig.1 bilag 1), fører en inn på en annen alternativ forklaring på A.M.T.indikasjonene. Det er mulig at den omtalte lederstruktur kan gjenspeile denne sonen på dypet i fallretningen. I denne sammenheng vil man nevne at resultatene fra A.M.T.stasjonene nærmere utgående er meget forstyrret av høye elektriske felter. Årsaken til forstyrrelsene kan være kanteffekter fra utgående mineraliserte sone.



3.3 Strukturundersøkelser nord for malmsønen

For å undersøke de strukturelle forhold nord for malmsønen ble profil 2200V målt. Resultatet er presentert i fig.9 bilag 4.

Motstandsprofilen gir kun et helt indikativt bilde av relative variasjoner i motstandsbildet i undergrunnen. Avhengig av motstandsforholdene i undergrunnen er man på frekvensene 170 - 3700 Hz i stand til å sondere ned til dyp av størrelsesorden 1-2 km under dagoverflaten. De tilsynelatende motstandsverdier viser at en 3-4 lag modell kan synes anvendelig i feltet. Hvis man vil søke å bygge om en lagmodell ut ifra de geofysiske data, gjøres dette lettest ved å gjøre tolkninger på datamaskin.

Våre tolkninger er gjort manuelt og i vedlagte tolkningsprofil har man angitt en delvis sammenhengende struktur som relativt sett er den bestledende. Den ledende strukturs avstand til dagoverflaten varierer i størrelsesorden 400 - 1400 m. Når man ser på tolkningsprofilen, må man være klar over at det er stor forskjell mellom vertikal- og horisontal-målestokk. På denne måte er lederstrukturen mer voldsom og steil enn hva man umiddelbart kan få inntrykk av ved å studere fig. 9 bilag 4.

På grunn av for lite målinger har man egentlig ikke grunnlag til å forbinde kjent malmsøne i syd og turamindikasjoner i nord med nevnte geofysisk ledende struktur. En sådan forbindelse er imidlertid antydning for å illustrere en mulig forbindelse.

De angitte ledningsevneprodukter indikerer at strukturen som leder å betrakte er variert og heller dårlig. Hvis man forutsetter at lederen er 15 m tykk, kan man regne ut en gjennomsnittsmotstand på et slikt lag til ca. 30 ohm/m. Hvis man skulle forsøke å antyde motstander i lagene over og under den ledende struktur (30 ohm m - 15 m tykk), er de indikative tall henholdsvis 7000 og 10.000 ohm m.



Selv om ytterligere minst ett parallelt profil burde vært målt, håper man at den fremkomne geofysiske struktur kan bidra til en forståelse av malmfeltet. Om den fremkomne geofysiske struktur kan være sannsynlig ut ifra geofysiske strukturobservasjoner, bør vurderes kritisk av oppdragsgivers geologer.

3.4 Undersøkelser i den vestlige forlengelse av malmsonen

Siste dagen ble viet undersøkelser i profil ^{3600V}~~2200V~~ ca.800 m vest for malmsonen. Se fig.10 bilag 4.

Det må påpekes at forholdene ved disse målinger var ugunstige. Man registrerte relativt mye forstyrrelser, hvilket kan skrive seg fra elektriske utladninger (tordenvær).

I fig.10 bilag 4 er det tegnet opp et motstandsprofil over resultatene. Det nevnes at resultatene fra stasjon 50 er spesielt meget forstyrret. Stasjon 50 er målt i forlengelsen av malmsonen på en svak turamanomali. En årsak til forstyrrelsene er kanteffekter med høye elektriske felter fra en "turamleder". Stasjon 53 er målt ca. 100 m øst for borhull 66 hvor det er påtruffet striper og impregnasjon av kis på ca. 100 m. Det nevnes A.M.T. resultatene som fra stasjon 53 ikke bærer for mye preg av forstyrrelser ikke korrelerer med denne mineralisering. Det synes som om man ser igjennom sonen.

Ledningsevnekontrastene er uskarpe.

Resultatene fra stasjon 48, 51 og 52 antyder spekulative (uhyre svake) ledningsevnekontraster ca. 1000 m under dagoverflaten, mens resultatene fra stasjon 49, 50 og 51 antyder noe mere tydelige kontraster i det akademiske dyp av 2-4 km.



4. KONKLUSJON

På grunn av NSB's kjøreledning er man klar over at enkelte stiller seg svært tvilende til nytteverdien av A.M.T. undersøkelser på Tverrfjellet. Det er et faktum at de fleste måleresultatene i det laveste frekvensspektrum 8-80 Hz er meget forstyrret.

Det er imidlertid motstandsverdiene i frekvensområdet 170-3700 Hz som har gitt de praktiske resultater. Det er vanskelig å uttale seg om i hvilken grad disse resultater er påvirket av forstyrrelser.

