



Bergvesenet

Postboks 3021, N-7441 Trondheim

Rapportarkivet

Bergvesenet rapport nr	Intern Journal nr	Internt arkiv nr	Rapport lokalisering	Gradering
6882				

Kommer fra ..arkiv	Ekstern rapport nr	Oversendt fra	Fortrolig pga	Fortrolig fra dato:
Grong Gruber AS	NGU 2092	Grong Gruber a.s.		

Tittel

Geofysiske målinger ved Borvasselv skjerp, Røyrvik ,Nord-Trøndelag

Forfatter	Dato	År	Bedrift (Oppdragsgiver og/eller oppdragstaker)
Rønning, Jan Steinar	25.11	1983	Grong Gruber AS

Kommune	Fylke	Bergdistrikt	1: 50 000 kartblad	1: 250 000 kartblad
Røyrvik	Nord-Trøndelag		1924 4	Grong

Fagområde	Dokument type	Forekomster (forekomst, gruvefelt, undersøkelsesfelt)
Geofysikk		Borvasselv skjerp

Råstoffgruppe	Råstofftype
Malm/metall	Cu, Zn, Py

Sammendrag, innholdsfortegnelse eller innholdsbeskrivelse

Det er målt med Cp, IP, ledn.evne og SP. Det er også gjort lab. undersøkelser av led.evne, egenvekt og susceptibilitet. Modellberegninger fra AMT og gravimeter.
Utført for å kartlegge kissonens forløp i feltet etter et positivt borhull.
Ingen av de utførte målingene har kunnet gi ytterligere info., men CP antyder at det kan være to soner
AMT-metoden ikke anvedelig i feltet.
Det anbefales gravimetriske forsøksmålinger. Vider boring mot sør og sørøst anbefales.

NGU Rapport nr. 2092

Geofysiske målinger ved
BORVASSELV SKJERP
Røyrvik, Nord-Trøndelag

1983



Norges geologiske undersøkelse

Leiv Eiriksons vei 39 Postboks 3006
Tlf. (075) 15 860 7001 Trondheim

Postgironr. 5 16 82 32
Bankgironr. 0633.05.70014

Rapport nr. 2092	Åpen /Fortrolig ☒ inntil videre	
Tittel: Geofysiske målinger ved Borvasselv skjerp		
Oppdragsgiver: Grong Gruber A/S	Forfatter: Jan Steinar Rønning	
Forekomstens navn og koordinater: Borvasselv skjerp, UTM 388 905	Kommune: Røyrvik	
Fylke: Nord-Trøndelag	Kartbladnr. og -navn (1:50000): 1924 IV Røyrvik	
Utført: Feltarbeid: juni 1983 Rapport : november 1983	Sidetall: 26 Tekstbilag: 3 Kartbilag: 5	
Prosjektnummer og -navn: Prosjektleder: Jan Steinar Rønning		
Sammendrag: Rapporten meddeler resultater fra geofysiske målinger (CP, IP, σ , SP) på bakken og i borhull ved Borvasselv skjerp sommeren 1983. Videre meddeles resultater fra laboratoriemålinger av ledningsevne, egenvekt og susceptibilitet, samt resultater fra AMT- og gravimetriske modellberegninger. Hensikten med undersøkelsene var å prøve å kartlegge en kissones forløp i feltet. Undersøkelsene har mislyktes i sitt egentlige formål, men det har fremkommet detaljer som fremdeles gjør feltet økonomisk interessant. Det anbefales derfor ytterligere diamantboringer og geofysiske/geologiske undersøkelser.		
Nøkkelord	Geofysikk	
	Petrofysikk	
	Kis-malm	

Ved referanse til rapporten oppgis forfatter, tittel og rapportnr.

INNHold

	<u>Side</u>
1. INNLEDNING	5
2. ANDRE UNDERSØKELSER	5
3. LABORATORIEMÅLINGER	6
3.1. Metode	6
3.2. Utførelse	8
3.3. Resultater	8
3.4. Tolkning og diskusjon	10
4. FELTMÅLINGER	12
4.1. Metoder	12
4.2. Utførelse	13
4.3. Resultater	15
4.4. Tolkning og diskusjon	15
5. TEORETISKE BEREGNINGER	22
5.1. AMT-sonderingskurver	22
5.2. Gravimetrisk modellberegninger	23
6. KONKLUSJONER	25
7. REFERANSER	26

TEKSTBILAG

- Bilag 1: Resultater fra laboratoriemålinger.
" 2: Beregnede AMT-sonderingskurver.
" 3: Gravimetrisk modellberegninger.

KARTBILAG

2092-01 Oversiktskart

-02 CP konturkart m/VLF-indikasjoner

-03 CP-borhullsmålinger

-04 IP-, σ - og SP-bakkemålinger

-05 σ - og SP-borhullsmålinger

1. INNLEDNING

På oppdrag fra Grong Gruber A/S utførte NGU i perioden 20.-29. juni og 04.-05. juli geofysiske målinger ved Borvasselv skjerp, Røyrvik kommune i Nord-Trøndelag. Fra NGU deltok geofysiker Jan Steinar Rønning og tekniker Jomar Gellein. Oppdragsgiver stilte to, delvis tre assistenter til disposisjon.

Det er tidligere utført en rekke geofysiske målinger i dette feltet, men de geologiske forhold er så kompliserte at det er blitt frarådet ytterligere bruk av geofysikk. Sommeren 1982 ble det ved diamantboring funnet kis med interessant mektighet og gehalt, og man var villig til å forsøke nye målinger for om mulig å kunne kartlegge denne kissonens forløp i feltet. For å kartlegge ledningsevne i de enkelte bergarter ble det forut for feltmålingene målt ledningsevne på prøver fra diamantborhull.

2. ANDRE UNDERSØKELSER

Nedenfor følger en liste over andre geofysiske undersøkelser ved Borvasselv skjerp:

- Georekognosering (SP-målinger, magnetiske målinger og jordprøvetaking) (Logn 1970).
- Magnetiske- og elektromagnetiske helikoptermålinger (Håbrekke 1972).
- CP-bakkemålinger (Kihle 1975).
- Turammålinger (Singsaas 1980).
- AMT-målinger (Carstens 1983).

I tillegg til dette er det i flere perioder foretatt VLF-målinger i feltet (Styringsgruppen for prospektering i Grongfeltet, Ø. Pettersen 1974, Grong Gruber A/S v/A. Haugen 1978, -79 og -83) samt noe magnetisk totalfelt (Grong Gruber A/S v/A. Haugen 1983).

I skrivende stund er det av Grong Gruber A/S diamantboret i alt 18 hull som fordeler seg med 3 i 1978, 8 i 1979, 3 i 1982 og 4 i 1983. Hullene er nummerert i rekkefølge fra 1 til 18 og er plottet inn på tegning 2092-02.

Borvasselv skjerp er beskrevet i oversikt over Grongfeltets skjerp og malmforekomster (Ofstedahl 1958). Geologisk kartlegging i feltet er foretatt av S. Foslie (1922-23) og av S. Kollung (Kollung 1979). Sommeren 1983 ble det startet et geologisk doktorarbeide i feltet (Horbach 1983).

3. LABORATORIEMÅLINGER

På utvalgte prøver fra feltet ble det i laboratorie målt ledningsevne, egenvekt og susceptibilitet. Her er ledningsevne-målingene de mest kompliserte, og disse blir utførlig beskrevet nedenfor.

3.1. Metode

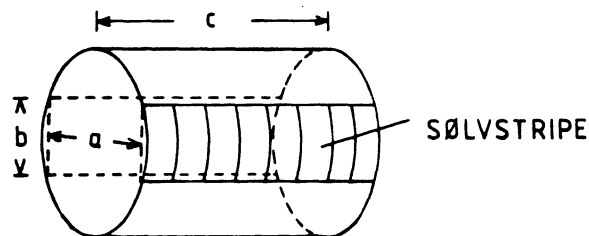
Tidligere undersøkelser i feltet har påvist grafittsoner i nær tilknytning til kisen ved Borvasselv skjerp (Kihle 1975, Borhulls-dialog Grong Gruber A/S). For å undersøke om det eksisterer noen ledningsevnekontrast mellom kisen og disse grafittsonene ble det ved NGU målt ledningsevne på utvalgte prøver fra DBH 13 og 14 (se tegning 2092-02). I lagdelte bergarter er ledningsevne langs og på tvers av lagningen ofte forskjellig, og det mest interessante størrelsen i denne sammenhengen er ledningsevne langs lagningen.

Prinsippet for bestemmelse av prøvens ledningsevne er beskrevet bl.a. i kompendium i "Elektriske metoder" (Lile & Kaspersen 1979). Her framgår det at foruten bestemmelse av den ohmske motstanden

gjennom en prøve må en kjenne til en geometrisk faktor. Dette forutsetter at prøvene har en regulær form (sylinder, terning e.l.).

En annen forutsetning for å kunne få et korrekt bilde av en prøves ledningsevne er at strømgjennomgangen i prøven er homogen, dvs. strømtetthet og strømretning må være konstant gjennom hele prøven. For prøver med spesielt høy ledningsevne kan det være problematisk å få tilstrekkelig god elektrisk kontakt mellom måleapparat og prøve. En må derfor prøve å minimalisere denne overgangsmotstanden.

For å unngå de problem som her er nevnt, ble borkjerneprøvene fra Borvasselv saget i like lange sylindre. Diamentralt på sylinderflaten ble det malt to ca. 17 mm brede striper med sølvmaling (se figur 1).



Figur 1: Skisse av kjerneprøver preparert for ledningsevнемåling.

Denne sølvmalingen har meget god ledningsevne, og vil redusere overgangsmotstanden mellom måleapparat og prøve. Videre vil den virke som en strømfordeler og gi en nær homogen strømgjennomgang i prøven. Den geometriske faktor som trengs for beregning av ledningsevnen bestemmes av størrelsene a , b og c (se figur 1). Borkjernene av massive sulfider var på forhånd splittet, slik at disse fikk etter preparering form som en halv sylinder. For at disse prøvene skulle bli mest mulig lik de andre ble, bredden av sølvstripen halvert.

3.2. Utførelse

Etter prepareringen av prøvene ble de lagt i vann, og ledningsevnen ble målt etter 1,2,3,6,8,10,13 og 15 døgn i vann. Selve målingene ble utført med ESI Impedancemeter 251 (Electro Scientific Industries, Portland, Oregon, USA) og med ABEM TERRAMETER SAS (Atlas Copco ABEM AB, Bromma, Sverige). Målingene med Impedance meteret ble gjort ved å la metallkontakter gli langs sølvstripene, og avlese minimal motstand. Ved Terrametermålingene ble prøvene plassert sentralt i en fjær-belastet holder. Motstanden ble her registrert som middelveirdien av fire målinger. Ved hjelp av denne målte motstand og prøvenes geometriske faktor ble ledningsevnen beregnet.

3.3. Resultater

Prøvene det ble foretatt ledningsevнемålinger på kan etter mineraliseringstype deles i fem grupper; ikke mineralisert, svak po-mineralisering, striper av po, bånd av grafitt og po og massiv sulfidmineralisering. Utviklingen i ledningsevnen (middelveirdien for de enkelte gruppene) over tid er vist i bilag 1 side 1. Her framgår også forskjellen mellom de to måle metodene ESI Impedancemeter 251 og ABEM Terrameter.

Måle verdiene for de enkelte prøvene målt med ESI Impedancemeter etter to døgn i vann er vist i bilag 1 side 2. Tabellen nedenfor angir middelveirdi og standardavvik på denne for de enkelte gruppene.

Prøvegruppe	Antall prøver	Ledningsevne (S/m)
Ikke mineralisert	7	$(3,6 \pm 0,3) \cdot 10^{-3}$
Svak po-impregnasjon	2	$(4,0 \pm 3,5) \cdot 10^{-2}$
Striper av po	8	$(1,2 \pm 0,6) \cdot 10^2$
Bånd av grafitt-po	1	2,2 $\cdot 10^2$
Massiv sulfid-mineralisering	5	$(5,5 \pm 1,4) \cdot 10^2$

Bilag 1 side 2 viser også resultater fra egenvekts- og susceptibilitetsmålinger på de samme prøvene. Egenvekt ble bestemt ved veiing i luft og i vann. Susceptibilitet ble bestemt ved å måle egenfrekvensen i en svingekrets hvor en spole inngår. Ved å plassere prøver med varierende susceptibilitet inne i spolen vil dennes induktans endres, og dette påvirker egenfrekvensen i svingekretsen. Susceptibiliteten (χ) kan beregnes ut fra formelen

$$\chi = k \frac{(T_1 - T_0)}{V} \sqrt{\frac{T_1}{T_0}}$$

der k er en konstant avhengig av spolens utforming, V er prøvens volum, T_1 er den inverse egenfrekvensen (periodetiden) med prøve i spolen og T_0 er tilsvarende uten prøve. Middeler verdien for de enkelte gruppene og standardavvik på denne er gitt i tabellen nedenfor.

Prøvegruppe	Antall prøver	Egenvekt (g/cm ³)	Susceptibilitet (SI-enhet)
Ikke mineralisert	7	2,86 $\pm$ 0,03	$(1,45 \pm 0,33) \cdot 10^{-3}$
Svak po-impregnasjon	2	2,79 $\pm$ 0,01	$(1,16 \pm 0,47) \cdot 10^{-3}$
Striper av po	8	2,93 $\pm$ 0,05	$(2,83 \pm 0,60) \cdot 10^{-3}$
Bånd av grafitt-po	1	2,99	6,07 $\cdot 10^{-3}$
Massiv sulfid-mineralisering	5	4,15 $\pm$ 0,15	$(4,67 \pm 1,03) \cdot 10^{-3}$

3.4. Diskusjon

Plotting av gjennomsnittlig ledningsevne som funksjon av antall døgn i vann (bilag 1 side 1) viser at ledningsevnen er høyest etter 2 døgn. Dette gjelder spesielt gruppene ikke mineralisert, svak po-mineralisering og striper av po. Denne effekt forklares ved at etter to døgn er prøvene mettet med vann, og ledningsevnen som er avhengig av porevanninnhold og ionekonsentrasjon i denne, er størst. Ved lengre oppbevaring i vann vil ionene begynne å diffundere ut av prøvene, og ledningsevnen avtar. For massive sulfidprøver som hovedsakelig leder strømmen elektronisk, er denne effekten sterkt redusert. Gruppen bånd av grafitt og po består kun av en prøve, og verdiene for denne varierer noe på grunn av dårlig statistikk.

Sammenligning mellom gjennomsnittlig ledningsevne målt med ESI Impedancemeter 251 og ABEM Terrameter viser at de sistnevnte verdiene ligger jevnt over lavere enn de første. Dette avvik kan skyldes forskjeller i måleinstrumentene, men også metodiske avvik. ESI -apparaturen benytter vekselstrøm med frekvens 1000 Hz, mens ABEM-målingene er utført med et strømforløp som tilsvarer 0,4 Hz. Ved sistnevnte metode kan IP-effekter gjøre seg gjeldende og dette resulterer i en lavere ledningsevne. Ved ESI-målingene fant en fram til minimal motstand over prøven. Dette viser først og fremst at prøvenes ledningsevne ikke er homogen, men også at sølvstripene på prøvenes sider ikke har tilstrekkelig god ledningsevne til å fordele strømmen. Den målte motstand blir derved avhengig av kontaktpunktets plassering i forhold til godt ledende partier i prøven. I motsetning til ESI-målingene ble kontaktpunktet ved ABEM-målingene (5 mm tykk messingstav) holdt fast og det er da en statistisk mulighet til at en ikke treffer de best ledende partier og derved blir den gjennomsnittlige ledningsevnen lavere. Forskjellen mellom de to måle metodene er minst for ikke mineraliserte prøver (~20%) og størst for kisstriper og massiv kis (~50%).

Et annet forhold som påvirker tallverdien for de målte ledningsevnene er prøvenes form. Under beregningene ble det forutsatt at prøvenes tverrsnitt var rektangulært. Formen avviker imidlertid fra dette, og strømretningen gjennom prøven vil påvirkes av formavviket. Denne feil antas imidlertid å være betydelig mindre enn den feilen en har på grunn av at sølvstripene ikke har tilstrekkelig god ledningsevne.

Som det framgår av det overstående er det store usikkerheter forbundet med ledningsevne målingene. Prøvene er imidlertid behandlet likt, og forholdet mellom de gjennomsnittlige ledningsevner for de enkelte gruppene vil trolig gi et relativt godt bilde av ledningsevneforholdene i Borvasselfeltet. Tallverdiene fra ESI-målingene etter to døgn i vann (bilag 1 side 2) gir trolig det beste bildet av ledningsevneforholdene i feltet. In situ er også porevolumet i prøvene fylt med vann, men diffusjonen av ioner ut av et avgrenset volum kompenseres av diffusjon inn. ABEM-målingene gir, som vi har sett, for lave verdier.

Middelverdiene i de enkelte gruppene (avsnitt 3.3) viser at det ikke er noen vesentlig ledningsevnekontrast mellom massiv sulfidmineralisering og bånd av grafitt og po. Det som spesielt er verdt å merke seg er at heller ikke mellom massive sulfider og prøver med striper av po er noen ledningsevnekontrast av betydning. Et nærmere studium av prøvene fra denne gruppen viser at magnetkisen gjennomsetter prøvene i tre retninger. Det som i borhullsdilog framgår som po-impregnasjon er i virkeligheten et nettverk av magnetkis og dette er med å gi bergarten en betydelig elektrisk ledningsevne. Dette viser at ikke bare grafittsoner (som før antatt), men også magnetkisimpregnasjoner er med og gjør feltet komplisert sett fra et geofysisk synspunkt. Prøvene som her er undersøkt er et utvalg fra en ca. 50 meter bred sone. For å få klarhet i hvor mye av denne mineraliseringstypen som finnes vil det være aktuelt med ledningsevne målinger i borhull.

Egenvektsmålingene på prøvene viser en klar kontrast mellom massiv sulfidmineralisering og de andre gruppene (se avsnitt 3.3). Om

denne kontrasten kan benyttes i prospekteringssammenheng blir vurdert i avsnitt 5.2. Susceptibilitetsmålingene viser ingen vesentlig kontrast mellom de enkelte gruppene, og magnetometri vil ikke kunne skille mellom de enkelte typer mineraliseringer.

