

NGU Rapport nr. 89.024

Geofysiske målinger på
Slettmoen i Modum kommune,
Buskerud

Rapport nr. 89.024		ISSN 0800-3416		Åpen/ For rettlig	
Tittel: Geofysiske målinger på Slettmoen i Modum kommune, Buskerud					
Forfatter: Lars Harald Blikra Jan Steinar Rønning			Oppdragsgiver: NGU		
Fylke: Buskerud			Kommune: Modum		
Kartbladnavn (M. 1:250 000) Hamar			Kartbladnr. og -navn (M. 1:50 000) 1715 II Krøderen		
Forekomstens navn og koordinater: Slettmoen 32V 5455 66620			Sidetall: 26		Pris: kr. 110,-
Feltarbeid utført: Mai -87		Rapportdato: 01.02.1989		Prosjektnr.: 32.2349.03	
				Seksjonssjef: <i>J. S. Rønning</i>	
Sammendrag: <p>I et samarbeid mellom Geofysisk avdeling og Løsmasseavdelingen ved NGU er det utført 20 vertikale elektriske sonderinger og ca. 12 km elektromagnetisk profilering over israndavsetningen på Slettmoen. Hensikten med dette var å kartlegge elektriske motstandsforhold som avspeiler kornstørrelse i de ulike deler av avsetningen. Det er tidligere utført refraksjonsseismiske målinger og noen sonderboringer.</p> <p>Målingene har gitt et godt bilde av motstandsforholdene i avsetningen, både lateralt og vertikalt. Et generelt trekk er at en i de vestlige og nordlige deler har store mektigheter (20-50 meter) av grovt materiale over grunnvannspeil, men noe mer finstoffholdig mot øst. I den vannmettede sonen indikeres store mektigheter sand (grus) mot nordvest. I avsetningens sentrale deler indikeres siltholdige materialer nærmest fjelloverflaten, og mektigheten av denne pakken er økende mot sørøst. Dette viser at en har hatt skiftende sedimentasjonsmiljø over forholdsvis korte avstander, alt etter lokaliseringen av de store smeltevannselvene fra breen. Resultatene som er presentert vil være et godt grunnlag for forvaltning av både sand- og grusressursene og grunnvannsressursene i området.</p>					
Emneord		Elektrisk måling		Grus	
Geofysikk		Elektromagnetisk måling		Grunnvann	
Kvartærgeologi		Refraksjonsseismikk		Fagrapport	

INNHOOLD

	Side
1. INNLEDNING	4
2. MÅLEMETODER OG UTFØRELSE	4
3. RESULTATER	5
4. SAMMENSTILLING OG TOLKNING	7
5.KONKLUSJON	10
6. REFERANSER	12

VEDLEGG:

Vedlegg 1: Kort beskrivelse av EM-31
Ledningsevne i noen materialtyper.

Vedlegg 2: Vertikale elektriske sonderinger (VES) -
Metodebeskrivelse

Vedlegg 3: Sonderingskurver (VES)

KARTBILAG:

89.024-01: Oversiktskart

89.024-02: Elektromagnetiske profiler

89.024-03: Sammenstilling av geofysiske målinger

1. INNLEDNING

Som del i et samarbeidsprosjekt mellom Geofysisk avdeling og Løsmasseavdelingen ved NGU er det foretatt en rekke geofysiske målinger på Slettmoen, Modum kommune. Formålet var å foreta en ressurskartlegging av den store israndavsetningen, samtidig som en ville studere de prosesser og avsetningsmekanismer som bygger opp slike avsetningstyper. En skulle i utgangspunktet samle inn informasjon om dybder til fjell, grunnvannsnivåer og materialsammensetning.

Det ble i 1985 og 1986 foretatt 6 refraksjonsseismiske profiler på Slettmoen (Hillestad 1987). Et gjennomgående trekk ved alle profilene er et topplag med hastigheter fra 400 - 900 m/s og en underliggende refraktor med hastigheter fra 1200 til 1600 m/s. Topplaget er 5 - 50 m mektig og antas å være tørr sand og grus. Grensen til det underliggende lag antas å representere grunnvannsnivået.

For å få bedre informasjon om materialsammensetningen både lateralt og vertikalt er det foretatt profilering med lett elektromagnetisk utstyr (EM-31) og vertikale elektriske sonderinger (VES). Denne rapporten vil bli konsentrert omkring disse målingene, men under tolkningsdelen er disse satt i sammenheng med de refraksjonsseismiske profilene og en del sonderboringer.

2. MÅLEMETODER OG UTFØRELSE

Over store deler av avsetningen er det målt med lett elektromagnetisk utstyr (EM-31), se vedlegg 1. Dette ble gjort for å få en oversikt over ledningsevneforholdene i overflaten.