De oppnådde A.M.T.-resultater viser imidlertid ganske systematiske indikasjoner på mulige geologiske strukturer. På grunn av dette forhold og en vurdering av signalstøyforholdene på de høyeste frekvenser, tror vi metoden har sin berettigelse i malmletingssammenheng på Tverrfjellet.

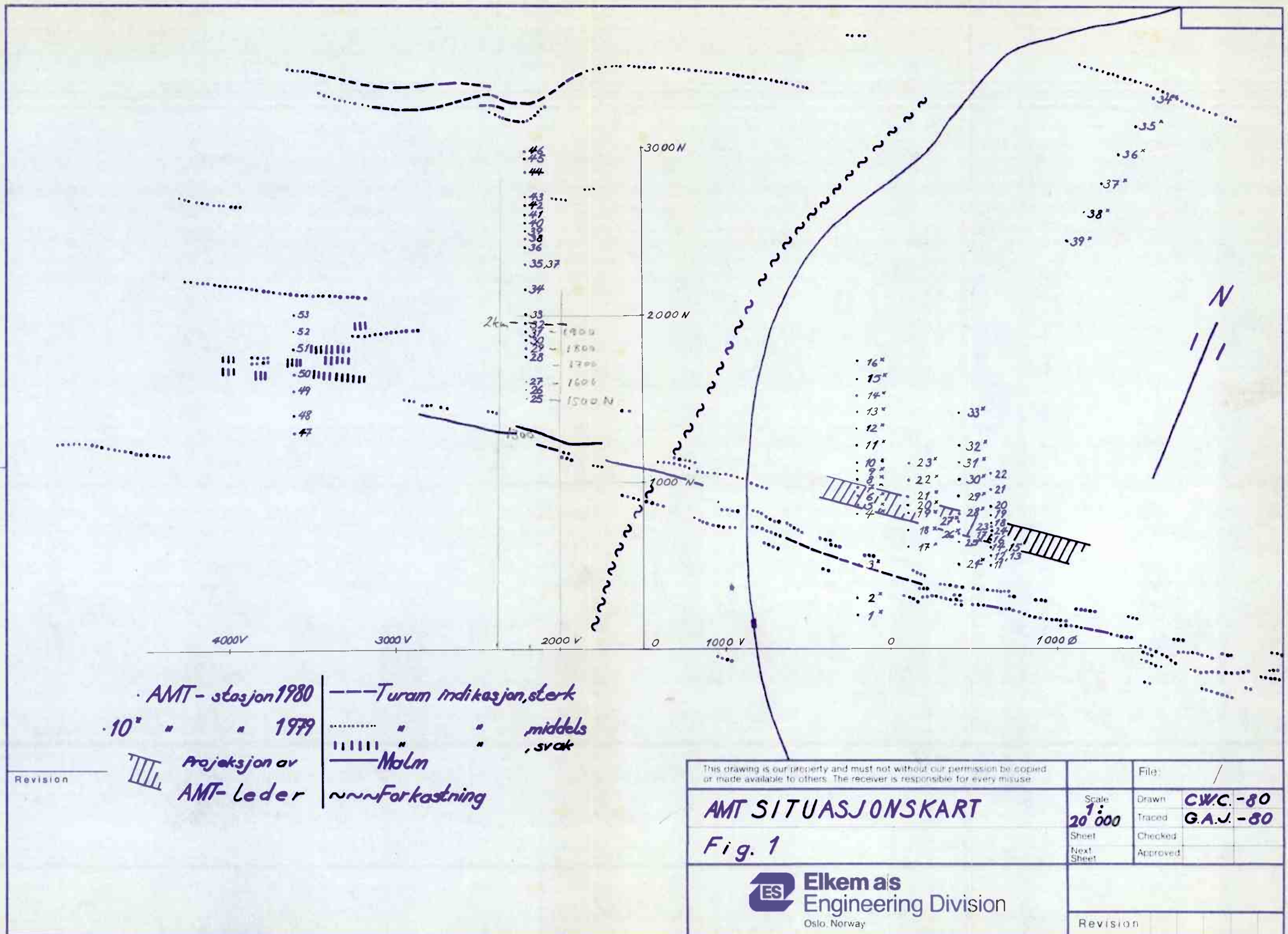
For eventuelle fremtidige målinger tror man at forstyrrelser fra NSB kan minskes noe ved å legge tidspunktet for målingene til tider som med god margin faller utenfor togtidene på Tverrfjellet. I utgangspunktet vil vi anbefale ytterligere A.M.T.undersøkelser.

Før oppdragsgiver har vurdert kritisk de oppnådde resultater i lys av geologiske strukturinformasjoner, finner vi det ikke riktig å ta standpunkt til et konkret oppfølgingsprogram.