4. FELTMÅLINGER

4.1. Metoder

Ved de geofysiske målingene ved Borvasselv sommeren 1983 ble det først gjort forsøk med CP-målinger på bakken og i borhull. Da det etter hvert viste seg at denne metoden gav lite informasjon ble det i samråd med oppdragsgiver besluttet å prøve IP, σ og SP målinger også på bakken og i borhull.

Ved CP-målinger kan en soners laterale utstrekning bestemmes. Under gunstige forhold kan også steiltstående soners utstrekning mot dypet beregnes. Ved CP-målinger plasseres en elektrode i den aktuelle ledende sone, mens den andre (fjernelektroden) plasseres så langt fra sonen at den ikke influerer på potensialbildet i måleområdet. Potensialet på overflaten blir vanligvis målt opp med gradientelektrodekonfigurasjon, dvs. en måler potensialforskjellen mellom to punkter, og flytter begge elektrodene slik at den andre elektroden overtar den førstes plass. Målinger i borhull skjer ved at potensialet nedover i borhullet måles i forhold til en fast elektrode på bakken. Ved bakkemålinger kan målingene gjøres i runddrag og eventuelle feil kan da korrigeres. En forutsetning for vellykkede resultater er at ledningsevnen i den aktuelle sonen er mye større enn i sideberget.

IP-målinger gir som regel opplysninger om berggrunnens innhold av elektronledende mineraler, uansett om dette gir øket elektrisk ledningsevne eller ikke. Metoden er således spesielt godt egnet for påvisning av impregnasjonsmalm, men også kompakte ledere gir sterke IP-anomalier.

Ledningsevne-målinger (σ) gir opplysninger om de relative lednings-evneforhold i et område. Måleverdiene kan i mange tilfeller være av riktig størrelsesorden, men dette er sterkt avhengig av måle-geometri og ledernes geometri.

SP-målinger gir som regel anomalier på relativt gode ledere nært dagen, men kan også gi anomalier på impregnasjonsforekomster. Eventuelle systematiske målefeil og støy kan fjernes ved å fraserfiltrere måleverdiene. IP-, σ - og SP-målinger utføres ofte samtidig og blir kalt kombinerte elektriske målinger.

4.2. Utførelse

De geofysiske målingene ved Borvasselv ble utført i Grong Grubers stikningsnett som er vist i tegning 2092-02. Opprinnelig var det stukket en basislinje (0 ØV) gjennom skjerpet i retning 409 (magn.N), men da det senere viste seg at hovedtyngden av målingene ble liggende lengre mot øst ble en ny basislinje, 150 Ø, stukket.

Til CP-målingene ble NGUs selvbygde apparatur benyttet. Fjern-elektrode, E_0 , ble etablert ved et lite tjern (UTM 392 882, se tegning 2092-01) ved hjelp av kobbertråd og jernspett. Kontakt med kisen ble forsøkt oppnådd i DBH 14 ved hjelp av et ca. 2 meter langt messingrør. Dessverre var DBH 14 gått tett ved 220 meters dyp to meter over kisskjæringen. En hadde her tilstrekkelig god kontakt med et ledende medium til å kunne utføre målingene, og i samråd med oppdragsgiver ble det besluttet å forsøke målinger med denne jordingen (218-220 meter nede i DBH 14). Profilene 0N til 900N (profilavstand 100 m) og borhullene 2,3,4,5,7,8,9,12,13 og 14 ble målt. Borhull 6 var tett ved ca. 1 meter og borhull 15 var under boring på dette tidspunkt. CP-målingene ble gjort med strømpulser på 1A i ca. 1 sekund og med dødtid på ca. 3 sekund. I starten ble det målt med 25 meters målepunktavstand, men da målingene gav få detaljopplysninger ble denne øket til 50 meter.

For å kartlegge ledningsevneforholdene i feltet ble det utført IP, σ - og SP-målinger både på bakken og i borhull. Disse målingene ble påbegynt, men oppdragsgiver stilte store forventninger til DBH 15, og man ville ha utført CP-målinger i dette hullet. Da det etter hvert viste seg at hullet ikke kunne bli boret ferdig innen rimelig tid, ble det besluttet å ta pause i Borvasselv-målingene og gjøre et annet kortere oppdrag imens. Noe av utstyret måtte derfor bæres ned, og opp igjen på nytt for fortsettelse av målingene.

IP-, σ - og SP-målingene ble utført med NGUs selvbygde utrustning, IP3. Strømpulser med varierende strømstyrke ble gitt i ca. 2 sekunder og med ca. 2 sekunders dødtid. Den induerte spenningen ble målt som summen av spenningene 0,3 og 1,7 sekund etter strømbrudd. I alt ble det målt IP, σ og SP langs 6 profiler (100N til 600N) og i 7 borhull (3,4,5,8,9,13 og 14). Ved bakkemålingene ble det benyttet Wenner elektrodekonfigurasjon med elektrodeavstand 25 meter (se tegning 2092-04). Dybderekkeviden ved disse målingene regnes å være i størrelsesorden 25 meter. I borhullene ble pol/pol elektrodekonfigurasjon benyttet og her var elektrodeavstanden 5 meter (se tegning 2092-05). Tabellen nedenfor angir borhullenes- og fjernelektrodenes plassering ved de sistnevnte målingene (E_0 =CP-fjernelektrode).

Borhull	Koordinat	Fjern strømelektrode	Fjern potensialelektrode
3	100N-150Ø	E_0	300N-250Ø
4	100N-250Ø	"	"
5	100N-350Ø	"	"
8	400N- 0ØV	"	300N-150Ø
9	200N-250Ø	"	450N-150Ø
13	400N-150Ø	"	600N-150Ø
14	400N-350Ø	"	"

Ved avslutningen av disse målingene hadde man ennå ikke truffet noen kisskjæring i DBH 15. Man fikk imidlertid problemer med boringene (vanntrykket sank) og borkronen måtte tas opp for inspeksjon. Det viste seg da at den siste meteren i dette opp-

taket besto av kraftig kisimpregnasjon. Diamantborerne avsluttet dagen, og borhullet ble derved tilgjengelig for måling. I løpet av ettermiddagen ble det målt CP i hullet, men IP, σ og SP, som er meget tidkrevende målinger, ble ikke målt.

Totalt ble det utført 38 dagsverk i felt (inklusive reiser) og i løpet av den tiden ble det målt 13 profilkm CP langs bakken, 1455 meter CP i borhull, 4,9 profilkm IP, σ og SP langs bakken og 975 meter IP, σ og SP i borhull.

4.3. Resultater

Resultater fra CP-bakkemålinger er vist som konturkart i tegning 2092-02. Her er også presentert en tolkning av VLF-målinger utført i regi av Grong Gruber A/S i 1983.

Resultater fra CP-borhullsmålinger er vist som kurver i tegning 2092-03.

Resultater fra IP-, σ - og SP-bakkemålinger er vist som kurver i tegning 2092-04.

Resultater fra σ - og SP-målinger i borhull er vist som kurver i tegning 2092-05. IP-målingene i borhullene blir ikke presentert, da de inneholder store feil (se avsnitt 4.4).

4.4. Tolkning og diskusjon

Som tidligere nevnt ble CP-målingene ved Borvasselv skjerp i 1983 utført med malmjording ca. 2 meter over den massive kisen. Andre mulige jordinger ble vurdert, men gode alternativer fantes ikke. Ingen av de andre borhullene hadde vesentlige mengder av massive sulfider, og det eneste alternativet var da å jorde i selve

skjerpet. CP-målingene i 1975 (Kihle 1976) ble gjort med jording i skjerpet og disse målingene kunne ikke skille mellom kis og grafittsoner. Det ble derfor (i samråd med oppdragsgiver) besluttet å prøve målinger med jording i DBH 14.

CP-bakkemålinger (tegning 2092-02) indikerer lite nytt i forhold til CP-målingene fra 1975. I et belte begrenset av 1000mV-konturen og i hele målefeltet mot NV ligger måleverdiene ned mot grensen for hva som er mulig å måle med instrumentene. Måleusikkerheten er stor, og det er ikke gjort noe forsøk på å tegne inn detaljer i konturforløpet. Det kan her nevnes at den høyeste potensialverdien innenfor beltet (ved koordinat 200N-00V) ligger på 1001,7 mV. Som ved CP-målingene fra 1975 (Kihle 1976) er også her potensialnivået fritt valgt. 1983-målingene viser at de konturer som er tegnet på grunnlag av 1975-målingene skyldes en elektrodeeffekt. Når malmelektroden fjernes bort fra utgående, (DBH 14) ligger hele det mineraliserte beltet på nær konstant potensial.

Det kartlagte CP-bildet er i god overensstemmelse med VLF-målingene fra 1983. Praktisk talt alle VLF-indikasjoner faller innenfor det angitte belte. VLF-målingene indikerer flere nær parallelle ledere og det kan derfor tyde på at den aktuelle bergartsenhet ikke er en homogen sone med konstant høy ledningsevne, men en lagdelt enhet med forskjellig ledningsevne i de enkelte lagene. VLF-målingene indikerer også variasjoner i strøkretningen. Ut fra boringene og ledningsevнемålinger på kjerneprøver, synes det klart at de fleste VLF-anomaliene skyldes enten grafitt og/eller magnetkis.

Sør-øst for det omtalte belte med nær konstant potensial finnes et område med relativt store CP-gradienter. Geologisk kartlegging i dette aktuelle området (Kollung 1979) viser en skyvekontakt mellom den underliggende Røyrvikgruppen og den overskjøyne Liminggruppen. Det synes her klart at beltet med nær konstant potensial tilhører Røyrvikgruppen, mens de relativt store gradientverdiene ligger i Liminggruppen. Disse CP-målingene har for

liten oppløsningsevne til å bestemme skyveplanets utgående eksakt, men trolig ligger denne like øst for 1000 mV-konturen.

CP-konturkartet viser enkelte detaljer som er verdt å merke seg. En uregelmessighet i konturforløpet ved DBH 15 skyldes at målingene er utført mens borstrengen står nede i hullet. Enkelt kan en si at denne kortslutter lagpakken og dette gir forstyrrelser i potensialbildet på bakken.

Profil 0 ble målt i en lengde av 1 km fra skjerpet og mot NV. Målingene viser ingen tegn til potensialfall til tross for at de siste 6-700 metrene av profilet går over kvartsitt (Kollung 1979, plate 1) som vanligvis har dårlig ledningsevne. Kollungs geologiske kart viser en kraftig ombøyning av bergartene rundt Gåsvann. En mulig modell som forklarer måleresultatene er at de godt ledende bergartene tilhørende Røyrvikgruppen ligger som en hestesko, og at store deler av profil 0 er målt inne i denne. Er hesteskoen godt lukket, (som her) vil det ikke gå strøm inn i skoen og en vil da heller ikke måle noe potensialfall.

Mot sør-øst faller potensialet ca. 750 mV fra det ledende beltet og mot Borvatnet. Beltet synes å ha store dimensjoner (strøklengde minst 1,5 km, (Kihle 1976) og en skulle ikke forvente så stort potensialfall. Til sammenligning kan nevnes at med samme strømstyrke (1A) ble Joma-malmen ladet opp til 400 mV (Rønning 1981). Fjernelektroden er plasert ca. 1,8 km lengre sør, og en kan se bort fra at denne påvirker potensialbildet direkte. En mulig forklaring er at mellom fjernelektroden og målefeltet ligger en leder av betydelig størrelse som kortslutter potensialet og at fjernelektroden derved indirekte forstyrrer potensialbildet lengst i sør-øst. Denne lederen kan være selve Borvatnet, men ledningsevnen i vannet er trolig for liten til å kunne forklare uregelmessighetene. For å undersøke dette nærmere anbefales forsøk med geofysikk langs vestkanten av Borvatnet, eventuelt over isen på vinterføre. VLF er her aktuelt, men helst burde en bruke metoder med større dybderekkevidde (Turam). Videre vil det være aktuelt med geologisk kartlegging i samme området.

CP-målingene i borhullene ble delvis hindret av at hullene hadde gått tett. DBH 2 var tett ved ca. 25 meter, DBH 6 ved 1 meter, DBH 9 ved ca. 110 meter og DBH 13 ved ca. 125 meter. Ofte var det også nødvendig med noe staking for å komme gjennom enkelte partier. Målingene (tegning 2092-03) viser små variasjoner i potensialet i de fleste hullene. Dette indikerer at feilen som begås ved å måle med malmjording 2 m over kisen i DBH 14 er neglisjerbar. En markert stigning i potensialet ved starten av borhullene 5, 14 og 15 skyldes trolig at en her finner Liminggrup- pens bergarter. Kraftig stigning i potensialet mot slutten av DBH 14 skyldes en elektrode effekt. I DBH 12 hadde oppdragsgiver ikke funnet igjen den kisleførende horisont, og man lurte på om hullet var for kort. Et noe høyere potensial mellom 20 og 30 meters dyp kan indikere at den kisleførende enhet finnes her, men signalet er meget svakt, og i andre borhull har en fått maksimalpotensial i heng av kissonen (DBH 4, 7 og 8).

I DBH 15 ligger kisen (ca. ved 300 m) på et potensial som er ca. 35 mV lavere enn kisen i de andre hullene. Dette indikerer et elektrisk brudd et sted mellom DBH 14 og DBH 15. Om dette bruddet skyldes en forkastning eller om kisen i DBH 14 kiler ut slik at kisen i DBH 15 representerer en ny sone kan en ikke ut fra målingene si noe om. Også AMT-målingene (Carstens 1983) indikerer noe tilsvarende mellom DBH 14 og DBH 15, men som en senere skal se må en være forsiktig med overintepretering av AMT-data i dette feltet. Nye CP-målinger med jording i DBH 15 vil trolig ikke kunne gi informasjon om kissonens utbredelse. Godt ledende soner i heng av kissonen vil skjerme for eventuelle anomalier ved en slik jording. For å undersøke om kisen påtruffet i DBH 15 representerer starten på en ny sone, anbefales diamantboring sør og øst for dette borhullet.

Enkelte av IP-målingene, spesielt i borhullene, men også noe på bakken, kan med sikkerhet sies å være feil. Denne feilen skyldes en kombinasjon av meget høy elektrisk ledningsevne i feltet, begrensninger ved apparaturen og uheldig elektrodeplassering. I borhullene er feilen så stor at målingene ikke blir presentert.

På bakken opptrer feilen på enkelte målepunkter og disse er ringet inn (se tegning 2092-05). Også ledningsevne målingene i enkelte punkter synes å være feil, og er ringet inn (tegning 2092-04 og -05). Årsaken til disse er trolig en liten overledning i kabelutlegget, og de opptrer kun ved meget høye ledningsevner. Måleverdiene i disse punktene antas å ha tilnærmet riktig størrelsesorden.

IP- og σ -målinger på bakken (tegning 2092-04) viser en rekke interessante detaljer. Om en ser bort fra de indikerte feil ved IP-målingene er det meget godt samsvar mellom de to metodene. Feltet gir til dels høye IP-effekter, men ledningsevne målingene er de mest interessante i dette feltet.

Det mest framtrædende trekk er utviklingen i ledningsevne fra profil 100N til profil 600N. Ved 100N finnes enkelte partier med forhøyet ledningsevne, og tallverdien er moderat (max. 0,03 S/m). Etter hvert blir de ledende partiene bredere, og ledningsevnen øker. Ved profil 600N ligger ledningsevnen i størrelsesorden 0,01-0,1 S/m i en total bredde av ca. 450 meter. Bergartene i feltet faller ca. 30° mot SØ, og de målte verdier på bakken representerer en kombinasjon av ledningsevne langs og på tvers av lagningen. Den valgte elektrodekonfigurasjon (Wenner, $a=25$ m) har relativt dårlig oppløsningsevne, og de målte ledningsevner representerer en form for gjennomsnittsverdier.

Forlengelsen av profil 100N mot NV viser at både ledningsevne og IP-effekt avtar ved ca. koordinat 300V. Dette representerer trolig overgang fra fyllitt til kvartsitt (Kollung 1979). Lokale ledningsevne minima ved koordinatene 200N-75Ø og 300N-25V til 100Ø synes også å være forårsaket av kvartsitt (Horbach 1983). Ledningsevne- og IP-minimum ved koordinat 200N-100V faller sammen med kartlagt grønnstein.

IP- og ledningsevne anomalier lengst i NV på profil 100N skyldes trolig en ny sone med fyllitt (Kollung 1979, plan 1). Formen på disse anomaliene indikerer at sonens fall er mot SØ, men dette er

ikke i overensstemmelse med den geologiske kartleggingen. Om denne sonen fører økonomisk interessant mineralisering er uvisst, men dette bør undersøkes.

Mellom koordinatene 100V og 300V på profil 100N og lengst i vest på de øvrige profilene er IP-effekten relativt sett høyere enn ledningsevnen. Dette skyldes trolig at de mineraliseringer som her finnes opptrer mer disseminert, og ikke som sammenhengende striper og bånd (jfr. laboratoriemålinger av ledningsevne). Videre er det verdt å merke seg at kissonen med blotning i Borvasselv skjerp gir ledningsevneanomalier i størrelsesorden 0,003 S/m (koordinatene 100N- 0NS og 200N-25V), mens de høyeste anomaliene ligger i størrelsesorden 0,1 S/m. Ut fra boringene synes det klart at de høyeste anomaliene ikke skyldes økonomisk interessante mineraliseringer.

Mot øst faller ledningsevne og IP-effekt, og dette indikerer overgangen fra Røyrvikgruppens- til Liminggruppens bergarter. Svekkingen av anomaliene er gradvis, og en eksakt grense for skyveplanets utgående er vanskelig å bestemme. En sammenligning med detaljert kartlegging i området (Horbach 1983) indikerer at grensen går ved IP-effekt på 3%. Ved profil 200N kommer da skyvesonen noe lengre mot sørøst enn hva kartleggingen viser, men dette er i samsvar med det CP-målingene indikerer.

SP-målingene på bakken (tegning 2092-04) har gitt mange og til dels meget høye anomalier (ca. 1000 mV ved koordinat 400N-100Ø). Dette støtter opp under antagelsen om at bergartene er lagdelt med ulik ledningsevne i de enkelte lag.

Ledningsevнемålinger i borhull (tegning 2092-05) bekrefter bildet ledningsevнемålingene på bakken har gitt. Med den elektrodekonfigurasjon som her er benyttet (pol/pol, $a=5$ m) får en større oppløsningsevne enn ved bakkemålingene. Borhullene står nær vinkelrett på lagningen, og ifølge anisotropiparadokset (Lile & Kaspersen 1979) tilsvare de målte verdiene ledningsevnen langs lagdelingen. På grunn av forskjellig elektrodekonfigurasjon og

varierende vinkel mellom måleretning og lagning kan en ikke sammenholde måleverdiene direkte i form av konturkart i vertikalkartet langs de enkelte profiler.