Lokalisering og orientering på de 20 vertikale elektriske sonderingene ble foretatt ut fra de refraksjonsseismiske profilene og målingene med EM-31. Måleteknikk og usikkerheter ved metoden er beskrevet i vedlegg 2. Det ble benyttet et kabelsystem for Schlumberger elektrodekonfigurasjon og metallstaver ble brukt til både strøm- og potensialelektroder. Målingene ble utført med instrumentering av type ABEM Terrameter SAS300. I de tørre grusavsetningene hadde en visse problemer med å sende strøm ned i bakken. Dette ble kompensert ved å benytte en strømforsterker (SAS 2000 BOOSTER).

Feltarbeidet (totalt 11 dagsverk) ble utført av Jan Steinar Rønning og Hans Jørund Hansen.

3. RESULTATER

Lokalisering av de elektromagnetiske profilene og de vertikale elektriske sonderingene er vist i kartbilag 89.024-01.

3.1 ELEKTROMAGNETISKE MÅLINGER

Resultatene fra målingene med EM-31 er vist som motstandsprofiler i kartbilag 89.024-02. Det ble registrert noe drift i målingene ved krysningpunkt mellom enkelte profil, noe som kan skyldes endret temperatur i løpet av måleperioden. Dette vanskeliggjør en sammenligning fra profil til profil, og en må nøye seg med å studere relative variasjoner langs profilene.

Motstandsforløpet viser at det er en generell trend med lavere motstandsforhold i overflaten mot sør og øst. Denne endringen i motstandsforhold mot øst er særlig markert ved profil 3, 4, 8 og 9. Dette kan skyldes enten lavere motstander i overflaten eller at et topplag med høy motstand avtar i tykkelse. Trolig er det i dette området en kombinasjon av lavere motstandsforhold i overflaten og redusert mektighet av et høymotstandslag i toppen. Mindre avvik i målingene skyldes ulike forstyrrelser som veger, jernbane, grøfter o.l.

3.2 VERTIKALE ELEKTRISKE SONDERINGER (VES)

Det er utført 20 VES i området. Målingene er utført i den hensikt å finne grenser mellom materialtyper som en ikke får frem ved refraksjonsseismikk, særlig mulige grenser mellom grovt og finkornig materiale under grunnvannsnivået.

Måledata er korrigert for Wenner effekt (Mundry 1980) og elektrode effekt før modellberegning med programmet VESABS på NGUs HP 3000 (Kihle 1978). Til tross for lave strømstyrker er måledata av god kvalitet, og sonderingskurvene er relativt lette å modelltilpasse. For de fleste sonderingene er strømelektrodeavstanden i minste laget for tolkninger av dyp til fjell og motstand i fjell. En har i disse tilfellene benyttet tolket fjelldyp ved refraksjonsseismikk, og en antatt motstand i fjell. Sonderingskurver med modelltilpasninger er presentert i vedlegg 3.

Bortsett fra VES 11 og 15 er det et godt samsvar mellom VES, refraksjonsseismikk, sonderboringer og data om grunnvannsnivåer (Kraft 1984). En sonderboring ved VES 11 viser at det tolkede seismiske profil må være feil, da boringen viser større dyp til fjell. Dette kan skyldes en blindsoner eller at en ved beregningene har brukt for lave hastigheter. VES 15 har en dårlig kurvetilpasning i de nedre deler, dette skyldes trolig inhomogeniteter i overflaten, noe som også de elektromagnetiske målingene viser.

Målingene viser generelt veldig høye verdier i et 2 -8 m mektig topplag (100000 - 200000 ohm m), noe som er tolket til å være grovt og tørt materiale. Videre er det mektige lag med verdier mellom 30000 og 100000 ohm m. Dette antas å representere tørre sand og grushorisonter. En får drastisk fall i motstandsverdier under grunnvannsnivået. Sand og grusmasser ser ut til å ha verdier mellom 5000 og 10000 ohm m. Mer finere sandmasser ser ut til å ha motstandsverdier i intervallet 1000 - 5000 ohm m. Noen sonderinger antas å gå ned i mer finkornig materiale (silt) med tilsynelatende motstandsverdier fra 120 til 250 ohm m.

SAMMENSTILLING OG TOLKNING

Langs en del profiler er det foretatt en sammenstilling av de ulike geofysiske målingene (kartbilag 89.024-03). De sonderboringene som er foretatt er viktig for en del av våre tolkninger, og de er derfor også lagt inn langs profilene. Disse vil for øvrig bli presentert i en senere rapport.

PROFIL 1.

Fjelloverflaten heller svakt mot SØ, og løsmassemekktigheten varierer mellom 38 og 65 m. Grunnvannsnivået ligger på ca 175 m o.h. ved koordinat 0 - 500 m, men videre mot SV synker dette nivået ned mot 165 m o.h. En observasjonsbrønn like NØ for profilet bygger opp under at denne tolkningen er riktig (Kraft 1984).

De elektriske motstandsforholdene antyder et ca. 4 m grovt topplag med sand/grusmasser ned mot grunnvannsspeilet. Under grunnvannsspeilet har en tilsynelatende motstandsverdier på 5000 - 10000 ohm m. Dette representerer trolig sandmasser, mulig med noe grus. Sonderingene 3, 20 og 5 viser en tiltagende økning av et lavmotstandslag over fjell mot SØ. Boring 10 helt i SØ viser da også at en får finere sand (siltig) under grunnvannsnivået.