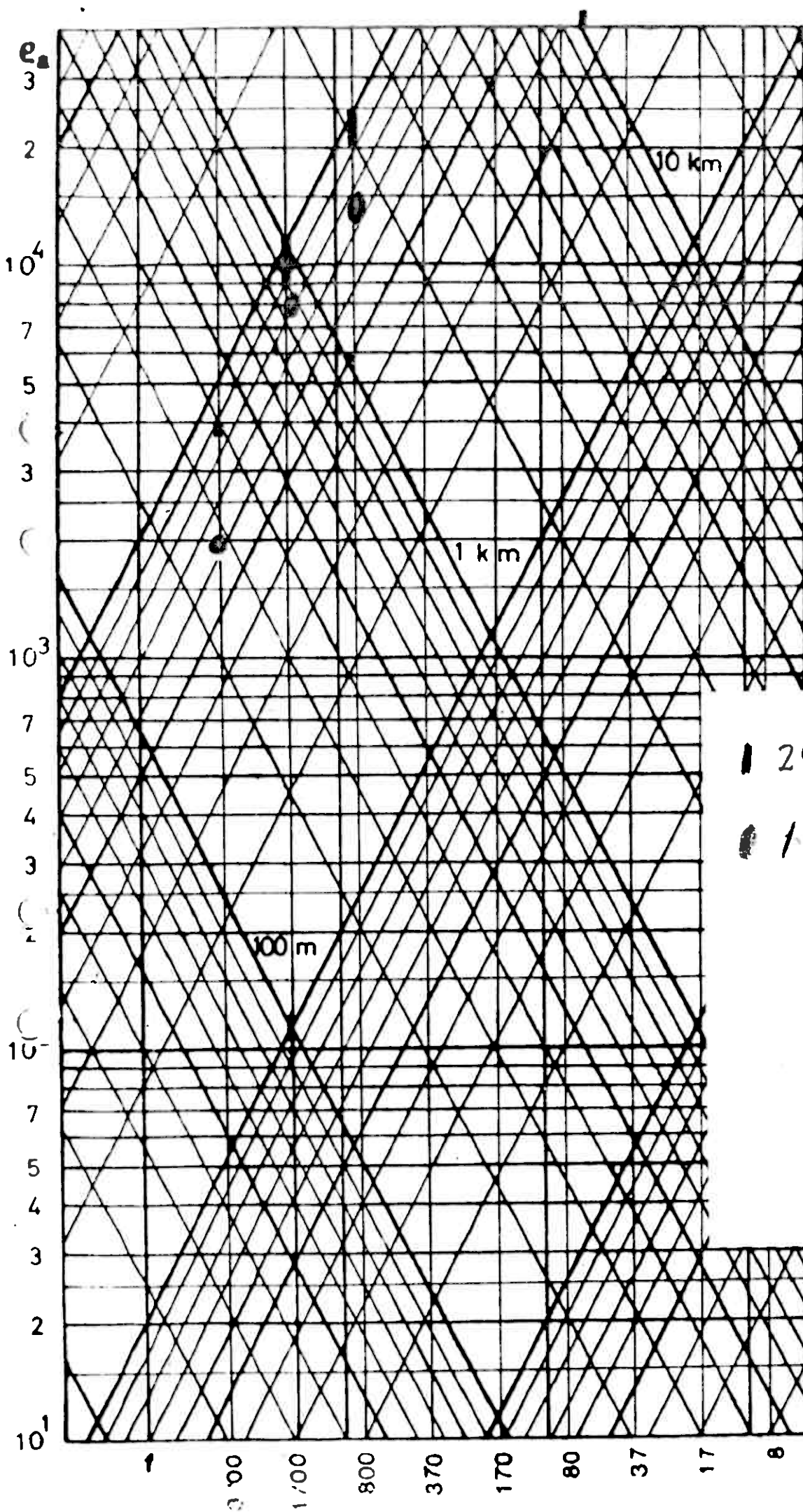
LISTE OVER FIGURER

Fig. 1 bilag 1	Situasjonskart
Fig. 2-6 bilag 2	Rådata for kontrollmålinger
Fig. 7 bilag 3	Tolkningsprofil 600 Ø
Fig. 8 bilag 3	Sammenstillingskart over resultatene øst for forkastningen
Fig. 9 bilag 4	Motstandsprofil og tolkningsprofil 2200V
Fig.10 bilag 4	Motstandsprofil 3600V.