Målingene spesielt i DBH 5 og DBH 14 viser at det finnes to soner med til dels meget høy ledningsevne, og hvor den interessante kissonen ligger i den nederste. Mektigheten og ledningsevnen i disse sonene varierer noe fra hull til hull, og likedan tykkelsen av den mellomliggende sone av bergarter med lav ledningsevne.

En sammenholding med borhullslog fra borhullene 8, 13 og 14 (Grong Gruber A/S) viser at de godt ledende partiene ligger i mørke fyllitter ofte med magnetkisimpregnasjoner og grafitt. Dette er i samsvar med resultatene fra laboratoriemålingene av ledningsevne på prøver fra DBH 13 og DBH 14. Partiene med lav ledningsevne består hovedsakelig av kvartsitt og kvartsfyllitt uten mørke partier og magnetkis. En ekstrem lav ledningsevne i borhull 14 ved 100 meters dyp skyldes et serpentinittelegeme. Starten på borhullene 5 og 14 går i Liminggruppens bergarter, og disse viser lave ledningsevner som også bakkemålingene viser, og som en skulle forvente ut fra CP-målingene.

SP-målingene i de fleste borhullene viser nær konstante verdier, men med enkelte små anomalier. Disse har en tendens til å opptre i overgangene mellom dårlig og godt ledende soner. I borhullene 5 og 9 er anomaliene langt større (opp mot 1000 mV), og opptrer hyppigere. Årsaken til disse anomaliene er ikke kjent.

5. TEORETISKE BEREGNINGER

5.1. AMT-sonderingskurver

De jevnt over høye ledningsevner som er kartlagt ved Borvasselv skjerp forklarer de problemer en har fått ved CP-målinger i feltet. Laboratoriebestemmelse av ledningsevne på utvalgte prøver viser ingen vesentlig ledningsevnekontrast mellom den interessante massive kismineraliseringen og de omkringliggende magnetkismineraliserte bituminøse fyllitter. Det synes klart at også VLF-målingene og trolig turammålingene er påvirket av dette. Ut fra dette kan en stille spørsmålstegn ved de tilsynelatende positive indikasjoner en har ved AMT-målingene (Carstens 1983).

For å undersøke mulighetene til å påvise kisser i Borvasselv-feltet ved hjelp av AMT-målinger er sonderingskurver for teoretiske modeller beregnet (bilag 2). Det er her benyttet endimensionale modeller og tilsynelatende motstand ρ_a er beregnet ved hjelp av et program skrevet for HP-41 CV lommekalkulator. Programmet er testet ved sammenligning med tilsvarende program brukt under øvinger i faget Anvendt Malmgeofysikk II ved NTH (Lile 1983).

Modellene 1 til 5 (bilag 2, sidene 1 og 2) er konstruerte modeller ut fra ledningsevнемålingene i borhullene 13 og 14. Modellene er noe forenklet, og de enkelte lag er tildelt isotrope ledningsevner tilsvarende de målte verdier langs borhullene. Modellberegningene forutsetter horisontal lagdeling. Ledningsevнемålingene i laboratorium viser at ledningsevnekontrasten mellom massiv sulfidmineralisering og magnetkisimpregneret bituminøs fyllitt er i størrelsesorden 5. Ved koordinat 400N-300Ø er denne kontrasten satt lik 10, dette for å prøve å framheve den interessante kisen.

Ved koordinat 400N-300Ø (bilag 2, side 1) tilsvarende modell 1 et tilfelle der en ser bort fra den andre godt ledende horisont (se tegning 2092-05). Modell 2 tilsvarende hele lagpakken, men uten noen framheving av kisen, mens modell 3 inneholder et kislav med

mektighet 3 m. Alle disse tre modellene gir tilnærmet like verdier for frekvensene 3700 Hz til 170 Hz. Den tilnærmet rette linje som disse punktene følger brukes til å tolke dypet til ledende horisont, og dette indikerer at "dybdelinjen" hovedsakelig er bestemt av det første ledende laget. Sonderingskurvene for modellene 2 og 3 viser ingen vesentlige avvik for lavere frekvenser, og dette indikerer at AMT-anomaliene i disse modelleringene hovedsakelig er bestemt av lag som tilsvarer magnetkimsimpregnert bituminøs fyllitt.

Heller ikke ved koordinat 400N-100Ø (bilag 2, side 2) kan det påvises vesentlig forskjell i sonderingskurven for modell 4 (uten massiv kis) og modell 5 (med 3 meter massiv kishorisont). Her er ledningsevnen i det øverste laget meget høy, og det resulterer i en helt annen form på sonderingskurven. Dette gjør at anomalien på den dypere liggende ledende sone svekkes betydelig. Dette kan være årsak til at AMT-indikasjonene på stasjon 3 (Carstens 1983) er svakere enn ved f.eks. stasjonene 4 og 5.

Ved AMT-modellberegningene som her er referert er det flere forutsetninger som ikke er oppfylt. Lagdelingen er ikke horisontal, og ledningsevnen i de enkelte bergarter er trolig ikke isotrop. Modellen forutsetter uendelig utstrekning av de enkelte lag, noe som ikke er oppfylt. Likevel synes det klart at AMT-målinger i Borvasselfeltet vil kunne påvirkes i uheldig retning av ledende soner i heng av kisen, og nye AMT-målinger anbefales ikke.

5.2. Gravimetriske modellberegninger

Alle målemetoder som bygger på ledningsevnekontrast mellom massiv sulfidmineralisering og omkringliggende bergart i Borvasselfeltet synes å mislykkes. En må derfor undersøke om andre målemetoder som bygger på andre fysiske parametre kan være til hjelp ved prospekteringen. Laboratoriemålinger viser at det ikke er noen vesentlig susceptibilitetskontrast mellom den interessante kisen

og de omkringliggende bergarter. Det gjenstår da å se om den påviste egenvektskontrast kan utnyttes ved prospekteringen.

I bilag 3 er gravimetriske anomalier beregnet sentralt over et prismeformet legeme med lengde 600 m, bredde 400 m og med mektigheter på 10, 20 og 40 meter. Egenvekten i "malmlegemet" er satt lik $4,15 \text{ g/cm}^3$ og i sideberget $2,85 \text{ g/cm}^3$ noe som ut fra laboratoriemålingene skulle gjenspeile de reelle størrelser i feltet. Dypet ned til sonen er 300 meter (som tilsvarer dypet for kissonen ved DBH 15).

Beregningene viser at en kissone med mektighet 10 meter vil gi en anomali på ca. 0,1 mgal. Tilsvarende gir mektighet på 20 meter ca. 0,25 mgal og mektighet 40 meter, ca. 0,5 mgal. Ved eksakt nivellering ligger målenøyaktigheten ved gravimetriske målinger på 0,1 mgal (Sindre, personlig informasjon).

Dette betyr at for å kunne påvise et kislegeme ved gravimetriske målinger i Borvasselfeltet må mektigheten være minst 20 meter. Med de angitte størrelser på modellen tilsvarer dette en total malmtonnasje på ca. 20 mill. tonn, og sannsynligheten for å finne en så stor forekomst anses som liten. På grunn av feltets plassering i forhold til gruveanlegget i Joma, og at det er påvist kis med interessant mektighet og gehalt i DBH 14, anbefales likevel forsøksmålinger med gravimetri. For å bestemme størrelsen på eventuelle anomalier er det nødvendig å måle ca. 2 km lange profiler. Med 50 meters målepunktavstand vil et slikt profil kunne måles i løpet av en dag hvis det er stukket (og nivellert) på forhånd.

6. KONKLUSJONER

CP-, IP-, ledningsevne-, SP- og VLF-målinger i Borvasselvfeltet sommeren 1983 har ikke kunnet gi informasjon om den interessante massive kismineraliseringens forløp i feltet. Laboratoriemålinger på prøver fra borhullene 13 og 14 har ikke kunnet påvise noen vesentlig ledningsevnekontrast mellom massiv sulfidmineralisering og magnetkisimpregnerte bituminøse fyllitter. Disse resultatene bekreftes av målinger i feltet. Susceptibilitetsmålinger viser heller ingen kontrast, men egenvektskontrasten er som forventet høy.

Feltmålingene har imidlertid påvist enkelte detaljer som fremdeles gjør feltet interessant fra et økonomisk synspunkt. Mellom borhullene 14 og 15 er det ved CP-målingene påvist et elektrisk brudd som indikerer at kiskjæringene i de to hullene kan tilhøre to forskjellige soner. Geofysiske målinger for å kartlegge forløpet til sonen påtruffet i DBH 15 vil trolig mislykkes og diamantboringer øst og sørøst for hullet er eneste alternativ. Ved CP-målingene på bakken framkom det detaljer som kan indikere en leder av betydelig lateral utstrekning mellom målefeltet og fjernelektroden. For å undersøke dette nærmere anbefales geofysiske- (VLF og/eller Turam) og geologiske undersøkelser. Ved en forlengelse av IP- σ -SP-målingene langs profil 100N kom det fram anomalier som bør undersøkes nærmere.

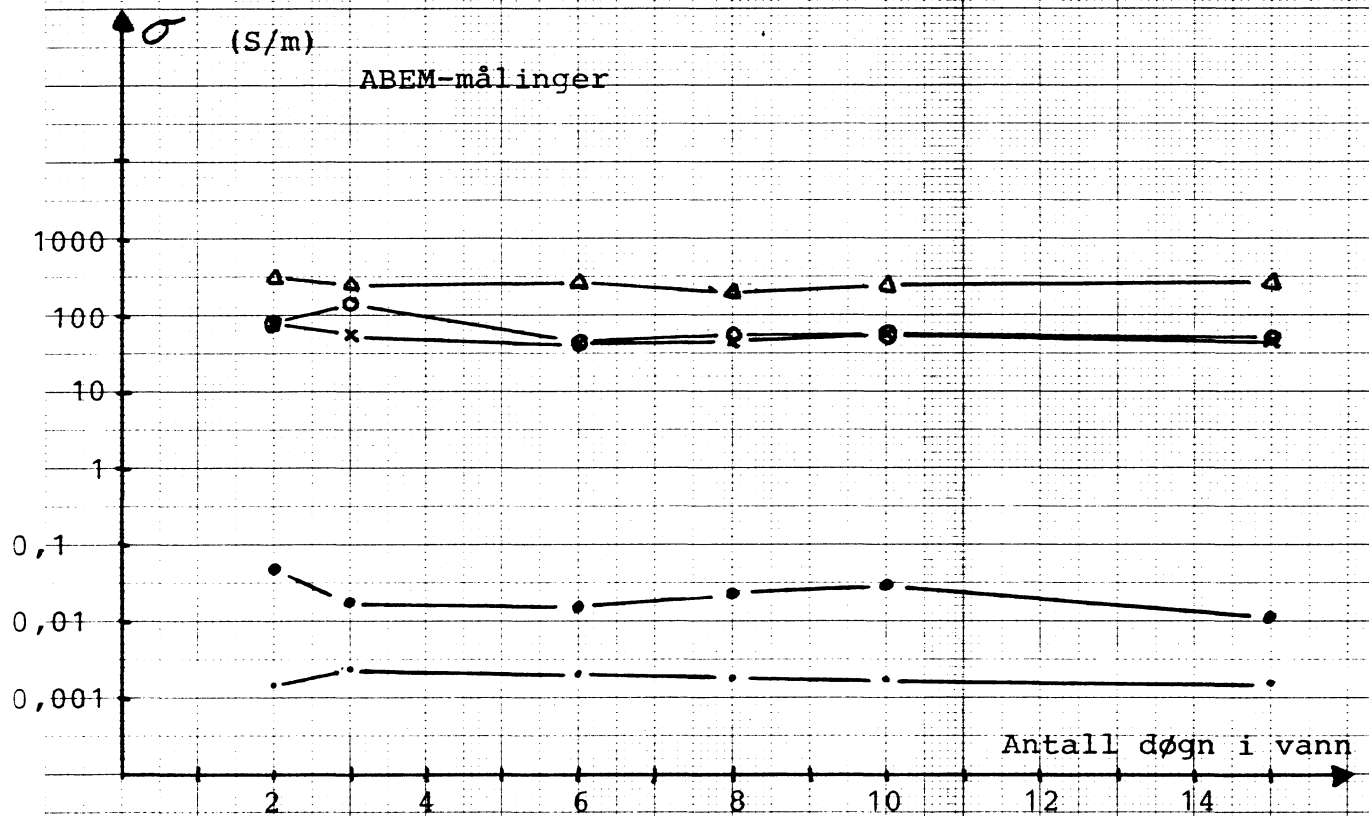
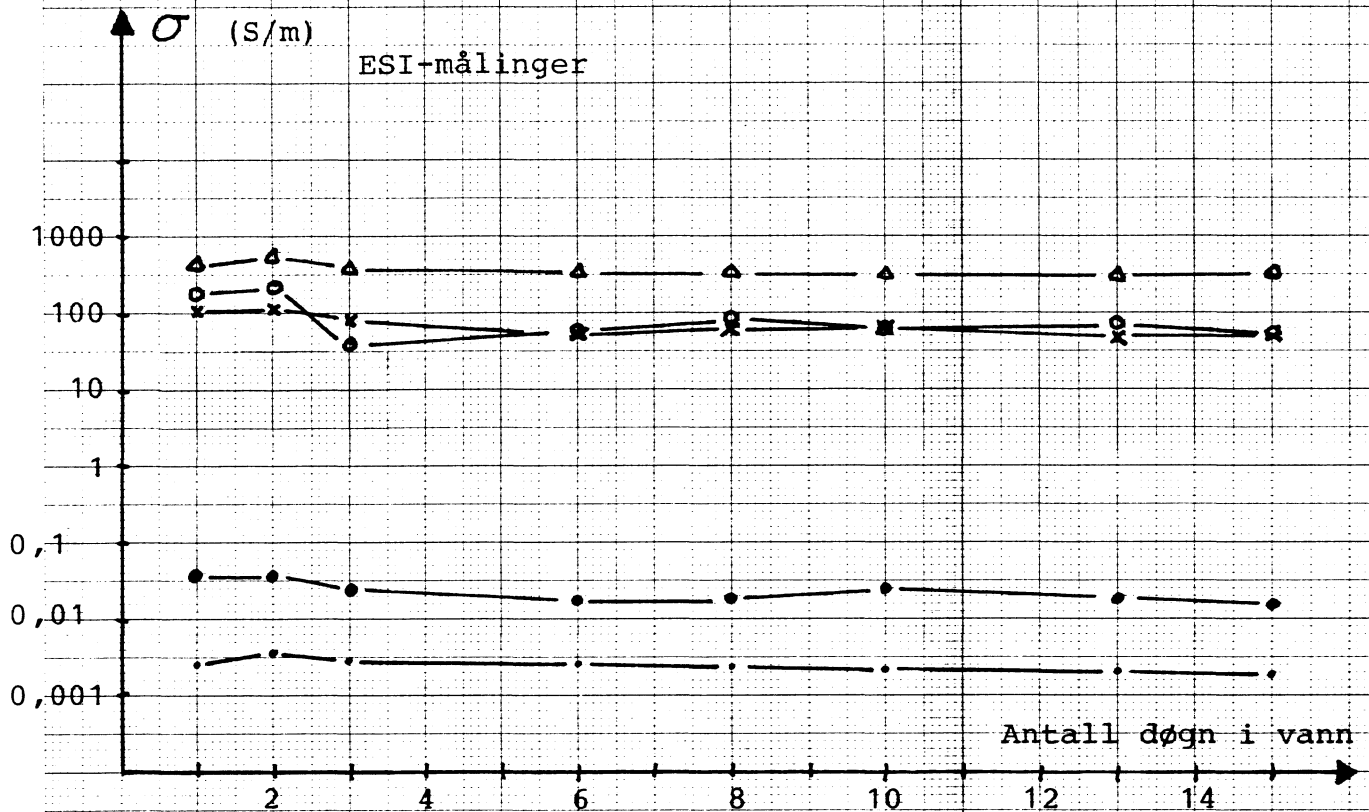
Teoretiske beregninger indikerer at AMT-målinger trolig gir anomalier på magnetkisimpregnerte bituminøse fyllitter, og at metoden derfor ikke er anvendelig i feltet. Gravimetrisk modellberegninger viser at det skal betydelige kisvolumer til før det kan detekterbare anomalier, men det anbefales likevel gravimetrisk forsøksmålinger.