Boring 6 viser grusige sandmasser fra 180 m o.h., og med finsand helt i bunn. Den vertikale elektriske sonderingen her (VES 1) bekrefter denne utviklingen med relativt lave motstander (1100 ohm m) i bunn av avsetningen. Da denne sonderingen er målt i et massetak kan denne ikke direkte sammenlignes med andre sonderinger langs profilet.

PROFIL 2.

Fjelltopografien er her noe undulerende mellom 115 - 148 m o.h., og med løsmassemekktigheter fra 38 til 72 m. Grunnvannsspeilet som er tatt ut fra det seismiske profilet ligger på 164 m o.h. i NV stigende til 170 - 172 m o.h. mot SØ. To observasjonsbrønner her viser at tolkningen av grunnvannsnivået er rimelig (Kraft 1984). VES 6 og VES 7 har et høymotstandslag i toppen (150000 ohm m). Boringer viser at en i toppen har sandige og til dels grusige masser. Mellom dette topplaget og grunnvannsspeilet er det en horisont med tolkede motstander på 35000 og 55000 ohm m. Boringer antyder at dette er sand.

Både boringer og VES viser at en under grunnvannsspeilet får en stadig finere materialsammensetning mot dypet. Tilsynelatende motstander på 3500/2500 ohm m går over i 120 ohm m. Dette indikerer en overgang fra sand til silt. Grensen mellom 2500/3500 og 120 ohm m er tolket til å være en overgangssone og må ikke taes som en skarp grense.

PROFIL 3.

Tolkningene er i hovedsak bygd på det seismiske profilet, men er supplert med en vertikal elektrisk sondering og tre sonderboringer.

Pga den ujevne fjelltopografien varierer løsmassemektheten mye, fra 7 til 78 m. Den markerte terskelen litt SV for midten av profilet markerer et skarpt skille i grunnvannsnivåets høyde. SV for terskelen har en lagt grunnvannsoverflaten på 136 til 150 m o.h., men dette nivået må bare taes som et grovt anslag da den grunnvannsmetta delen ligger som blindsoner. Nivået synes imidlertid å være rimelig ut fra høyden til Snarumelva like ved profilet. NØ for terskelen ligger grunnvannsspeilet på 176 m o.h. stigende til 186 m o.h. helt i øst. Fjellterskelen ser altså ut til å fungere som en demning for et grunnvannsmagasin.

Både boringer og VES 2 tyder på at en har et 2 - 4 m mektig topplag (180000 ohm m). De viser videre at en har forholdsvis grovt materiale i store deler av lagpakken. Motstandsmålingene antyder at en kan få noe mer finkornig materiale mot dypet. Den nederste delen av lagpakken består trolig av ren sand (boring 7) og motstanden er her tolket til 5000 ohm m.

PROFIL 4.

Det er en del basseng og forhøyninger i fjelltopografien. To markerte bassenger på 100 og 120 m o.h. er avgrenset av en forhøyning på 160 m o.h. Den østlige delen av profilet har en svak undulerende overflate mellom 150 og 170 m o.h. Den totale løsmassemektheten varierer fra 22 til 90 m.

Grunnvannsnivået vest for forhøyningen ligger på ca 140 m o.h., med svak stigning mot øst. Kryssende profil viser et grunnvannsspeil på 150 m o.h. Dette viser at det er en del usikkerheter ved de seismiske tolkningene (blindsoner). Øst for forhøyningen ligger grunnvannsnivået på 153 m o.h., stigende til 180 m o.h. helt i øst.

En har i hovedsak den samme løsmasseoppbygging som for de andre profilene. De vertikale elektriske sonderingene viser en trend med lavere motstandsverdier mot dypet. Dette indikerer at en fra fjellnivået og oppover har en oppgrovingssekvens. Helt i vest har vi i bunnen modellert inn et lavmotstandslag på 600 ohm m, noe som trolig er finsand/silt. I østlige deler ligger dette lavmotstandslaget i intervallet 60 - 220 ohm m, noe som trolig skyldes en finere materialtype (silt). VES 10 er trolig påvirket av veg og jernbane og viser derfor noe lave motstandsverdier.

Det kan altså synes som om en har både en vertikal og en lateral (vest til øst) materialforandring fra grovt til mere finkornig sediment. Denne laterale utviklingen kommer også tydelig frem på de elektromagnetiske målingene (kartbilag 89.024-02).

PROFIL 5.

Tolkningen bygger på det seismiske profilet og VES 5. Profilet går over et basseng som starter i vest på 144 m o.h., går ned til 100 m o.h. og stiger mot øst til 142 m o.h. Grunnvannsnivået er tolket til å ligge på 152 m o.h. i vest, stigende til 160 - 170 m o.h. i øst. Løsmassenes mektighet varierer fra 45 til 90 m.