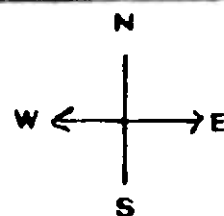
Bilag 1



Bilag 2



NO	24 1
DOMAIN	Tverrfjellet
DATE	1-10-79, 10-680
X	500 N
Y	400 Ø



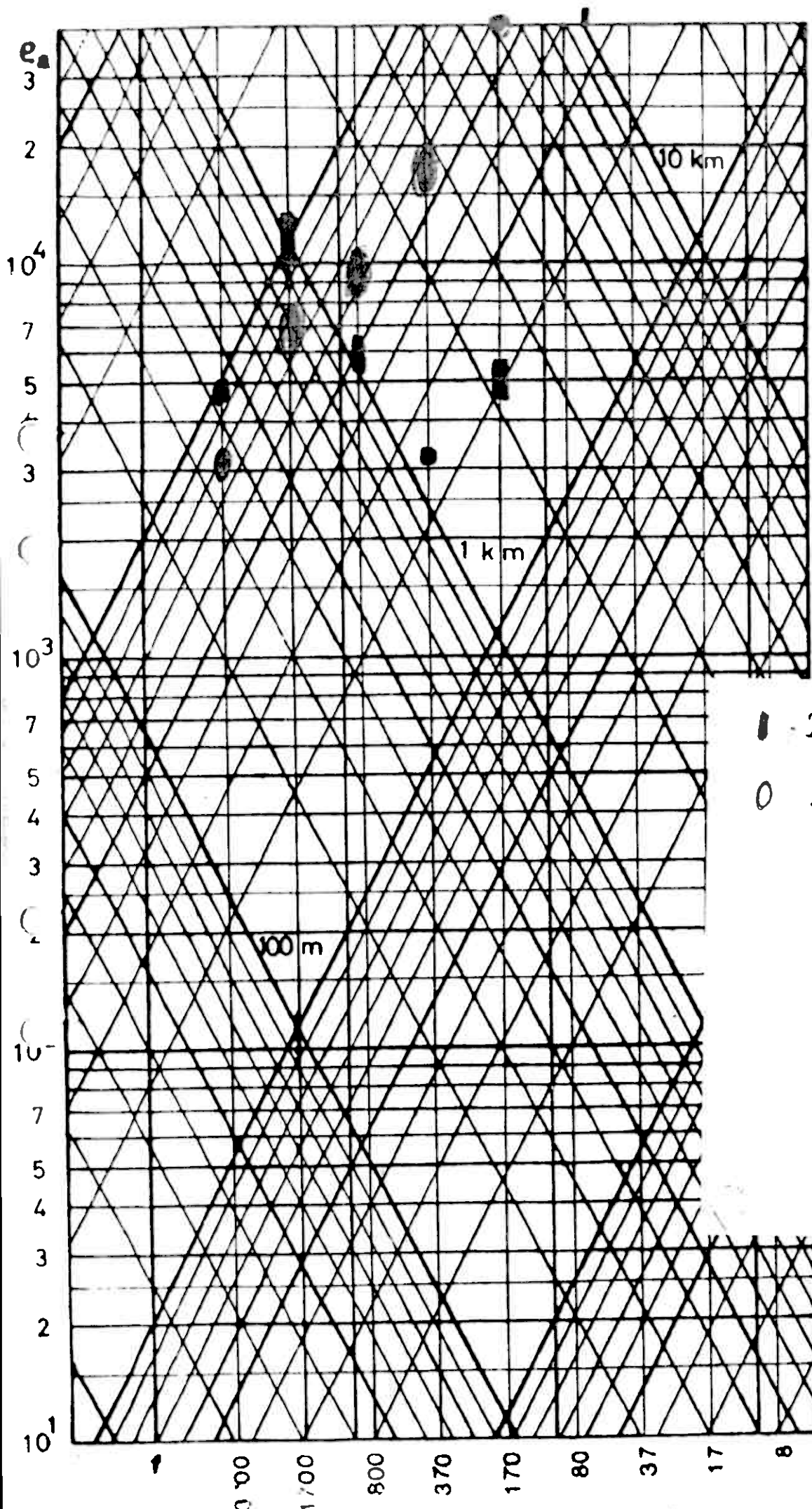
L	15.8m	R	
	p_{11}		$p_{\perp}$

24 Resultat 1979

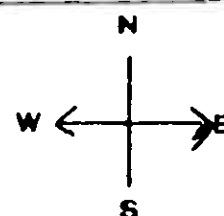
1 - 11 - 1980

Fig 2





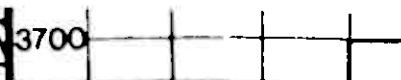
NO	27, 5
DOMAIN	Trerfjellet
DATE	4-10-79, 10-6-80
X	750 N
Y	4000