Trondheim, 25. november 1983
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
Geofysisk avdeling

Jan S. Rønning
Jan Steinar Rønning
geofysiker

7. REFERANSER

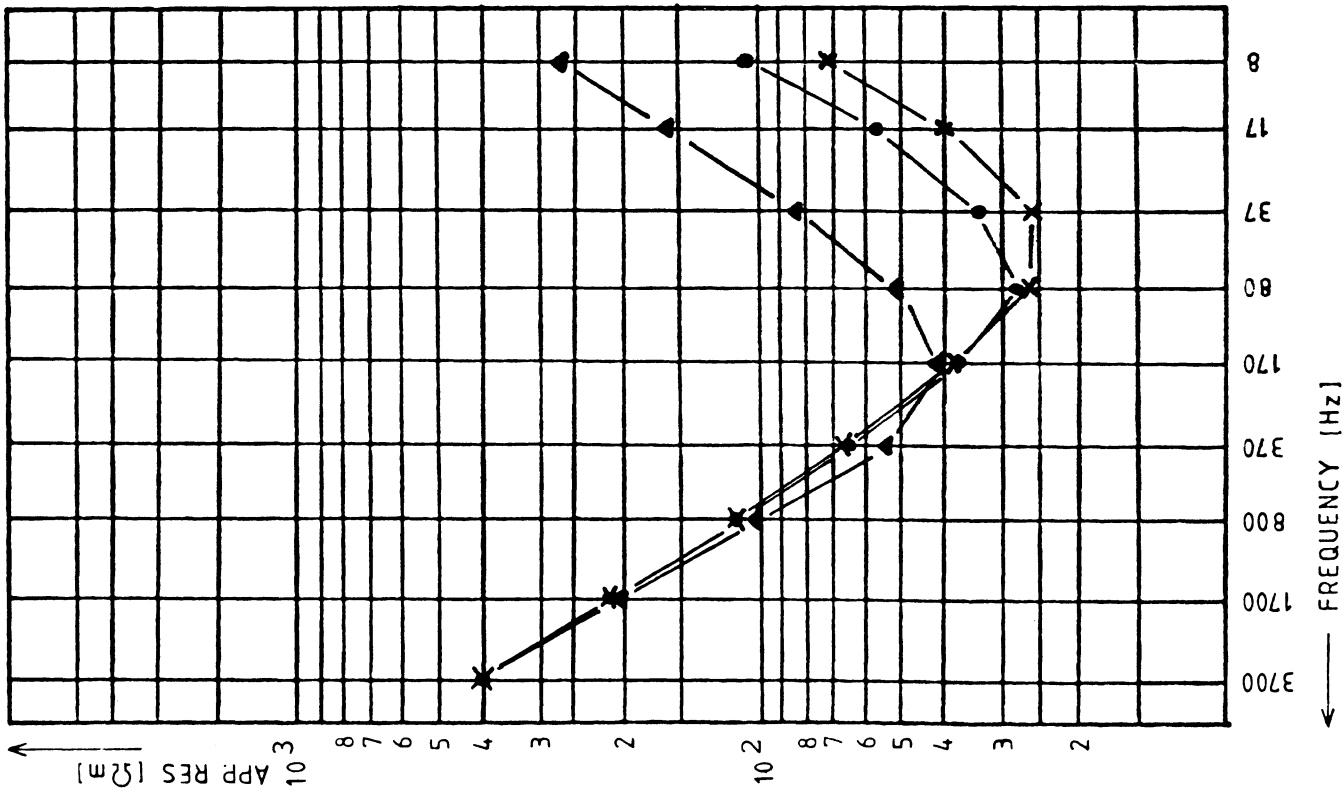
- Carstens 1983: AMT-målinger ved Borvasselv skjerp. Rapport 1978, Elkem A/S, Engineering Division (upubl.).
- Horbach 1983: Foreløpig geologisk kart fra doktorarbeide i Borvasselvfeltet. M=1:10 000 (upubl.).
- Håbrekke 1972: Magnetiske- og elektromagnetiske målinger fra helikopter i Grongfeltet. NGU Rapport nr. 1136 (upubl.).
- Kihle 1976: CP-målinger, Skiftesmyr, Rosset grube og Borvasselv skjerp. NGU Rapport nr. 1346 (upubl.).
- Kollung 1979: Stratigraphy and Major Structures of the Grong District, Nord-Trøndelag. NGU Publikasjon nr. 354, s. 1-51.
- Lile & Kaspersen 1979: "Elektriske metoder". Kompendium i faget anvendt geofysikk I, NTH.
- Lile 1983: AMT-modellberegninger. Forelesninger i faget Malm-geofysikk II, NTH høsten 1983.
- Logn 1970: Georekognosering (SP-målinger, magnetiske målinger og jordprøvetaking) ved Borvasselv skjerp, Grongprosjektet 1970. NGU Rapport nr. 974 objekt 58 (upubl.).
- Oftedahl 1958: Oversikt over grongfeltets skjerp og malmforekomster. NGU Publikasjon nr. 202.
- Rønning 1981: CP-målinger i Joma-feltet. NGU Rapport nr. 1854 (upubl.).
- Singsaas 1980: Turammålinger Halvegesvann og Borvasselv. NGU Rapport nr. 1710 (upubl.).



- Δ — Massiv kismineralisering
- ○ — Bånd av grafitt/po
- x — Striper av po
- ● — Impregnasjon av po
- · — Ikke mineralisert

Ledningsevne-(σ), egenvekt-(ρ) og susceptibilitetsmålinger
(χ) på prøver fra DBH 13 og DBH 15, Borvasselv.

Prøve nr.	Bergartsbeskrivelse	σ (s/m)	ρ (g/cm ³)	χ (SI)
131318	Fyllitt, grønn m/po-striper	519,0	3,15	$4,81 \cdot 10^{-3}$
- 1328	" , mørk "	107,8	2,87	$3,43 \cdot 10^{-3}$
- 1421	" " "	56,02	3,03	$3,20 \cdot 10^{-3}$
- 1454	" " "	71,30	2,87	$1,62 \cdot 10^{-3}$
- 1460	" " "	7,519	2,91	$5,41 \cdot 10^{-3}$
- 1465	" " "	149,3	3,00	$1,37 \cdot 10^{-3}$
- 1491	Sterk imp., po, cpy (massiv sulfid)	712,3	3,74	$3,24 \cdot 10^{-3}$
- 1565	Gr.st. båndet	0,00308	2,76	$6,65 \cdot 10^{-4}$
- 1597	" lys	0,00303	2,98	$8,36 \cdot 10^{-4}$
- 1642	Fyllitt, mørk	0,00338	2,90	$1,94 \cdot 10^{-3}$
- 1819	" "	0,00318	2,76	$1,80 \cdot 10^{-3}$
142115	Fyllitt, mørk m/bånd av gr.-po	215,1	2,99	$6,07 \cdot 10^{-3}$
- 2135	" , " noe po-imp.	0,00552	2,80	$1,64 \cdot 10^{-3}$
- 2136	" , " m/po-striper	1,347	2,76	$2,15 \cdot 10^{-3}$
- 2148	" , " noe po-imp.	0,07516	2,78	$6,83 \cdot 10^{-4}$
- 2170	Gr.st.	0,00351	2,87	$8,57 \cdot 10^{-4}$
- 2213	Gr.st. tuff m/po-striper	16,15	2,81	$6,19 \cdot 10^{-4}$
- 2223	Massiv sulfid	726,7	4,61	$5,42 \cdot 10^{-3}$
- 2235	" " "	8,531	4,11	$7,55 \cdot 10^{-3}$
- 2251	" " "	561,2	4,33	$5,55 \cdot 10^{-3}$
- 2295	" " "	759,5	3,95	$1,60 \cdot 10^{-3}$
- 2357	Gr.st. båndet	0,00409	2,94	$1,01 \cdot 10^{-3}$
- 2459	Fyllitt, mørk	0,00516	2,78	$3,05 \cdot 10^{-3}$



MODELL 1: —▲—
 $\rho_1 = 4000 \Omega m$ $t_1 = 105$ m
 $\rho_2 = 10 \Omega m$ $t_2 = 60$ m
 $\rho_3 = 4000 \Omega m$

MODELL 2: —●—
 $\rho_1 = 4000 \Omega m$ $t_1 = 105$ m
 $\rho_2 = 10 \Omega m$ $t_2 = 60$ m
 $\rho_3 = 4000 \Omega m$ $t_3 = 35$ m
 $\rho_4 = 10 \Omega m$ $t_4 = 50$ m
 $\rho_5 = 4000 \Omega m$

MODELL 3: —X—
 $\rho_1 = 4000 \Omega m$ $t_1 = 105$ m
 $\rho_2 = 10 \Omega m$ $t_2 = 60$ m
 $\rho_3 = 4000 \Omega m$ $t_3 = 35$ m
 $\rho_4 = 10 \Omega m$ $t_4 = 47$ m
 $\rho_5 = 1 \Omega m$ $t_5 = 3$ m
 $\rho_6 = 4000 \Omega m$

Teoretisk AMT-sonderingskurve,
koordinat 400N-300Ø.

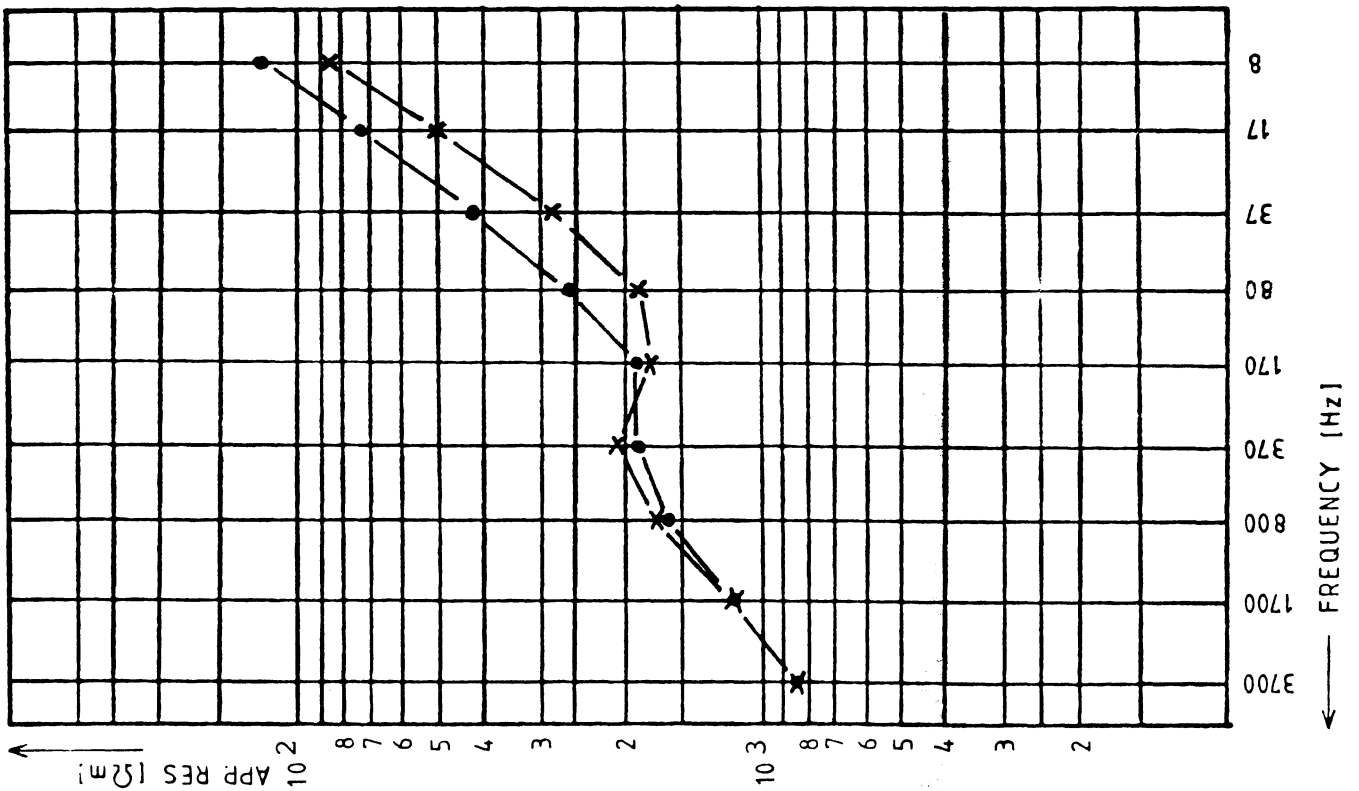
Lag nr. 5 i modell 3 tilsvarer massiv kis.

MODELL 4: —●—

$\rho_1 =$	10 Ω m	$t_1 =$	30 m
$\rho_2 =$	1000 Ω m	$t_2 =$	70 m
$\rho_3 =$	100 Ω m	$t_3 =$	25 m
$\rho_4 =$	5 Ω m	$t_4 =$	25 m
$\rho_5 =$	1000 Ω m		

MODELL 5: —X—

$\rho_1 =$	10 Ω m	$t_1 =$	30 m
$\rho_2 =$	1000 Ω m	$t_2 =$	70 m
$\rho_3 =$	100 Ω m	$t_3 =$	25 m
$\rho_4 =$	5 Ω m	$t_4 =$	22 m
$\rho_5 =$	1 Ω m	$t_5 =$	3 m
$\rho_6 =$	1000 Ω m		



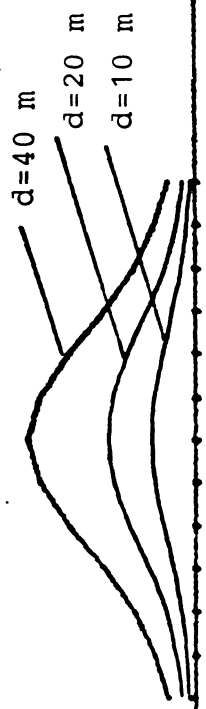
Teoretisk AMT-sonderingskurve,
koordinat 400N-100Ø.

Lag nr. 5 i modell 5 tilsvarer massiv kis.

METERS

mgal

100



METERS

1000

0

1000

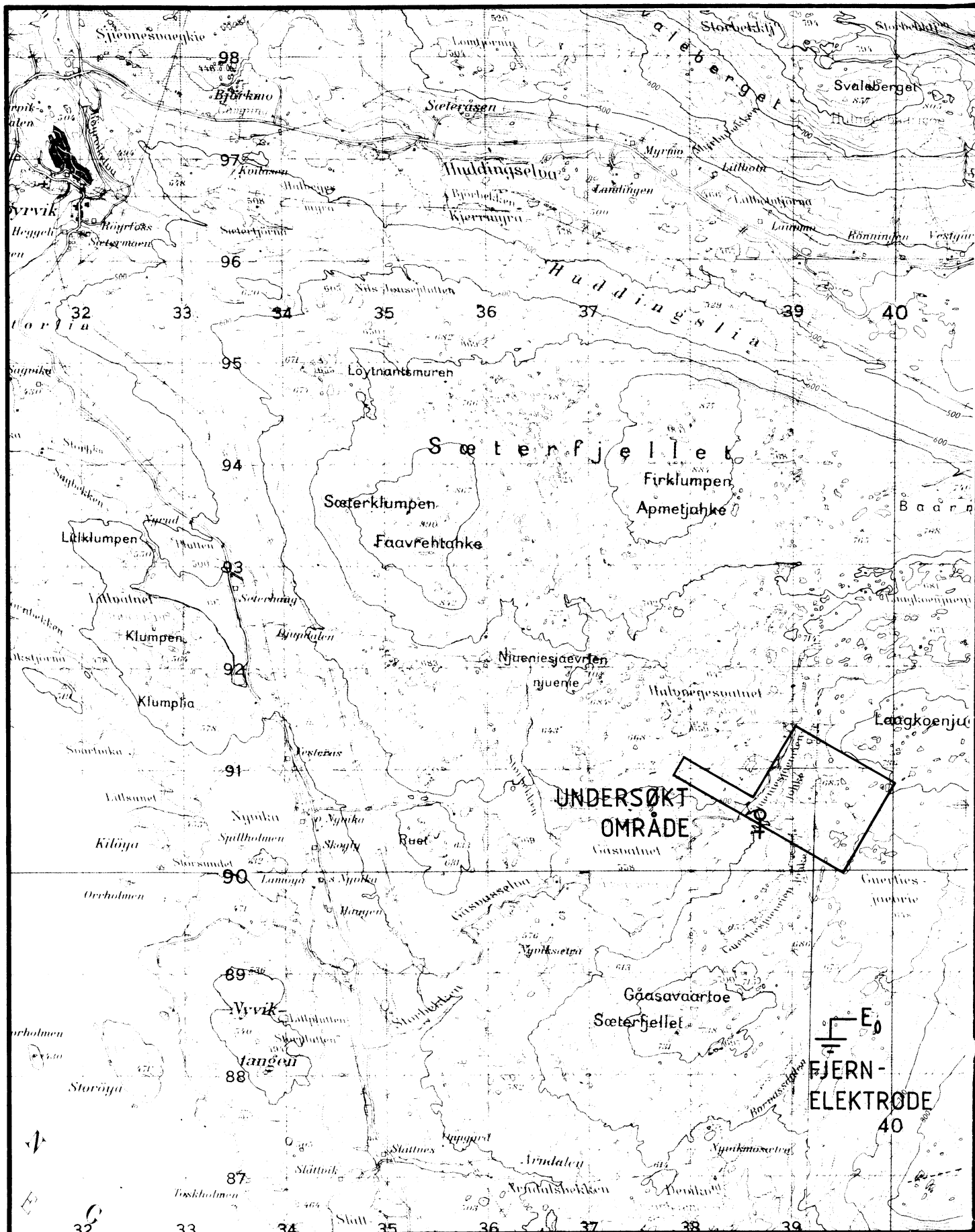
2000



Prismets lengde = 600 m
" bredde = 400 m

1000

0



GRONG GRUBER A/S
 OVERSIKTSKART
 BORVASSELV
 RØYRVIK, NORD-TRØNDELAGE

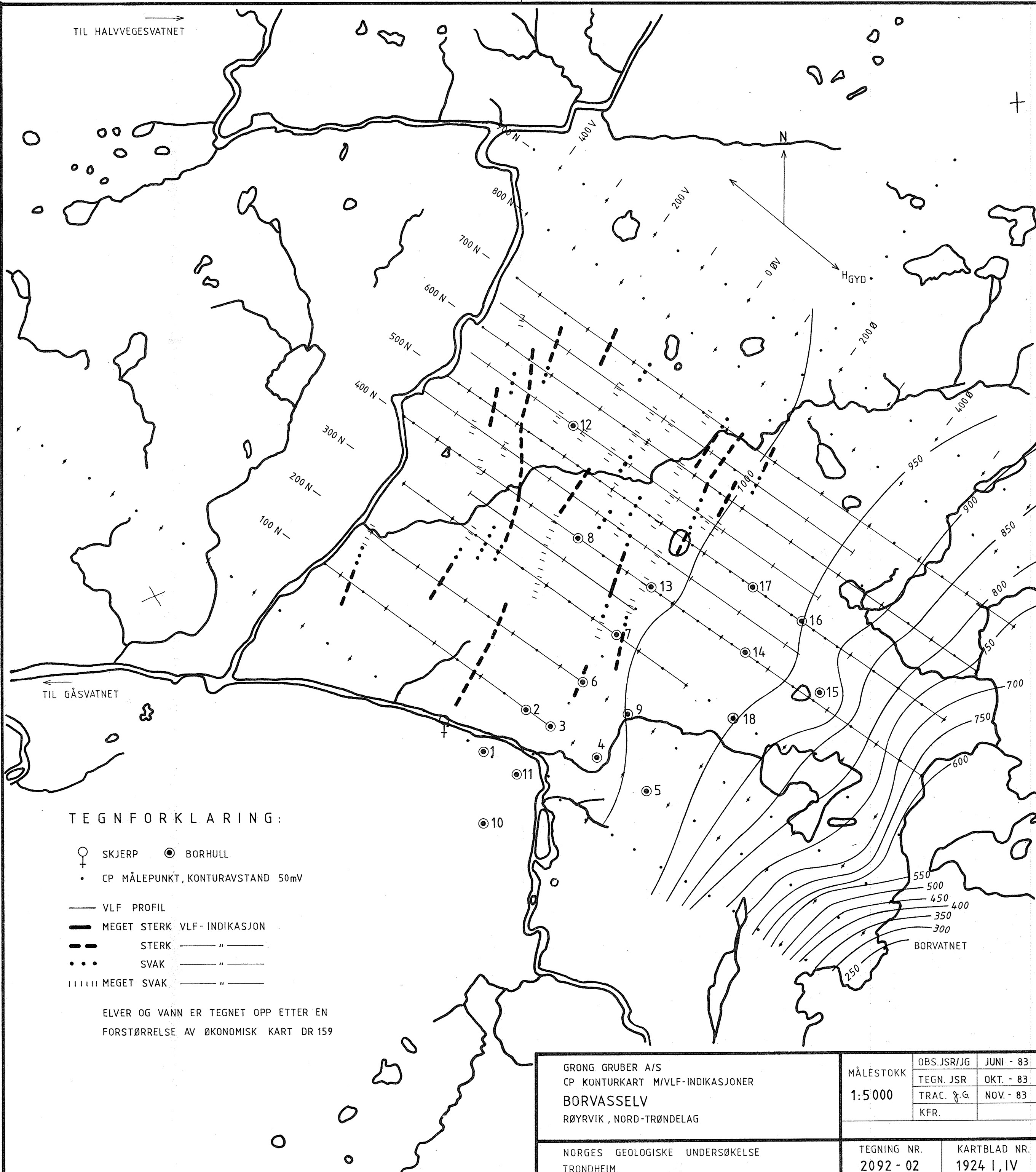
MÅLESTOKK
 1:50 000

OBS. JSR	JUNI - 83
TEGN.	
TRAC. J. G.	OKT. - 83
KFR.	