Både de seismiske hastighetene og motstandverdiene viser at materialet over grunnvannsnivået er sand og grus. Motstandsmålingene antyder en oppgrovingssekvens. Under grunnvannsnivået har en samme tendens, med finstoff, trolig silt på bunnen.

PROFIL 6.

Dette profilet har store likheter med profil 5, idet dette også går tvers over et basseng. Grunnvannsspeilet ser ut til å ligge plant på 150 m o.h. Et kryssende profil (profil 4) viser imidlertid et grunnvannsspeil på 140 m o.h. De seismiske hastighetene og to boringer viser at horisonten over grunnvannsnivået er sand og grus. Det er ikke foretatt VES langs profilet, og det kan derfor ikke sies noe om eventuelle materialforandringer under grunnvannsspeilet.

PROFIL 7

Tolkningene bygger på 7 VES og 4 boringer. Det er ikke foretatt seismikk langs profilet, og dette svekker sikkerheten i tolkningene.

Grunnvannsnivået ser ut til å ligge svært høyt over store deler av profilet (0 - 8 meters dyp). VES og boringer viser at det grove topplaget er tynt, bortsett fra i de nordvestlige deler hvor en sonderboring viser forholdsvis grovt materiale i hele løsmassesekvensen. Denne sonderingen ligger svært nær proksimalkanten av deltaet og en kan her vente å finne lokale, sterkt varierende materialsammensetninger. Slike sterkt skiftende laterale motstandsvariasjoner kan være grunnen til de lave motstandsverdiene i bunn av VES 14.

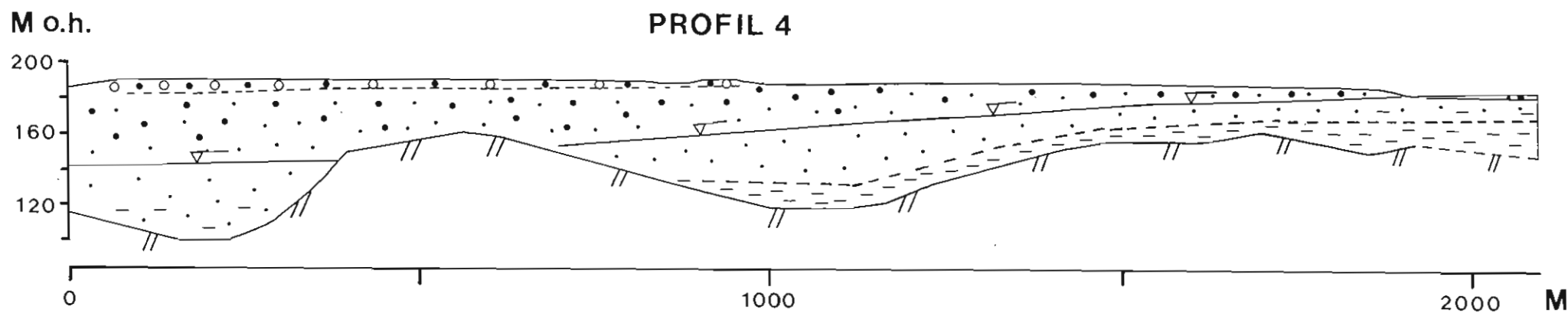
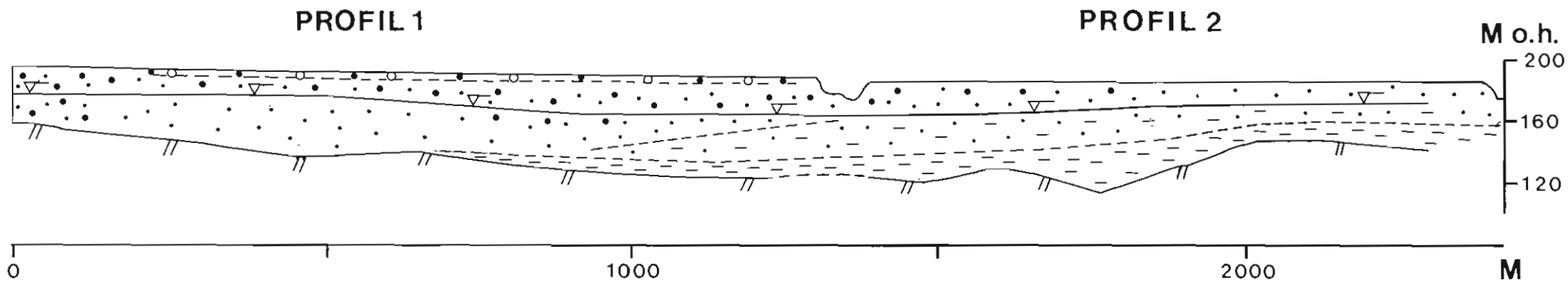
De tilsynelatende motstandsverdiene viser at en bortsett fra i de nordvestlige deler har forholdsvis finkornige sediment under grunnvannsspeilet (finsand/silt).