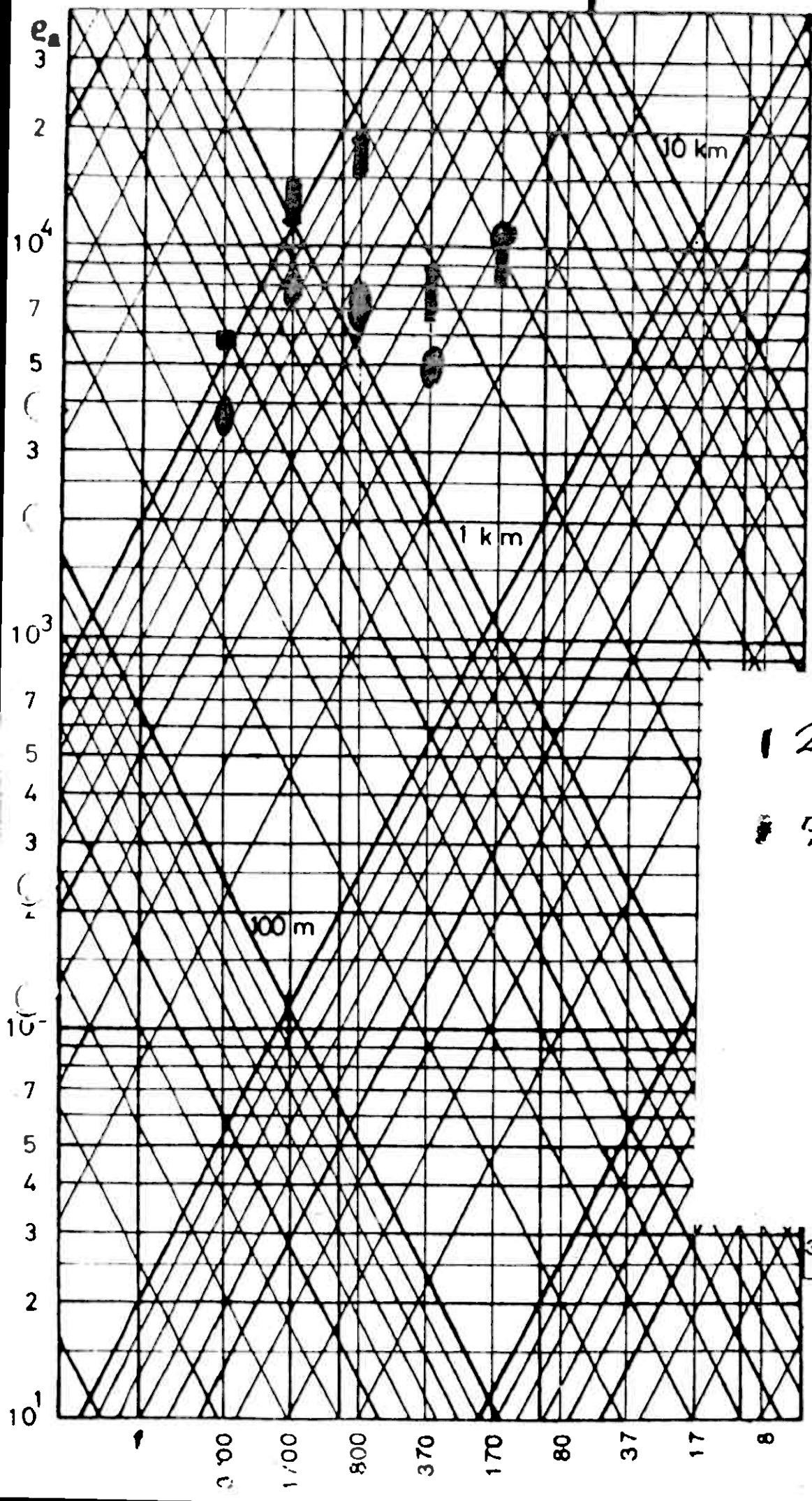


L 15,8m	R
(p ₁₁)	p _L

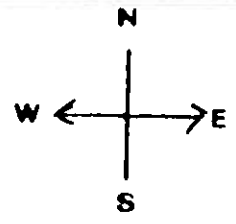
27 Resultat 1979
0 5 - 11 - 1980

fig 4





NO	29 7