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 TRONDHEIM

TEGNING NR.
 2092 - 01

KARTBLAD NR.
 1924 I, IV



TIL HALVVEGESVATNET

+

N

HGYD

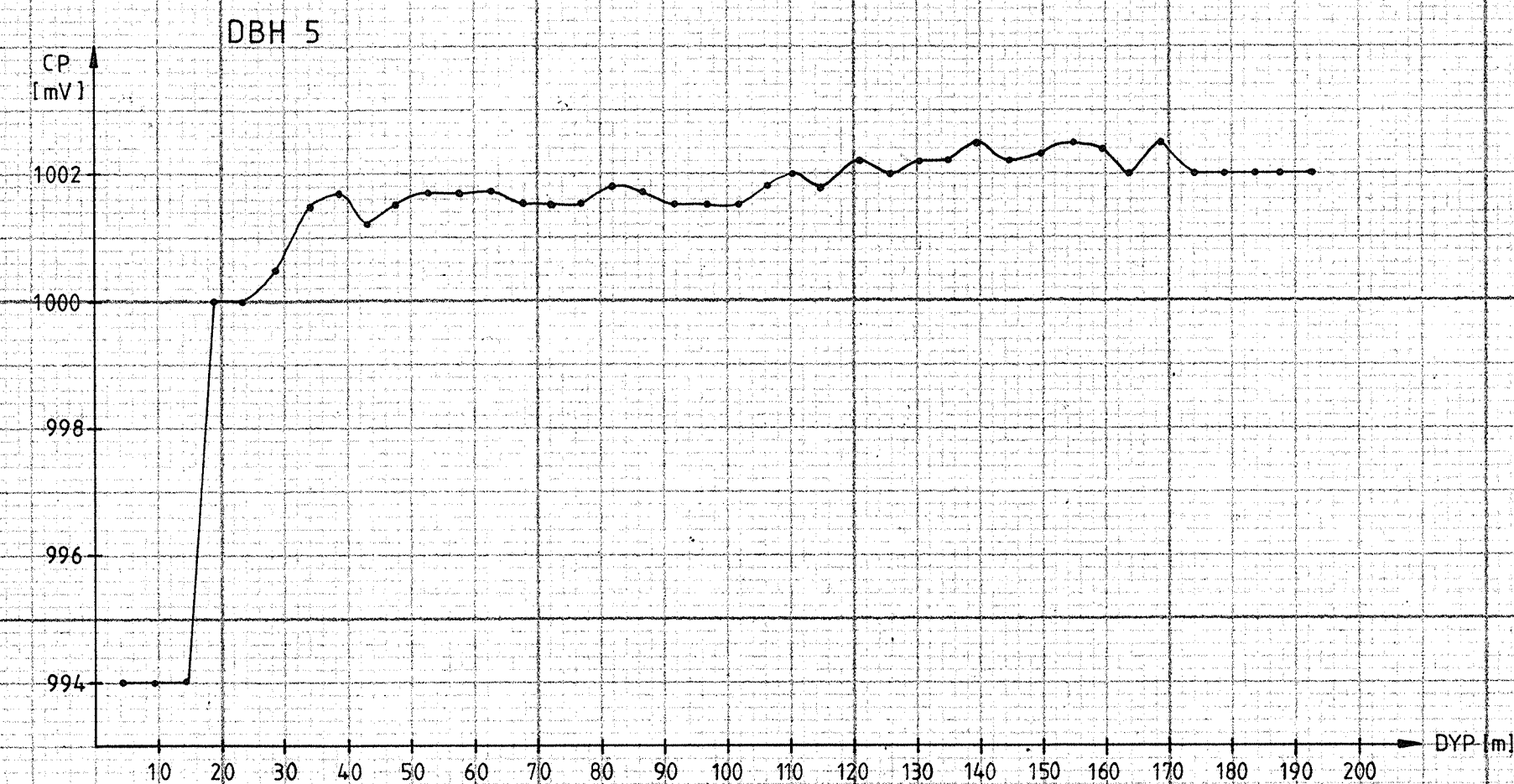
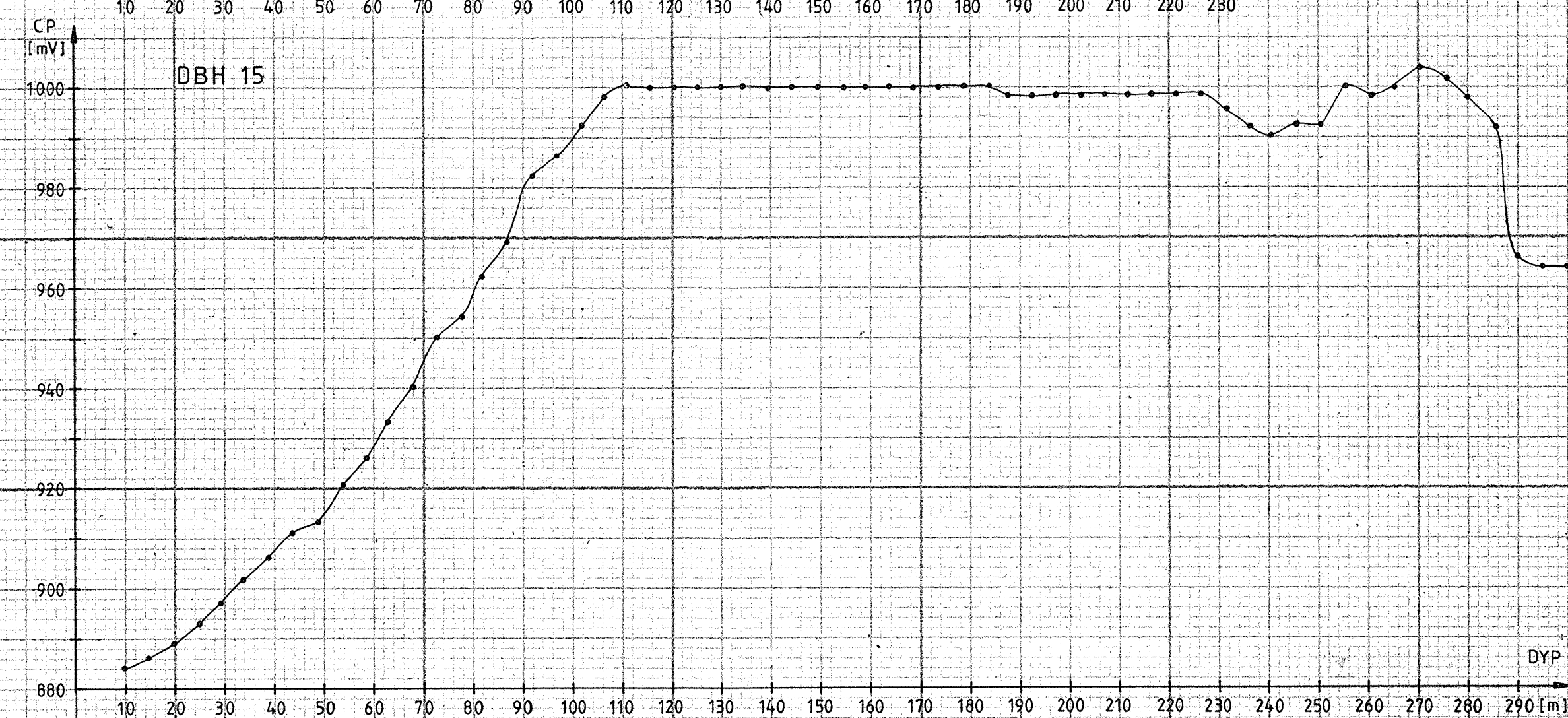
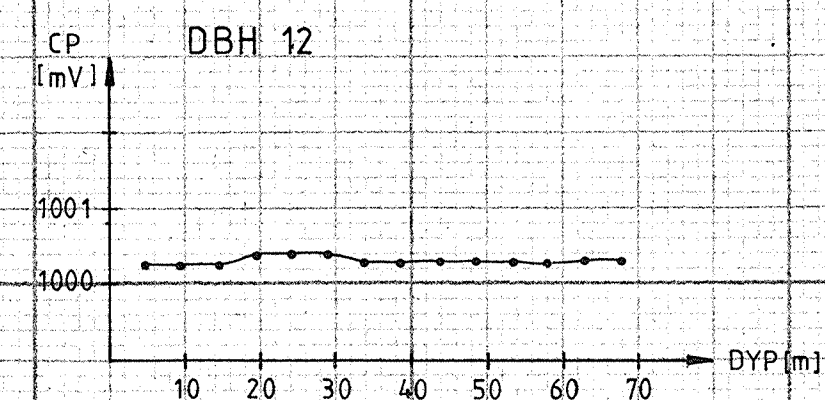
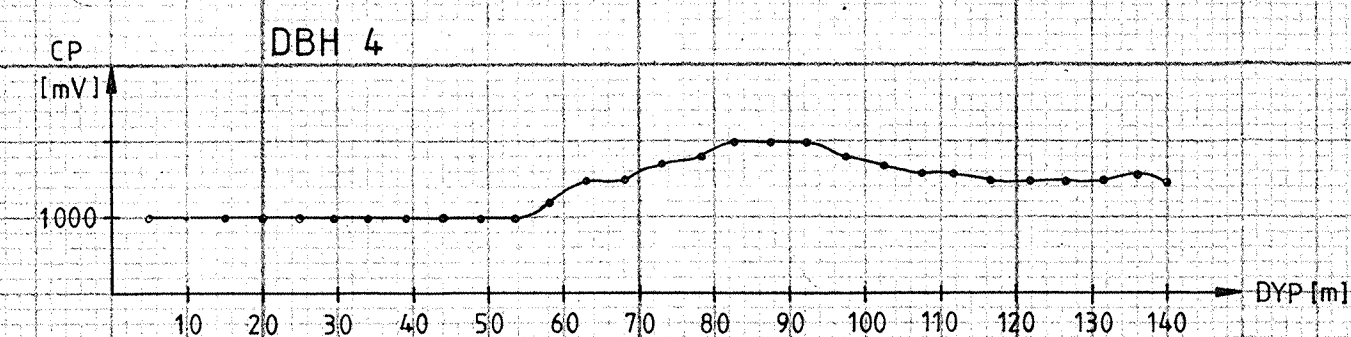
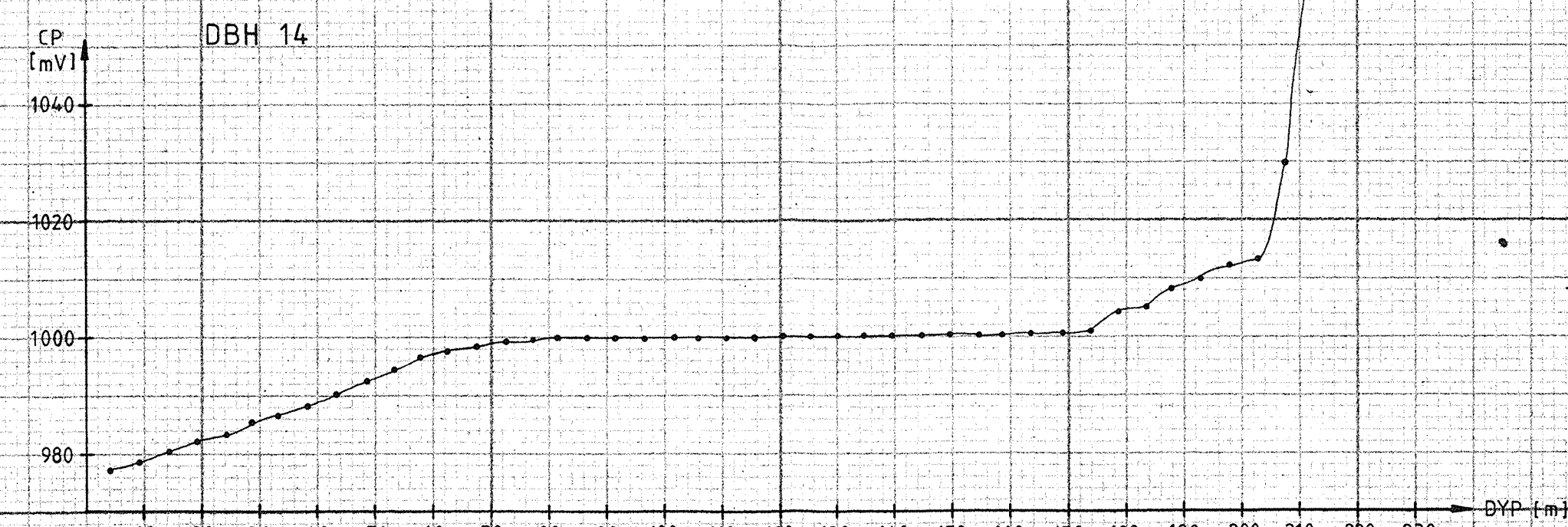
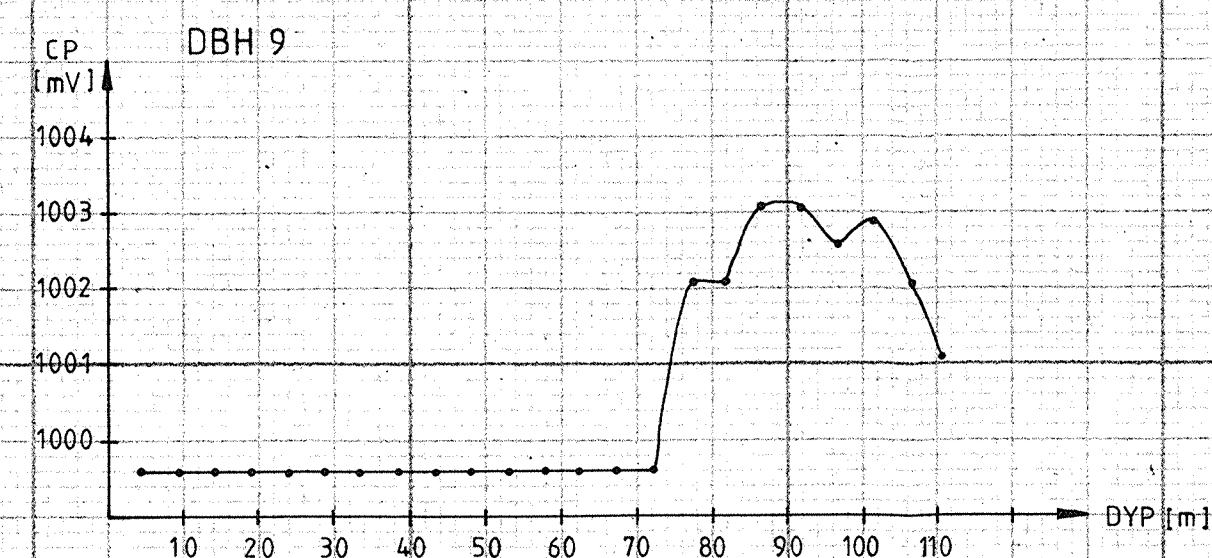
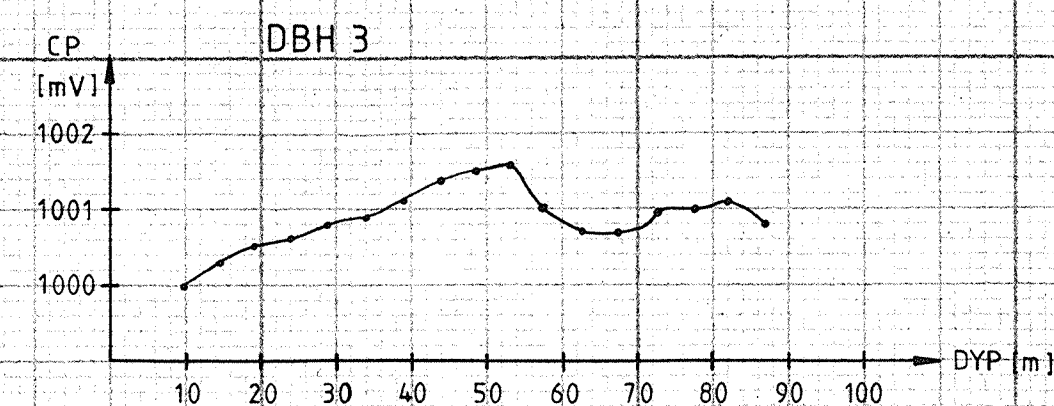
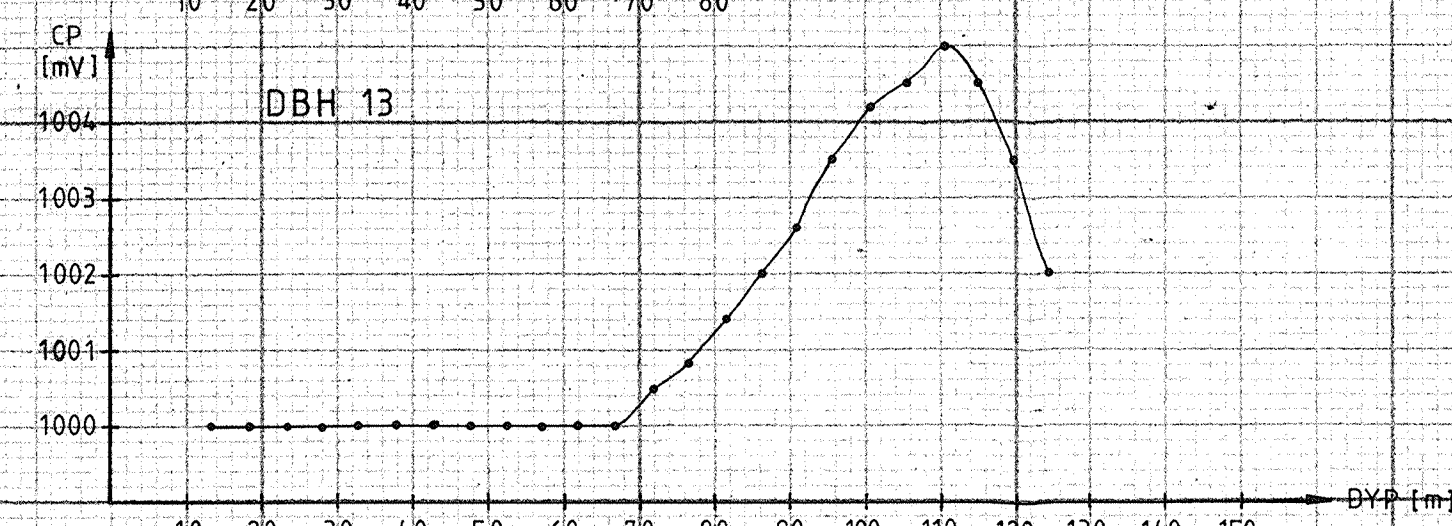
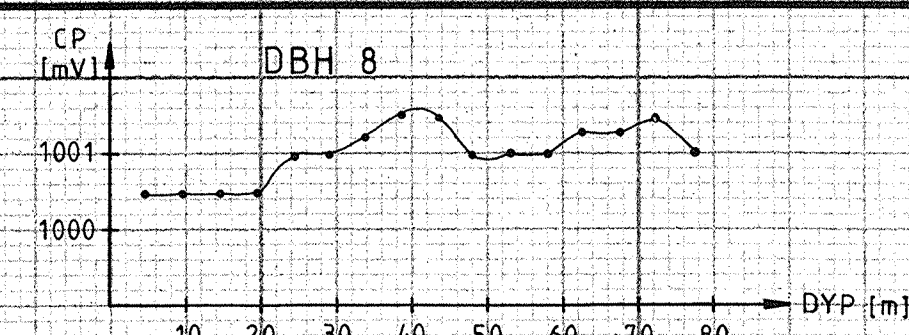
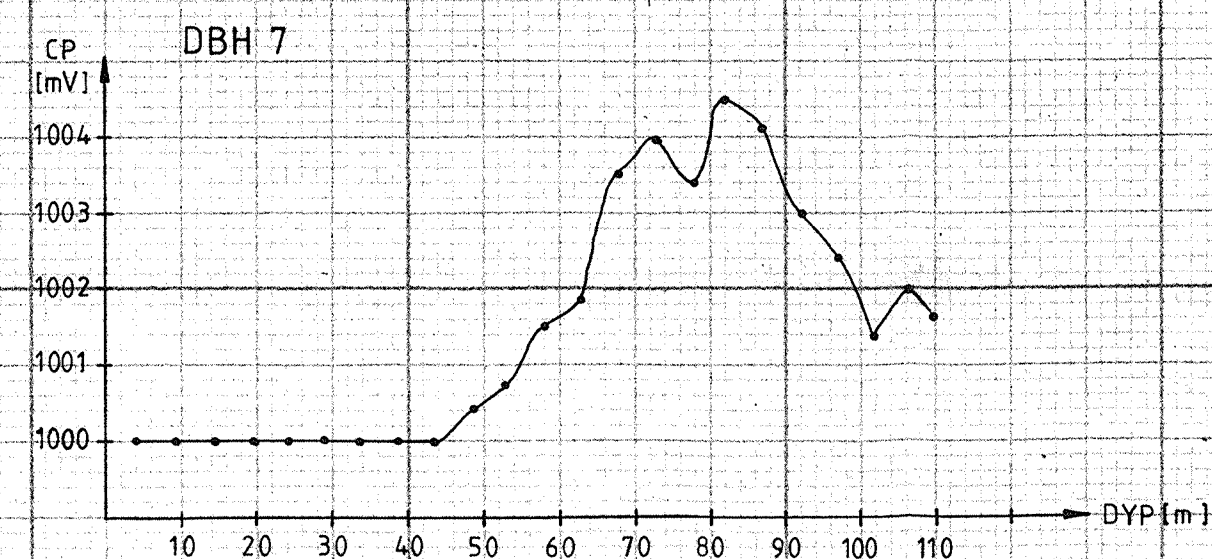
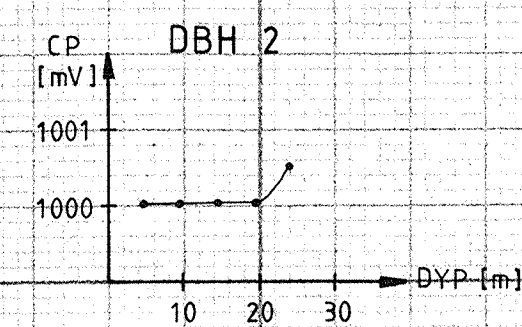
TIL GÅSVATNET