KONKLUSJON

De vertikale elektriske sonderingene og de elektromagnetiske målingene som er foretatt har skaffet vesentlig tilleggsinformasjon om løsmassene i området. Målingene har påvist i hvilke områder en trolig har mye finkornig materiale, både vertikalt og lateralt. I vestlige og nordlige deler av deltaet er det store mektigheter med grovt materiale over grunnvannsnivået. Tykkelsen av denne tørre og grove sonen avtar raskt mot øst, trolig som følge av mer finkornig materiale (Fig. 1). Kommer en så langt sør som til profil 2 kan en også her se en trend med avtagende tykkelse av det tørre og grove topplaget.

Forskjellene i materialsammensetning over deltaområdet må ha sammenheng med smeltevatnets drenering da brekanten lå proksimalt for deltaet. Slettmoåsen i nord kan ha fungert som en beskyttelse mot smeltevannsdrenering mot de østlige delene, som da kan ha fungert som en bakevje. De groveste sedimentene har blitt avsatt sentralt i dalen, med gradvis finere sediment mot øst og sør. De data som foreligger tyder på at skiftingene i sedimentasjonsmiljø er større på tvers enn på langs av deltaet. Dette viser at en i slike store randavsetninger kan ha svært skiftende sedimentasjonsforhold over forholdsvis korte avstander, alt etter lokaliseringen av de store smeltevannselvene fra breen.

Ut fra de geofysiske målingene kan en foreta en grov inndeling av området med hensyn til materialsammensetning, og utarbeidelse av en oversikt over fordelingen av de utnyttbare sand og grusressursene er derfor mulig. Videre vil de resultatene som er presentert være et godt grunnlag for forvaltning av grunnvannsressursene i området. Disse aspektene vil bli berørt i en egen rapport.



TEGNFORKLARING:

—//— FJELLOVERFLATE

—▽— GRUNNVANNSNIVÅ

KORNSTØRRELSER:

○ ○ STEIN

• • GRUS

• • SAND

— — SILT

Fig. 1 Geologisk tolkning av de geofysiske målingene langs profil 1, 2 og 4.

REFERANSER

Hillestad, G. 1987: Seismiske målinger. Slettmoen, Modum, Buskerud. Nor. geol. unders. Rapport nr. 87.052, 9 s.

Kihle, O. 1978: VESABS - Et program for interaktiv tolkning av vertikale elektriske sonderinger. Nor. geol. unders. EDB dokumentasjon 78-02, 8s.

Kraft, P.I. 1984: Grunnvannsundersøkelser ved Kløftefoss, Modum kommune, med hensyn på forurensingsfaren fra prosjektert infiltrasjonsanlegg. Nor. geol. unders. Rapport, 4 s.

Mundry, E. 1980: The effects of a finite distance between potential electrodes on Schlumberger resistivity measurement - A simple correcting graph. Geophysics Vol. 45 No. 12, s 1872-1875.

VEDLEGG 1.

KORT BESKRIVELSE AV EM-31

EM-31 er en elektromagnetisk utrustning som måler undergrunnens tilsynelatende elektriske ledningsevne. Den er spesialbygd for kartlegging av løsmasser, og siden instrumentet er enmannsbetjent er det lite ressurskrevende.

Instrumentet består av en sender- og en mottakerspole samt en kontrollenhet. Et primært elektromagnetisk felt går ut fra senderen og setter opp strømmen i bakken. Disse vil omgi seg med et sekundært magnetfelt, som i sin tur registreres av mottageren. Ved å måle den komponent som er ute av fase med det primære magnetfeltet beregnes undergrunnens tilsynelatende elektriske ledningsevne. Denne kan avleses direkte på instrumentet. Spolene er plassert i konstant avstand, 3.66 m fra hverandre og har vertikale akser. Arbeidsfrekvensen er på 9.8 kHz, og dybderekkevidden angis til ca. 6 meter. Med dette menes at instrumentet kan detektere laterale endringer i ledningsevne ned til 6 meters dyp. Tilsynelatende ledningsevne kan avleses kontinuerlig, men i praksis vil en registrere data ved faste intervaller for senere profiluttegning.

Ved relative homogene løsmasser og en ensartet berggrunn vil en variasjon i tilsynelatende ledningsevne kunne indikere en tilsvarende variasjon i løsmassenes tykkelse. Dersom en kjenner den spesifikke ledningsevne i løsmassene og i berggrunnen kan løsmassenes tykkelse kvantifiseres. I praksis kan en imidlertid kun bestemme tykkelsen kvalitativt. Tabellen nedenfor viser aktuelle motstander (inverte av ledningsevne) for noen geologiske materialer.

Leire, salt	1 -	30 ohm.m
Leire, utvasket	20 -	100 "
Silt, våt	70 -	150 "
Sand og grus, vannmettet	120 -	4000 "
Grus, tørr	2000 -	100000 "
Morene	100 -	20000 "
Oppsprukket fjell	1000 -	2000 "
Massivt fjell	2000 -	50000 "

TABELL: Spesifikk motstand i noen geologiske materialer.