DOMAIN	Tverrfjellet
DATE	4-10-79, 10-6-80
X	900 N
V	400 0



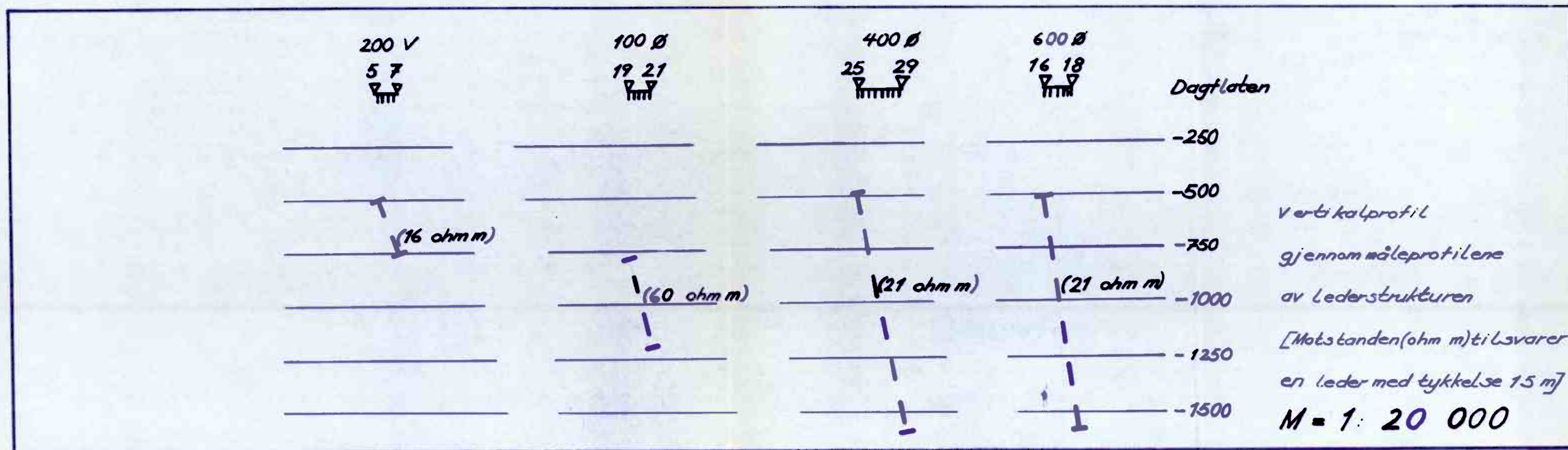
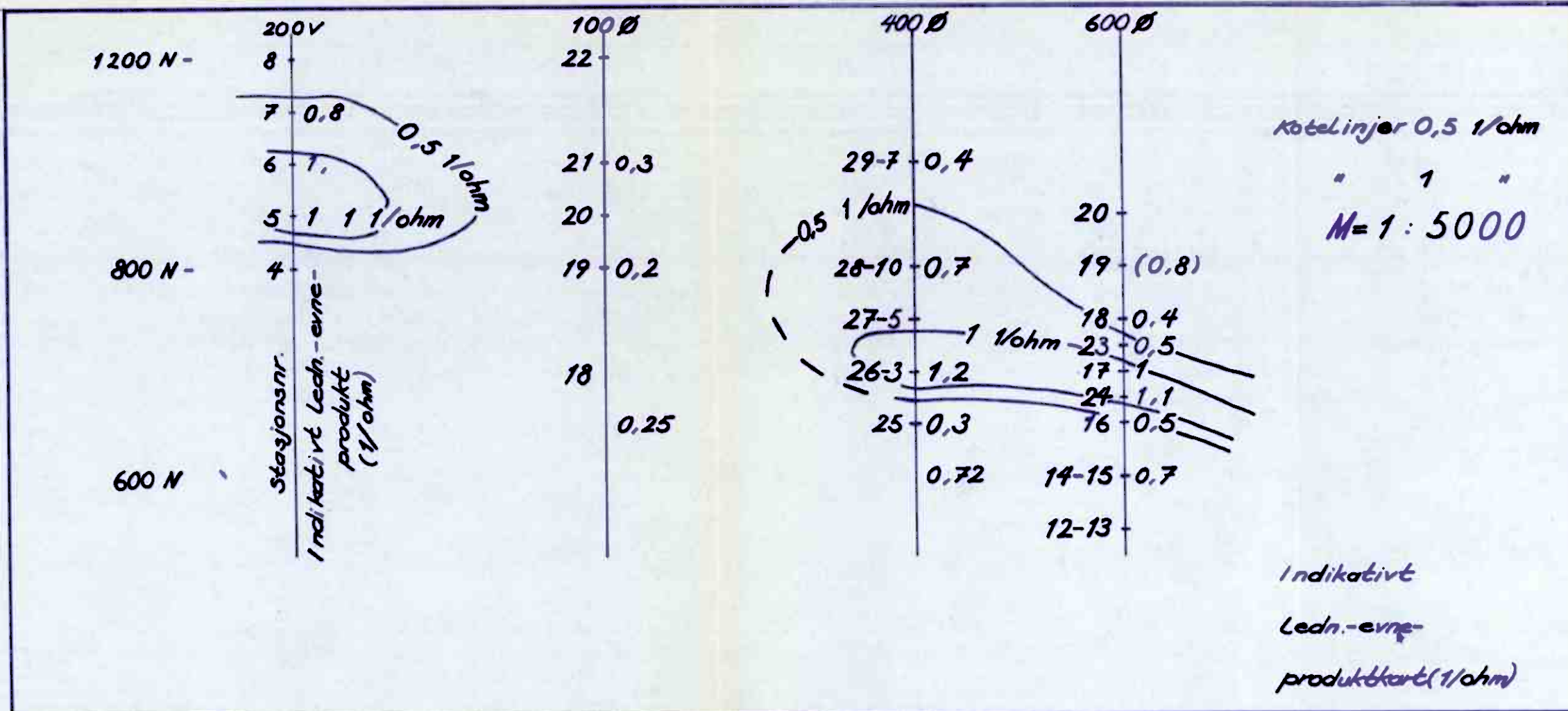
L	15.8m	R	
(e ₁₁)		e _L	