TEGNFORKLARING:

- SKJERP
- BORHULL
- CP MÅLEPUNKT, KONTURAVSTAND 50mV
- VLF PROFIL
- MEGET STERK VLF-INDIKASJON
- STERK
- SVAK
- MEGET SVAK

ELVER OG VANN ER TEGNET OPP ETTER EN FORSTØRRELSE AV ØKONOMISK KART DR 159

GRONG GRUBER A/S CP KONTURKART M/VLF-INDIKASJONER BORVASSELV RØYRVIK, NORD-TRØNDELAG	MÅLESTOKK 1:5 000	OBS. JSR/JG	JUNI - 83
		TEGN. JSR	OKT. - 83
		TRAC. J.G.	NOV. - 83
		KFR.	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR. 2092 - 02	KARTBLAD NR. 1924 I, IV	



GRØN GRUBER A/S
CP I BORHULL
BORVASSELV
RØYRVIK, NORD-TRØNDELAG

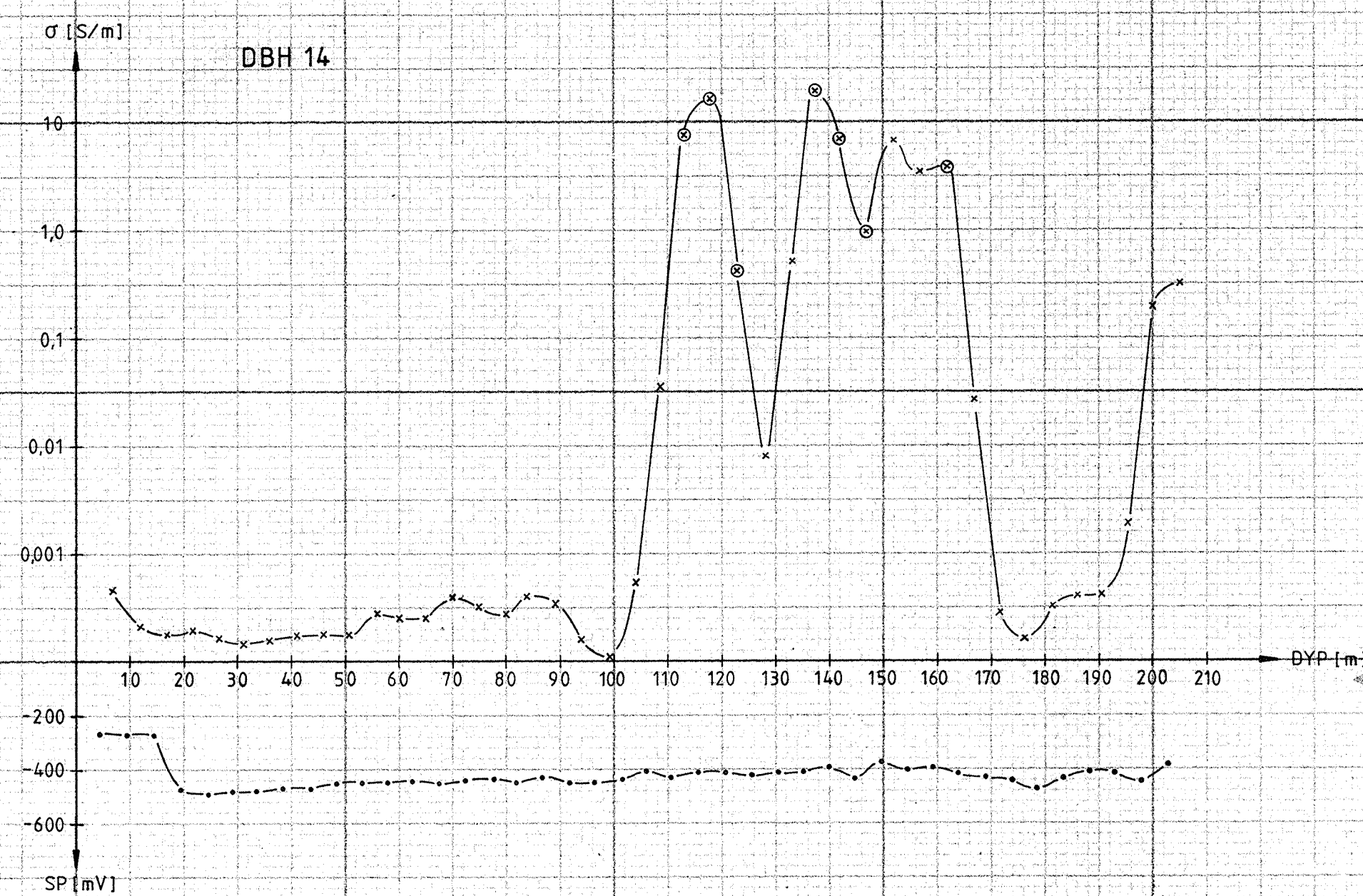
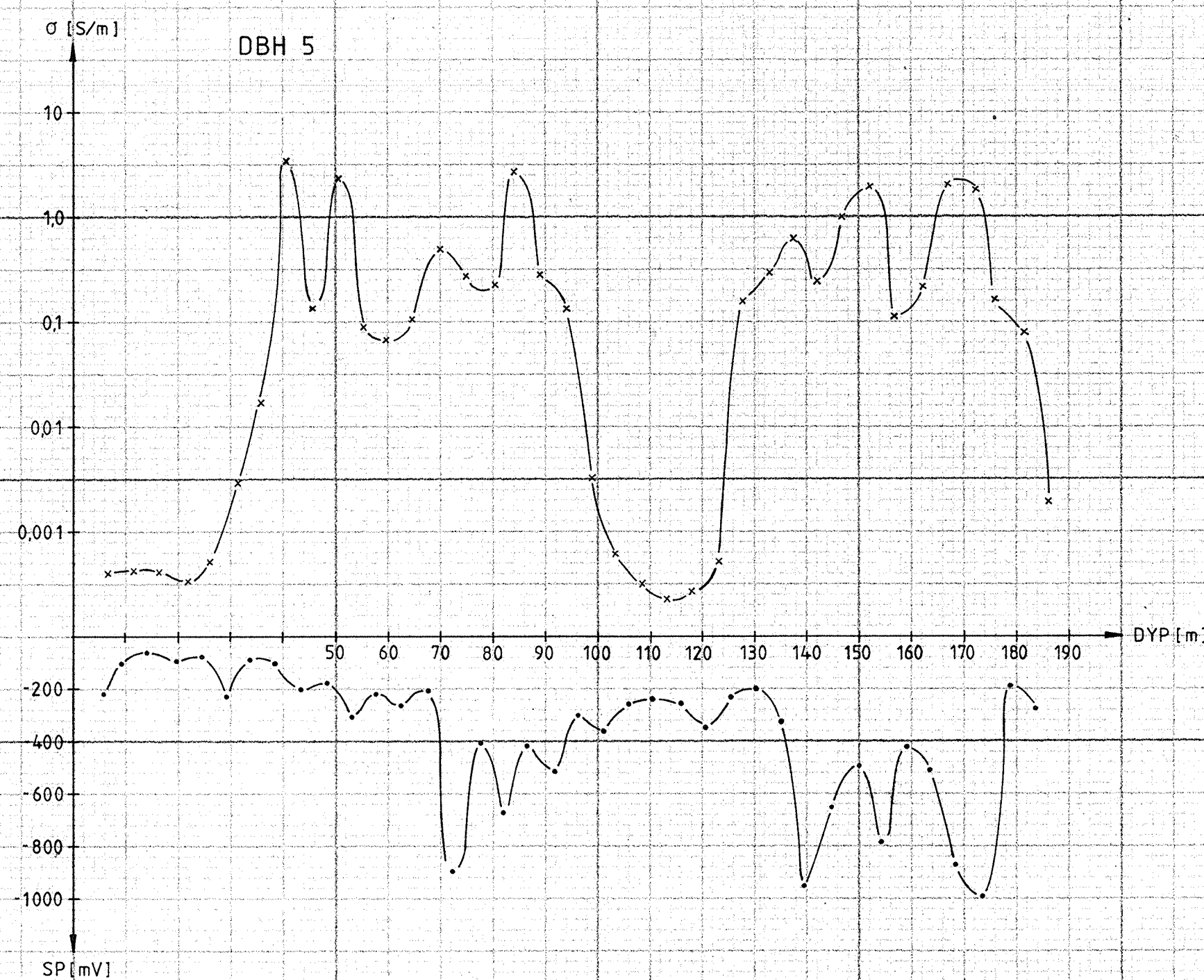
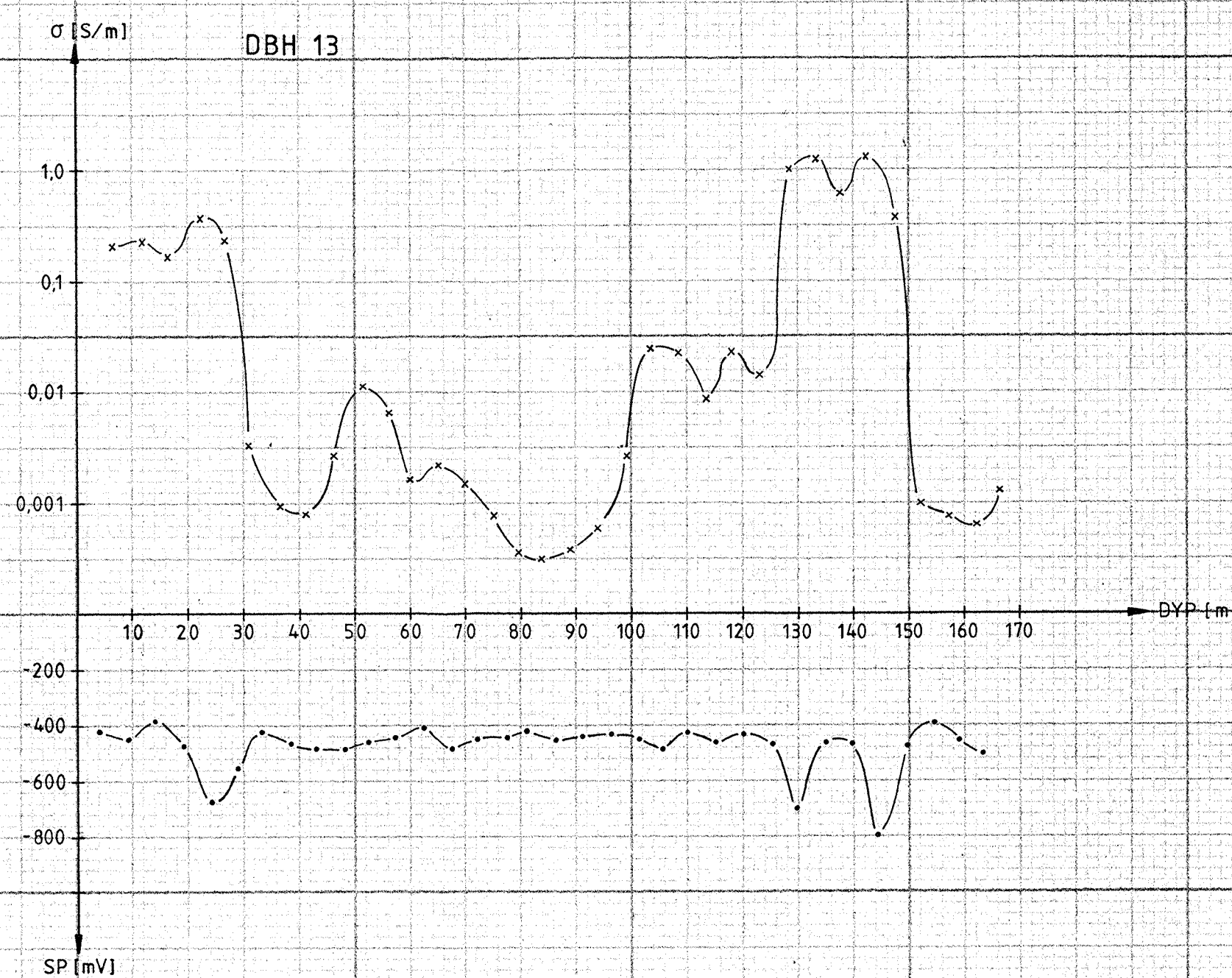
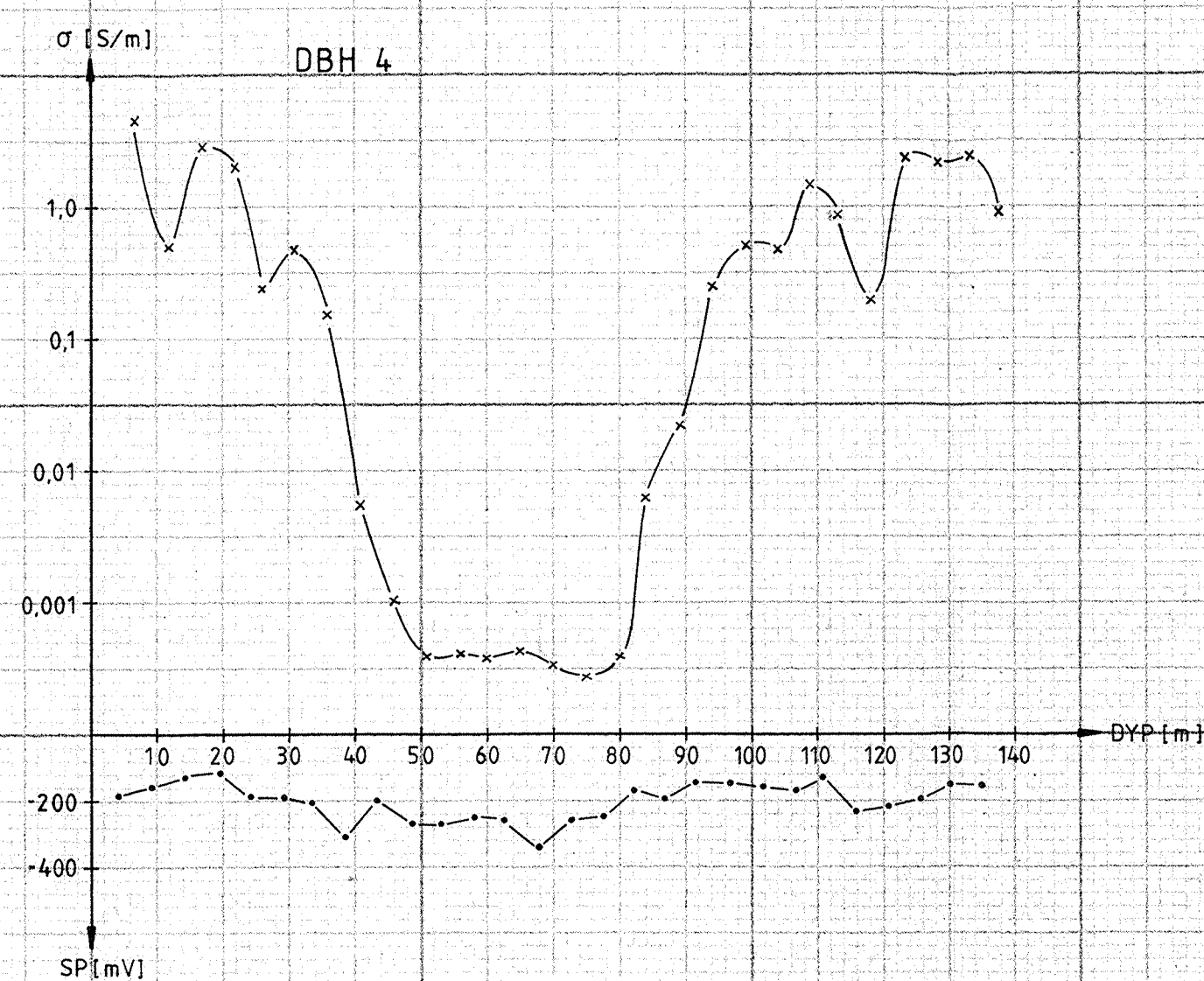
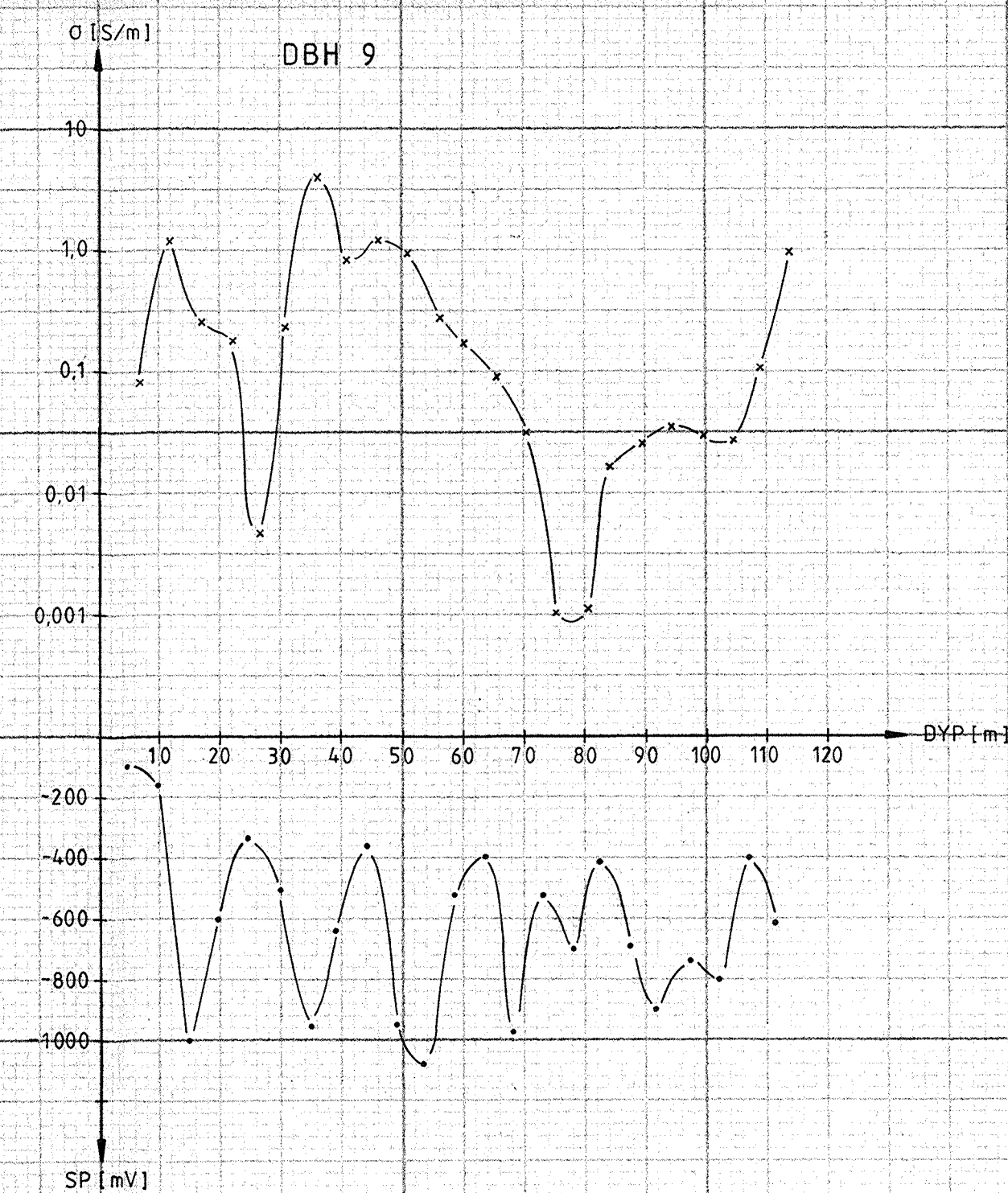
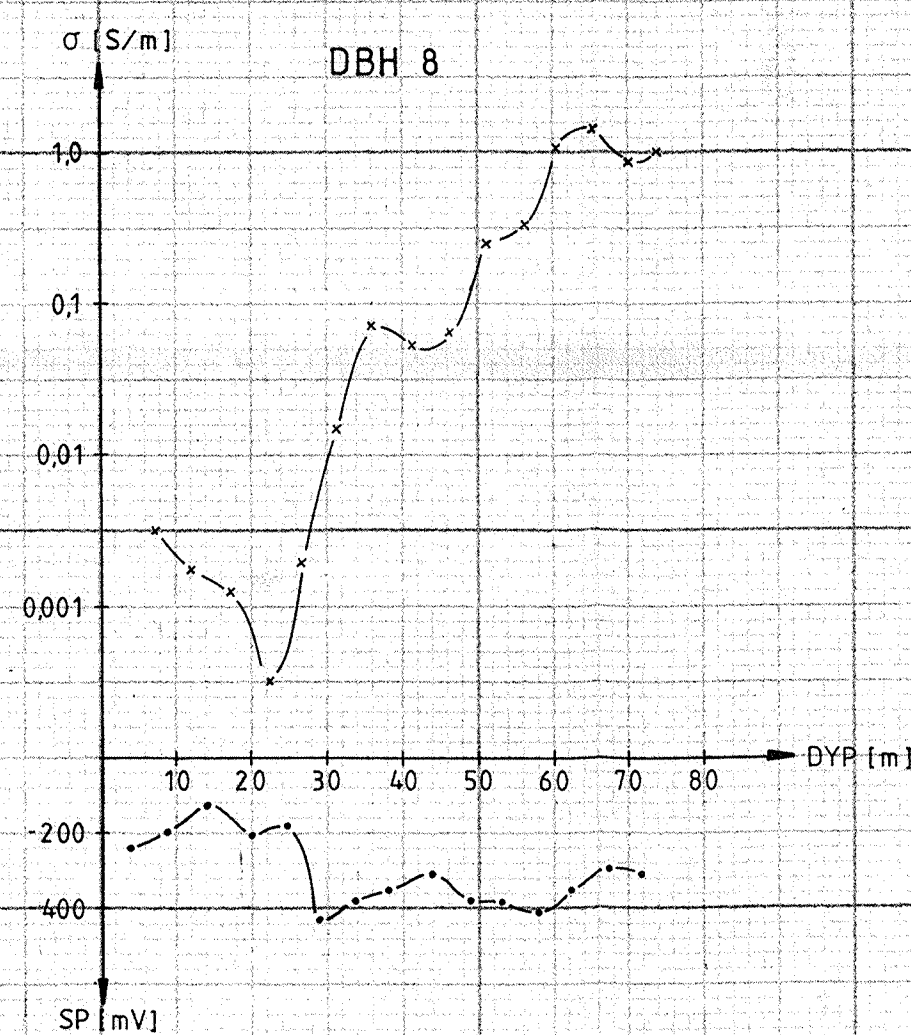
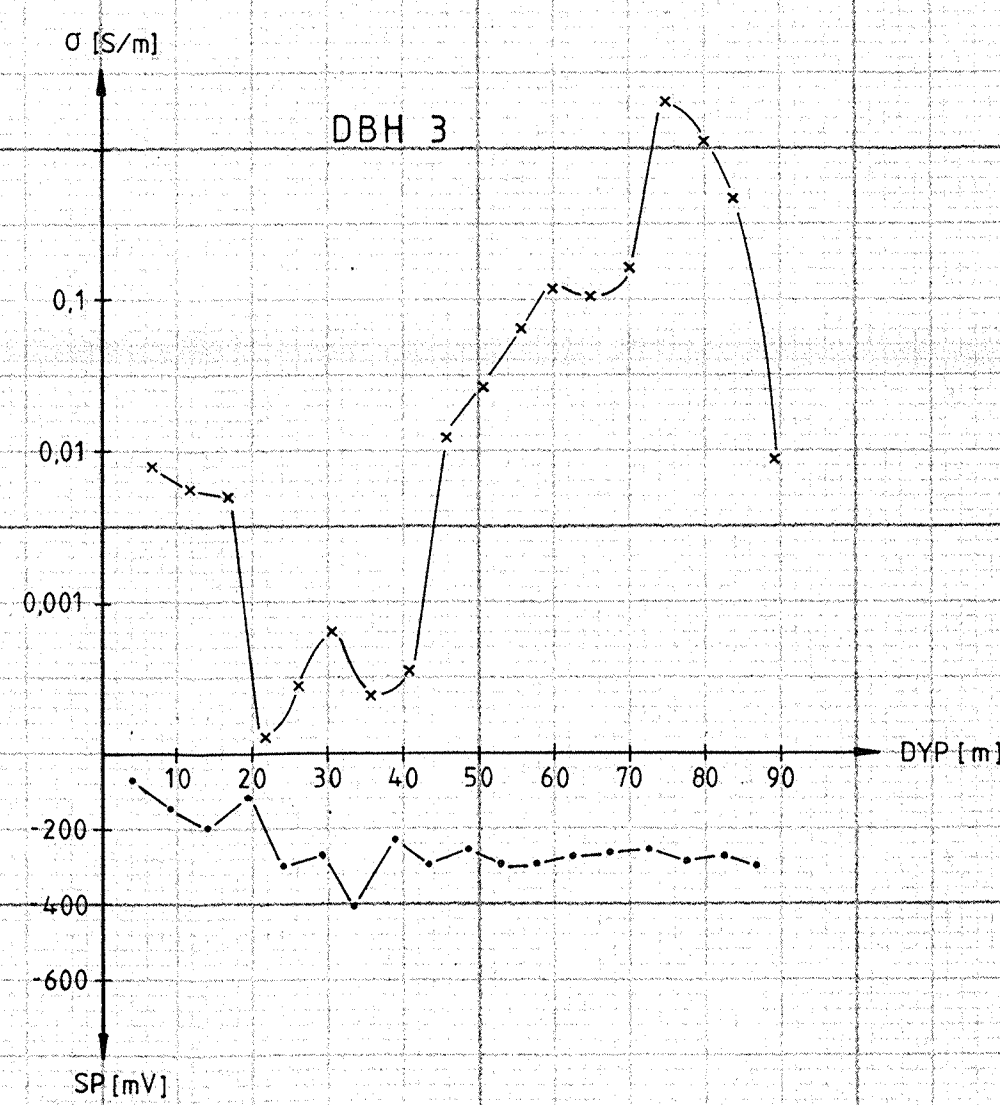
MÅLESTOKK
1:1000

MÅLT JSR JUNI 1983
TEGN. J.G. AUG. 1983
TRAC. ZZ OKT. 1983
KFR.

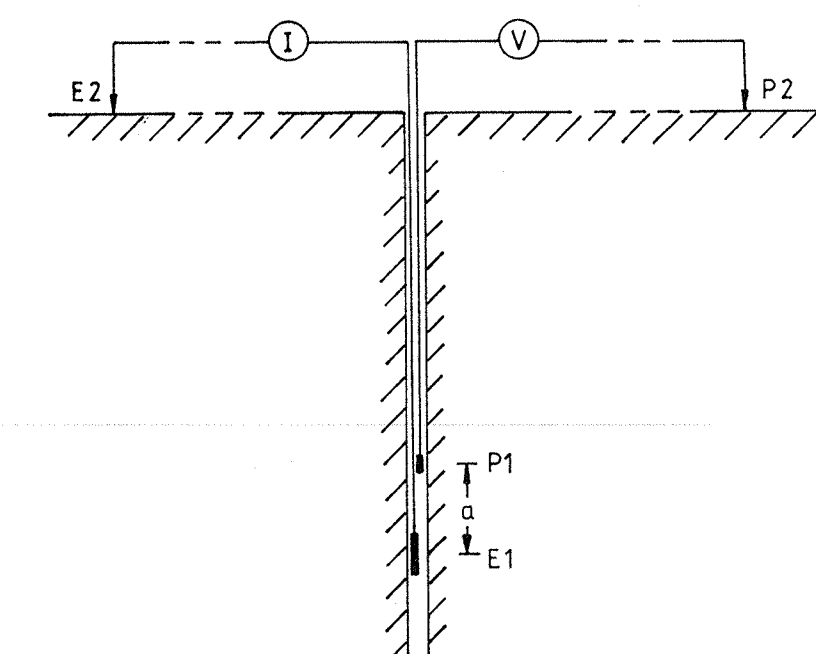
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