VERTIKALE ELEKTRISKE SONDERINGER (VES) - METODEBESKRIVELSE

Elektriske dybdesonderinger (VES) benyttes for å kartlegge undergrunnens elektriske motstandsforhold. Målingene foretas med Schlumberger elektrodekonfigurasjon (se fig.). Strøm sendes i bakken ved hjelp av to strømelektroder A og B, og elektrisk potensialforskjell måles mellom to potensialelektroder M og N. Ut fra målt potensialdifferens, målt strømstyrke og en geometrisk faktor bestemt av elektrodeposisjoneringsene kan elektrisk motstand i undergrunnen beregnes. Ved homogene og isotrope forhold er denne størrelsen lik materialets resistivitet eller spesifikke motstand (ρ) med enhet ohm m. I de aller fleste tilfeller har ikke undergrunnen homogene motstandsforhold og verdien som beregnes fra målingene vil være en tilsynelatende resistivitet (ρ_a , a =apparent).

Ved å flytte strømelektroden A og B stegvis utover oppnås stadig dypere strøminntrengning og den beregnede tilsynelatende resistivitet vil i økende grad være påvirket av resistiviteten i dypere liggende lag. Etter hvert som avstanden AB øker, reduseres potensialdifferansen mellom M og N, og signal/støy-forholdet avtar. Dette problemet løses ved også å øke avstanden mellom potensialelektroden (MN) noen få ganger i løpet av en sondering. Når MN-avstanden økes blir det målt om igjen på minst de to siste (største) AB-avstandene fra forrige MN-verdi.

Måleresultatene plottes i et dobbellogaritmisk diagram med tilsynelatende resistivitet langs vertikal akse og $AB/2$ -avstand langs horisontal akse. Kurvesegmenter kan nå trekkes opp for hver MN-avstand som er benyttet. Kurvesegmentene vil som regel ikke være helt sammenfallende for overlappende $AB/2$ -avstander. Dette har to årsaker. Ved endring av MN-avstanden innføres en liten feil kalt "Wenner-effekten" som er avhengig av elektrodegeometri og geologiske forhold. Effekten kan relativt lett korrigeres. Spesielt for steile sonderingskurver vil korrekturen være nødvendig, mens feilen ofte vil være neglisjerbar for mindre motstandskontraster. Dårlig samsvar mellom kurvesegmentene skyldes som regel hovedsakelig laterale inhomogeniteter mellom potensialelektroden. Dette korrigeres for ved å forskyve hvert kurvesegment langs vertikalaksen til det gir god overlapp med foregående segment. På

denne måten kan det oppnås en sammenhengende sonderingskurve. De korrigererte sonderingsdata er lagt inn på NGUs dataanlegg og er "tolket" ved bruk av kurvetilpasningsprogrammet VESABS. I programmet legges inn en geologisk modell, bestående av planparallelle lag og med angivelse av resistivitet (ρ) og tykkelse (h) for hvert lag. Programmet beregner den teoretiske sonderingskurven som modellen gir. Modellen justeres slik at det oppnås best mulig tilpasning mellom den teoretiske modellkurven (heltrukket) og den målte sonderingskurven (plottet).

En slik tolkning er ikke entydig og det er vesentlig to forhold som kan gjøre tolkningene usikre. Det ene som kalles likeverdighet eller ekvivalens skyldes at et lags tykkelse og resistivitet kan variere innenfor visse grenser, men ha tilnærmet samme innvirkning på sonderingskurven. For et høymotstandslag som ligger mellom to lag med lavere motstand er det produktet av lagets resistivitet og tykkelse ($\rho \cdot h$) som bestemmer kurveformen og ikke de to størrelser hver for seg. For et lavmotstandslag som ligger mellom to lag med høyere motstand vil kurveformen være bestemt av forholdet mellom lagets tykkelse og resistivitet (h/ρ). Ekvivalensproblemet er spesielt stort ved store resistivitetskontraster og/eller dersom laget er tynt i forhold til overliggende materiale.

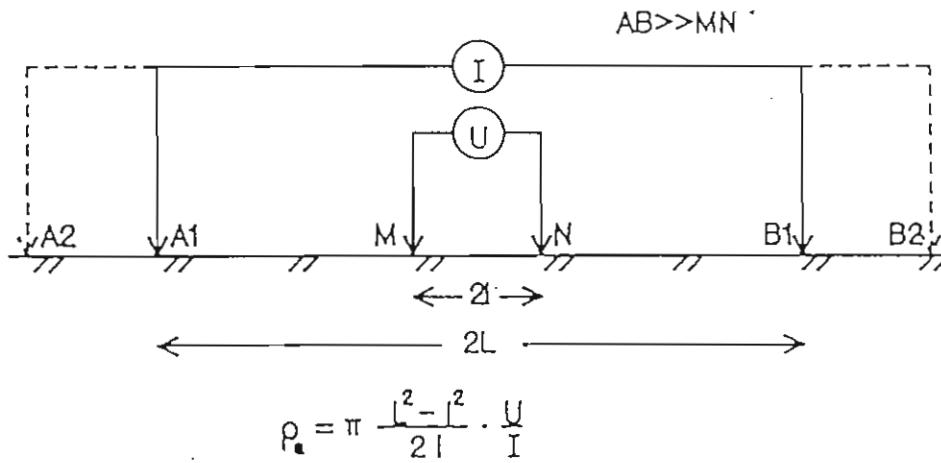
Det andre forhold som skaper tolkningsproblemer skyldes undertrykking (suppresjon) av et lag. Når lagets resistivitet har en verdi som ligger imellom de to omgivende lag, vil laget ikke kunne erkjennes av sonderingskurven hvis det ikke er tykt nok. Suppresjonsproblemet er størst ved store resistivitetskontraster. Den kritisk minste lagtykkelse som kan erkjennes vil også være avhengig av overliggende mektighet og vil være størst når resistiviteten i laget ligger nærmest resistivitetsverdien for underliggende materiale.