1 29 Resultat 1979
 7 - 11 - 1980

Fig 6



Bilag 3



Elkem as
Engineering Division
Oslo, Norway

Drawn **C.W.C. -81**
Traced **G.A.V. -81**
Checked
Approved

Scale
File

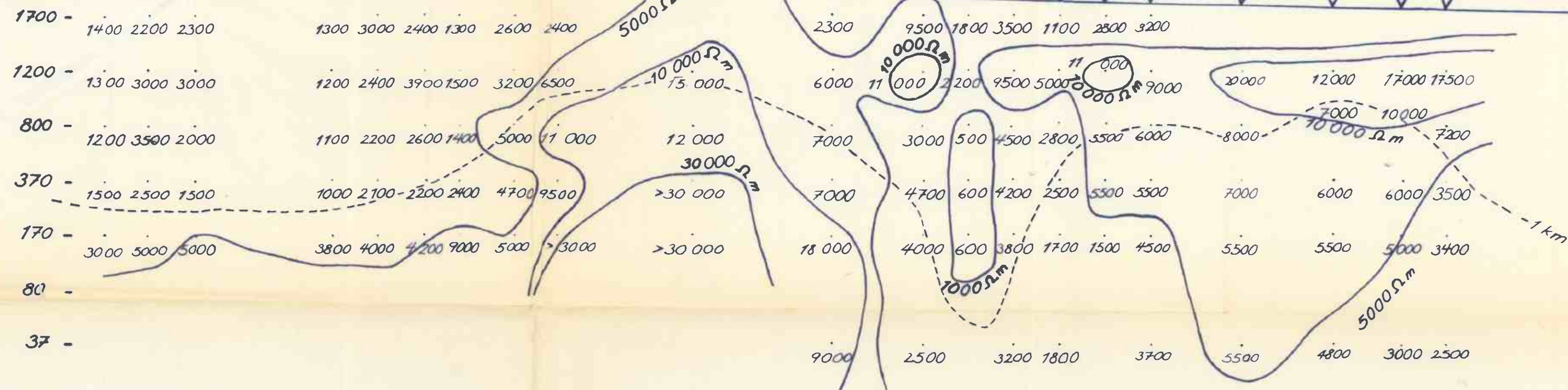
Sheet
Next sheet

Sammenstillingskart
Fig. 8

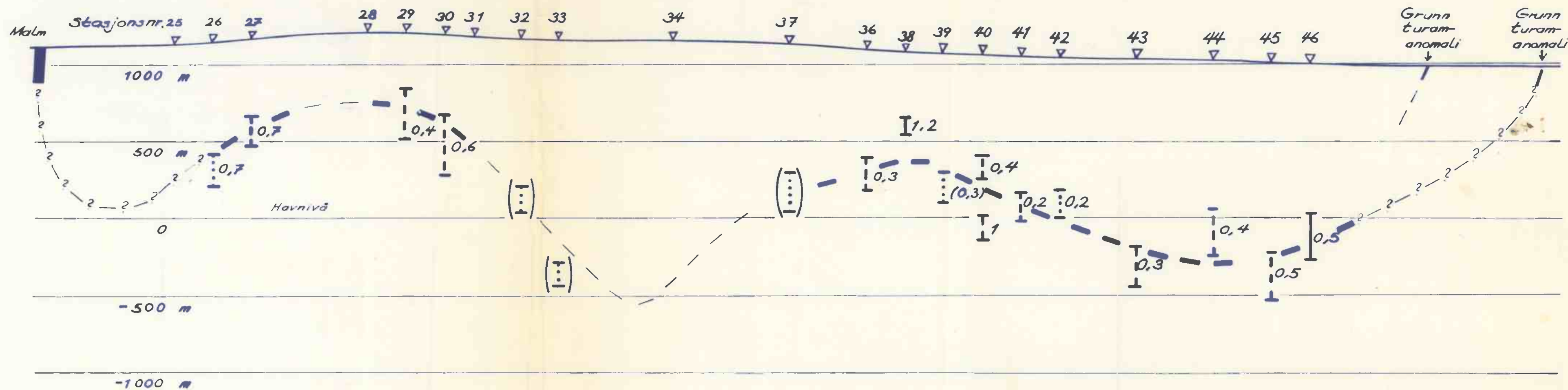
Revision

Frekvens
(Hz)

Motstandsprofil 2200 V



Tolkningsprofil 2200 V



Nivåangivelse av lederstruktur.