TEGNING NR.
2092 - 03

KARTBLAD NR.
1924 I, IV



TEGNFORKLARING



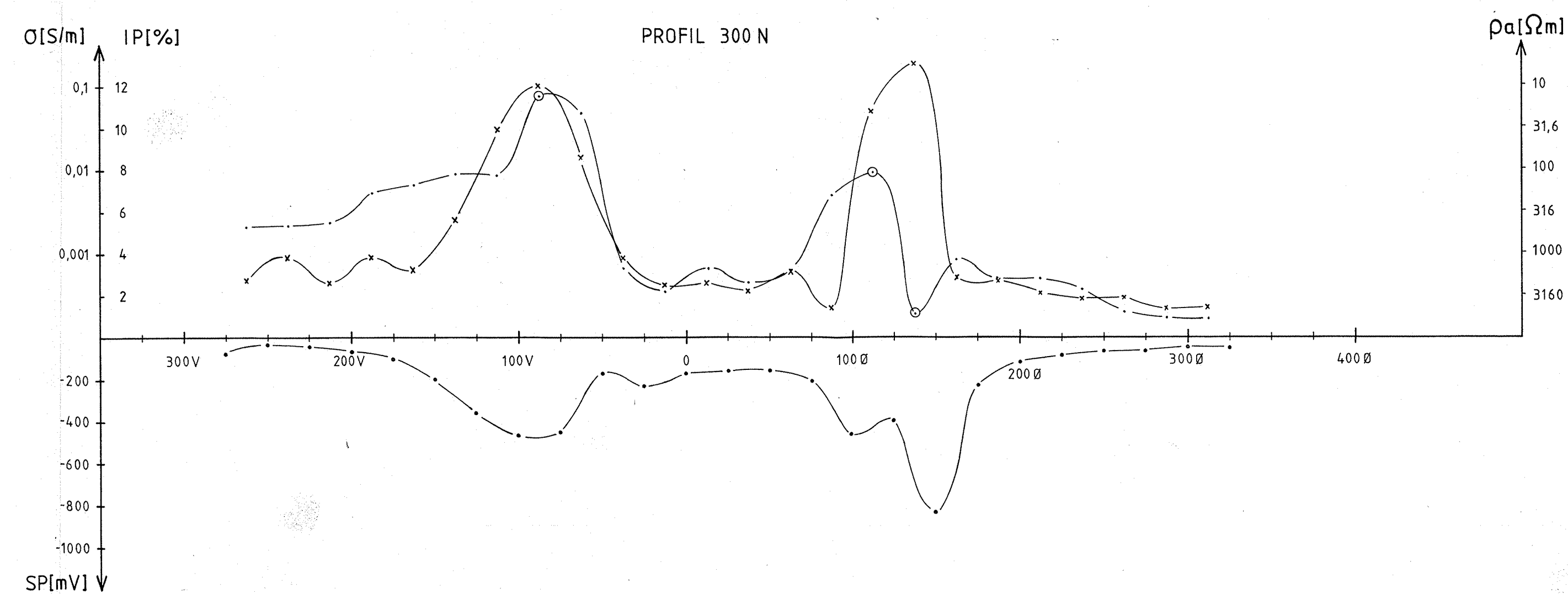
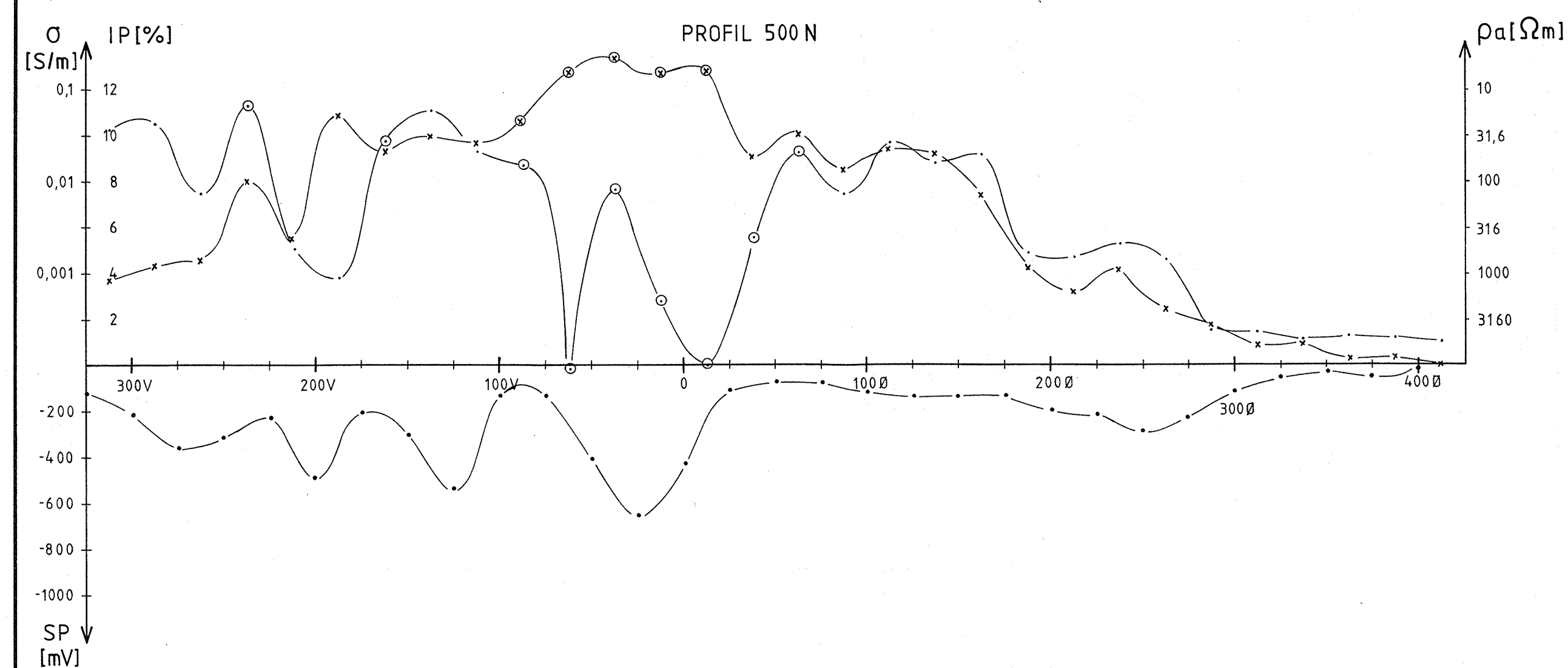
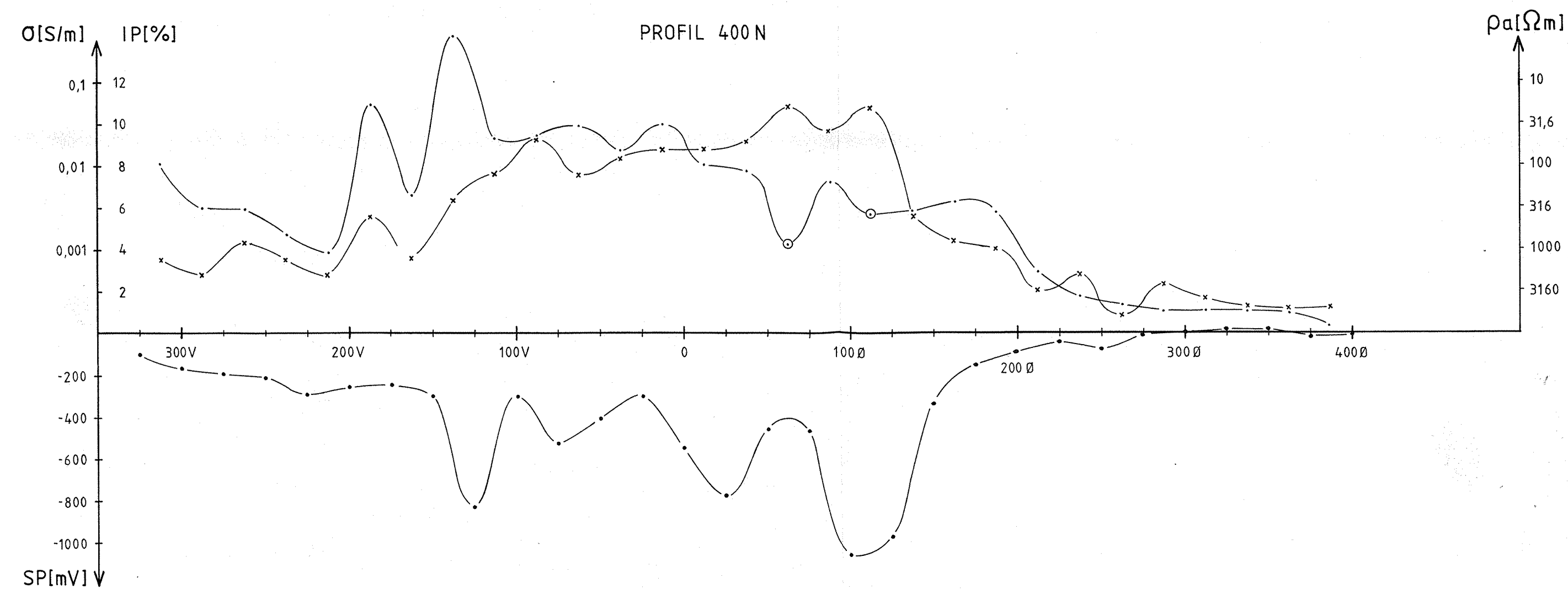
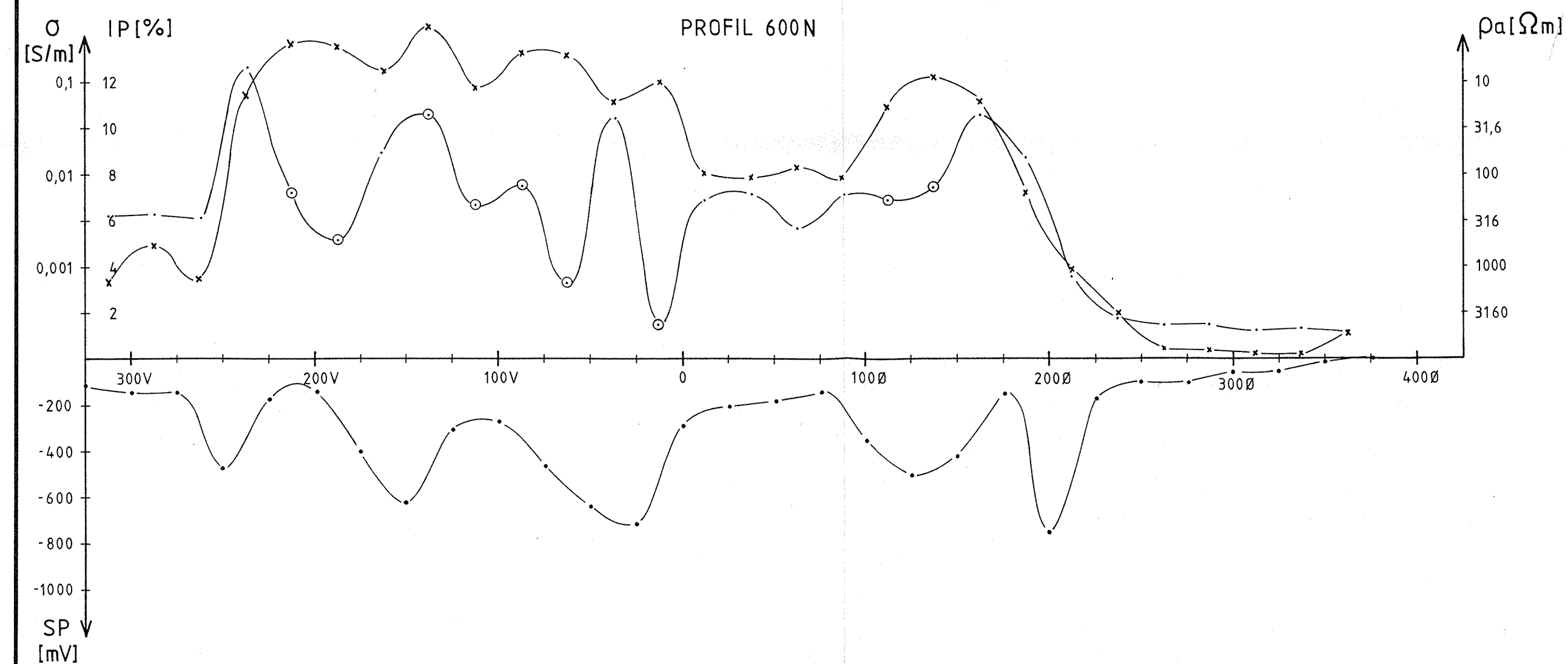
- E1: BORHULLS STRØMELEKTRODE
P1: ——— POTENSIALELEKTRODE
E2: FJERN STRØMELEKTRODE
P2: ——— POTENSIALELEKTRODE
 $a = 5$ METER
— x — LEDNINGSEVNE (σ)
— • — SELVPOTENSIAL (SP)
⊙ FEIL MÅLEVERDI (jfr. teksten)

GRØNG GRUBER A/S
 σ OG SP I BORHULL
BORVASSSELV
RØYRVIK, NORD-TRØNDELAG

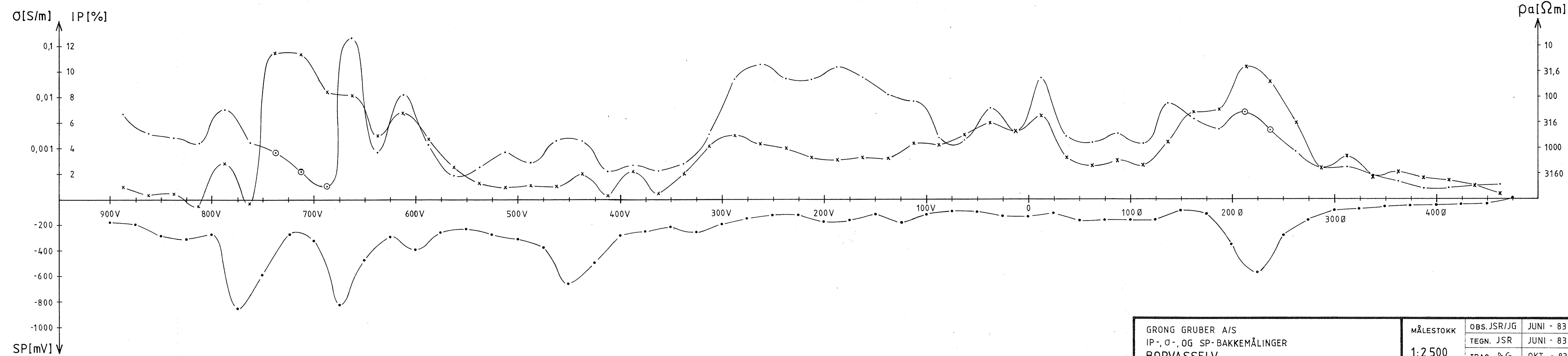
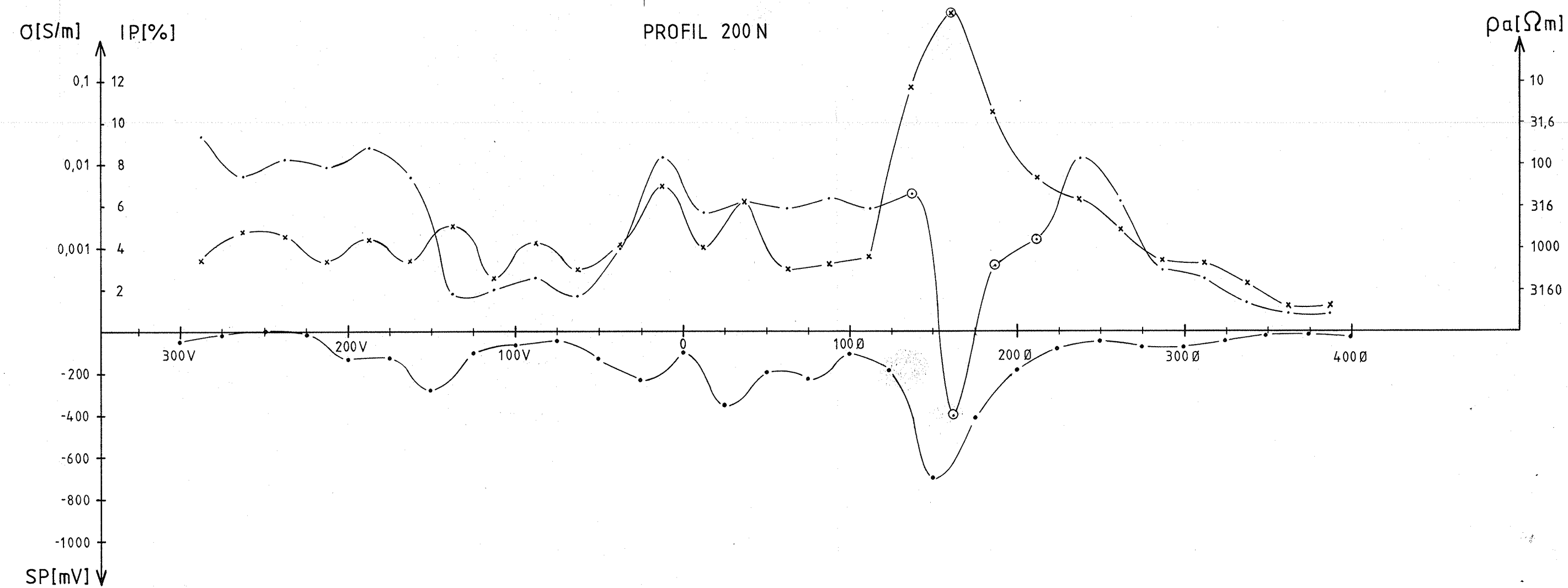
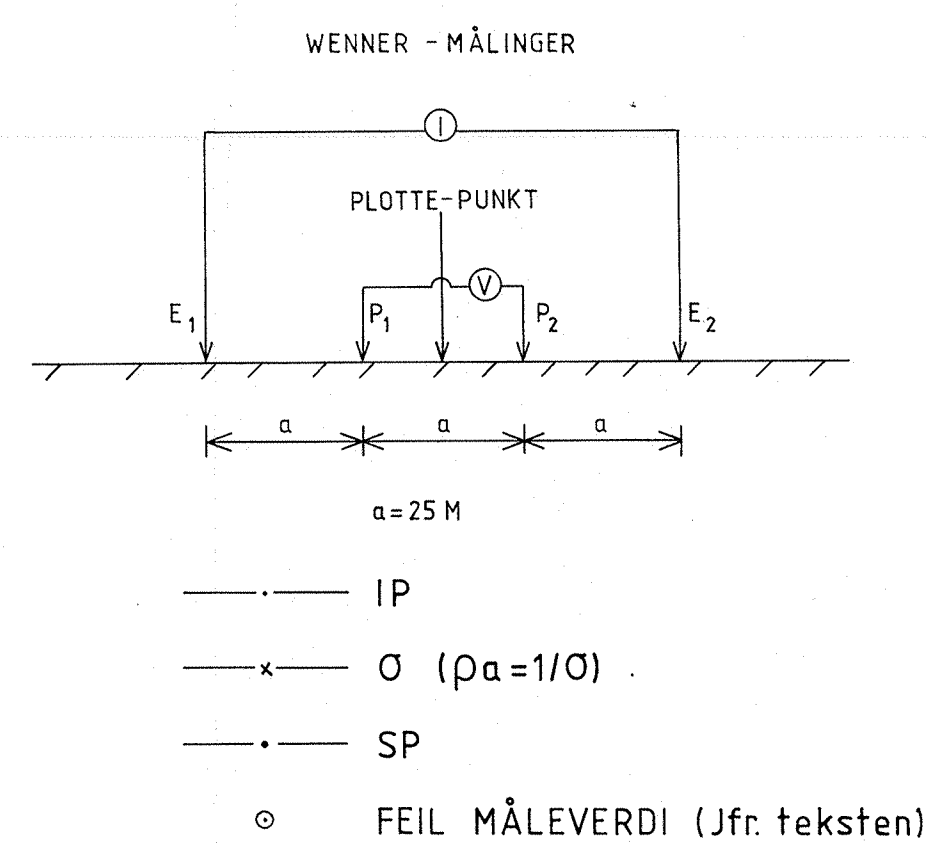
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

MÅLESTOKK	OBS. J.S.R.	JUNI 1983
1:1000	TEGN. J.G.	AUG. 1983
	TRAC. ZZ	OKT. 1983
	KFR.	

TEGNING NR.	KARTBLAD NR.
2092-05	1924 I, IV



TEGNFORKLARING:



GRONG GRUBER A/S IP - σ - OG SP-BAKKEMÅLINGER BØRVASSELV RØYRVIK, NORD-TRØNDELAG	MÅLESTOKK 1:2 500	OBS. JSR/JG	JUNI - 83
		TEGN. JSR	JUNI - 83
		TRAC. JG	OKT - 83
		KFR.	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM		TEGNING NR. 2092 - 04	KARTBLAD NR. 1924 I, IV