I Tydelig ledningsevnekontrast
 T Middels "
 - Utydelig "
 (:) Spekulativ "

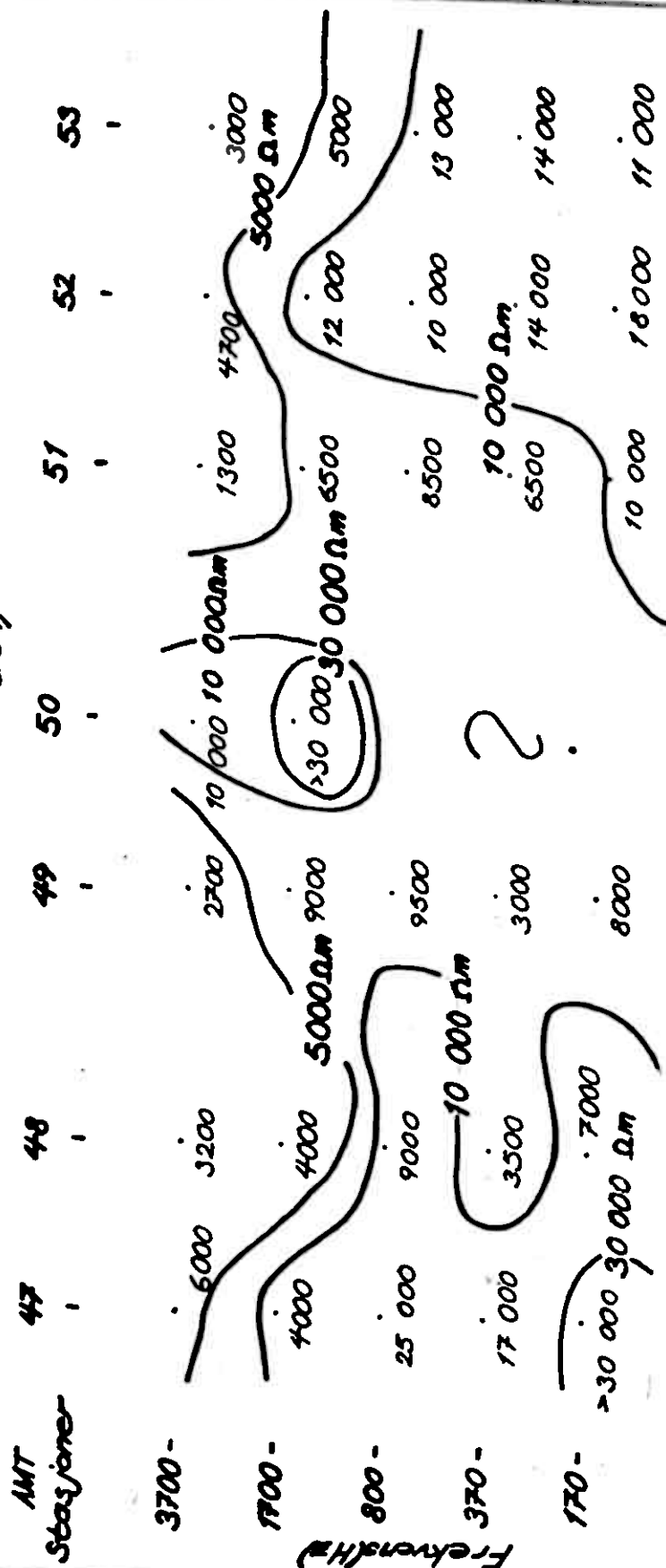
0,7 Indikativt ledningsevneprodukt

for lederen

--- AMT struktur

No req'd	Description	Item	Drawing or Standard	Material	Unit	Total
	except as stated		Weild according to:		Approx wt kg	
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						
Motstandsprofil/Tolkningsprofil 2200 V			Scale	Drawn	C.W.C. -81	
Fig. 9			Sheet	Traced	G.A.V. -81	
			of	Checked		
				Approved		
Elkem-Spigerverket as Engineering Division Oslo, Norway				Revision		

Notstandsprofil 3600 V (Pseudosektion)



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

Scale

Drawn

C.W.C. - 81

Traced

G.A.J. - 81

Sheet

Checked

Next Sheet

Approved



Elkem as
Engineering Division
Oslo, Norway

Notstandsprofil 2000 V
Fig. 10 3600 V

Revision