Anisotropi i det geologiske materiale kan også føre til feiltolkninger. Inhomogene forhold i grunnen kan dessuten medføre at sonderingskurvene ikke kan tolkes med de modelltyper som benyttes.

For å redusere flertydigheten er det viktig å benytte den geologiske informasjon som forøvrig finnes når tolkningsmodellene bygges opp.

På neste side er vist resistivitetsområdene for de mest vanlige materialtyper.

Schlumberger elektrodekonfigurasjon:



Tegnforklaring:

A OG B : STRØMELEKTRODER

M OG N : POTENSIALELEKTRODER

(I) : AMPEREMETER

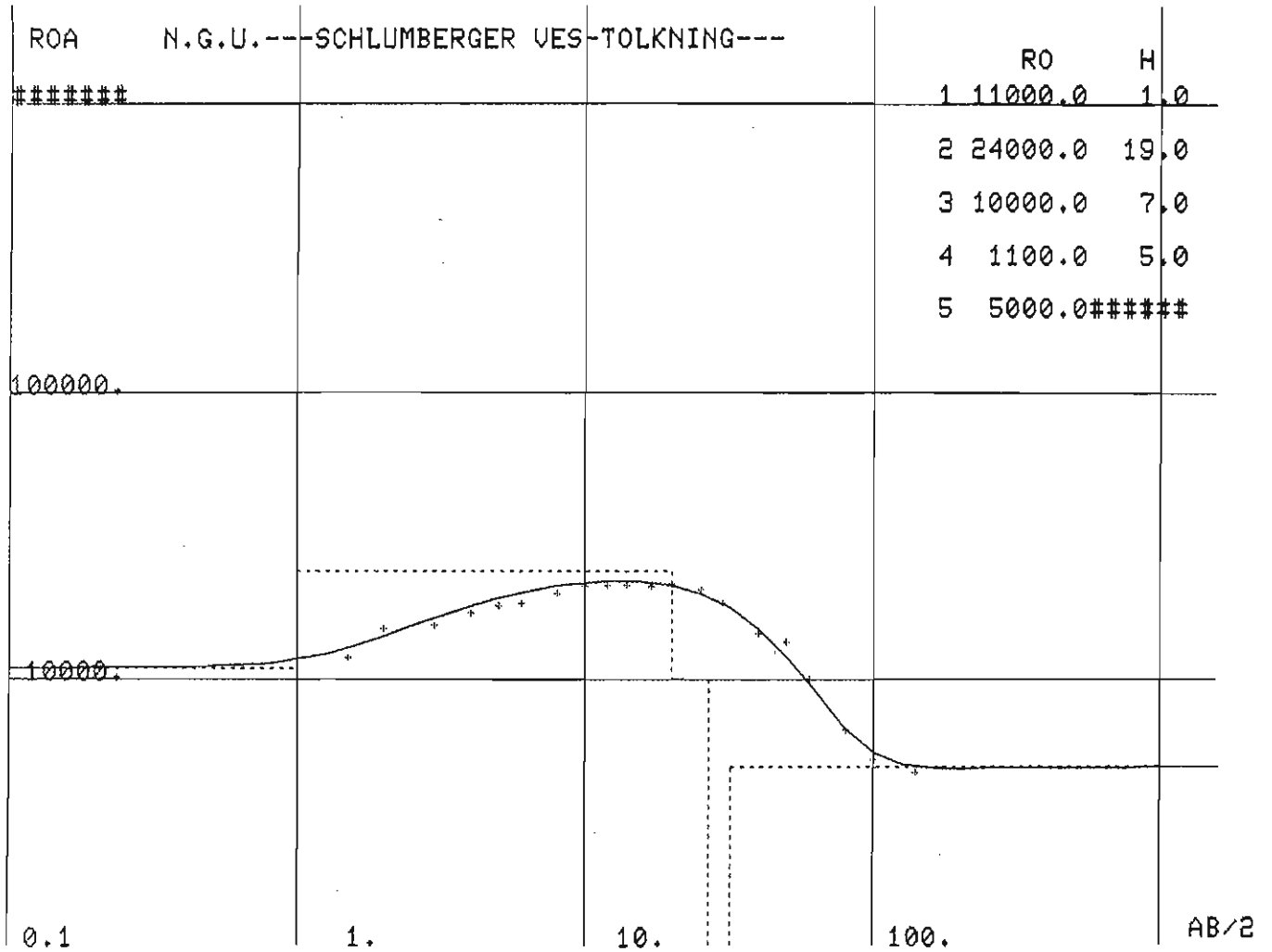
(U) : VOLTMETER

Spesifikk motstand (resistivitet) i noen geologiske materialer:

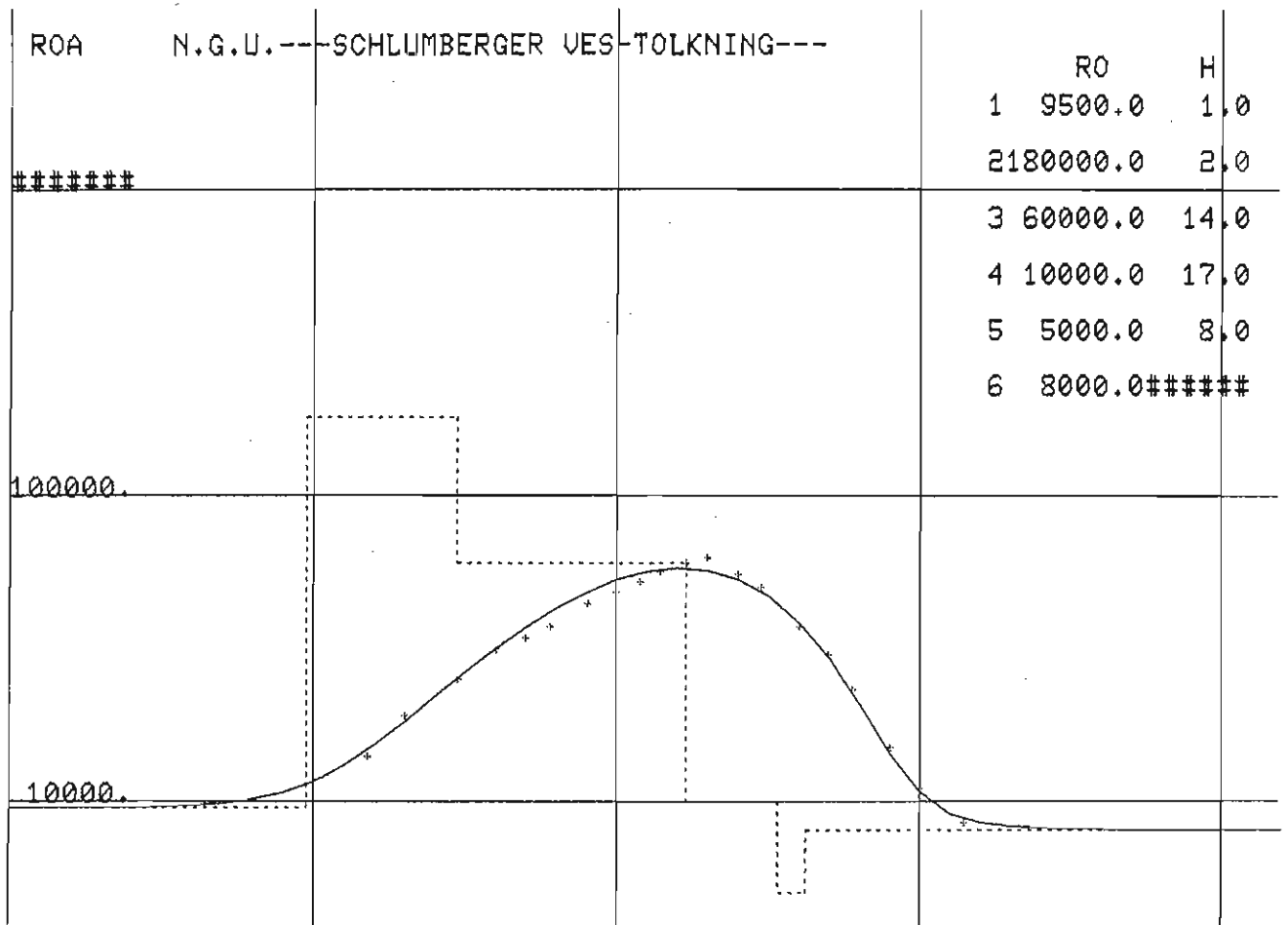
Materiale	Spesifikk motstand (ohm m)					
	1	10	100	1000	10000	100000
Leire, salt	[Horizontal line from 1 to 10]					
Leire, utvasket	[Horizontal line from 10 to 100]					
Silt, våt	[Horizontal line from 100 to 1000]					
Sand, vannm.	[Horizontal line from 1000 to 10000]					
Grus, vannm.	[Horizontal line from 1000 to 10000]					
Grus, tørr	[Horizontal line from 10000 to 100000]					
Morene	[Horizontal line from 100 to 10000]					
Fjell	[Horizontal line from 1000 to 10000]					

VES 1

Vedlegg 3 side 1.

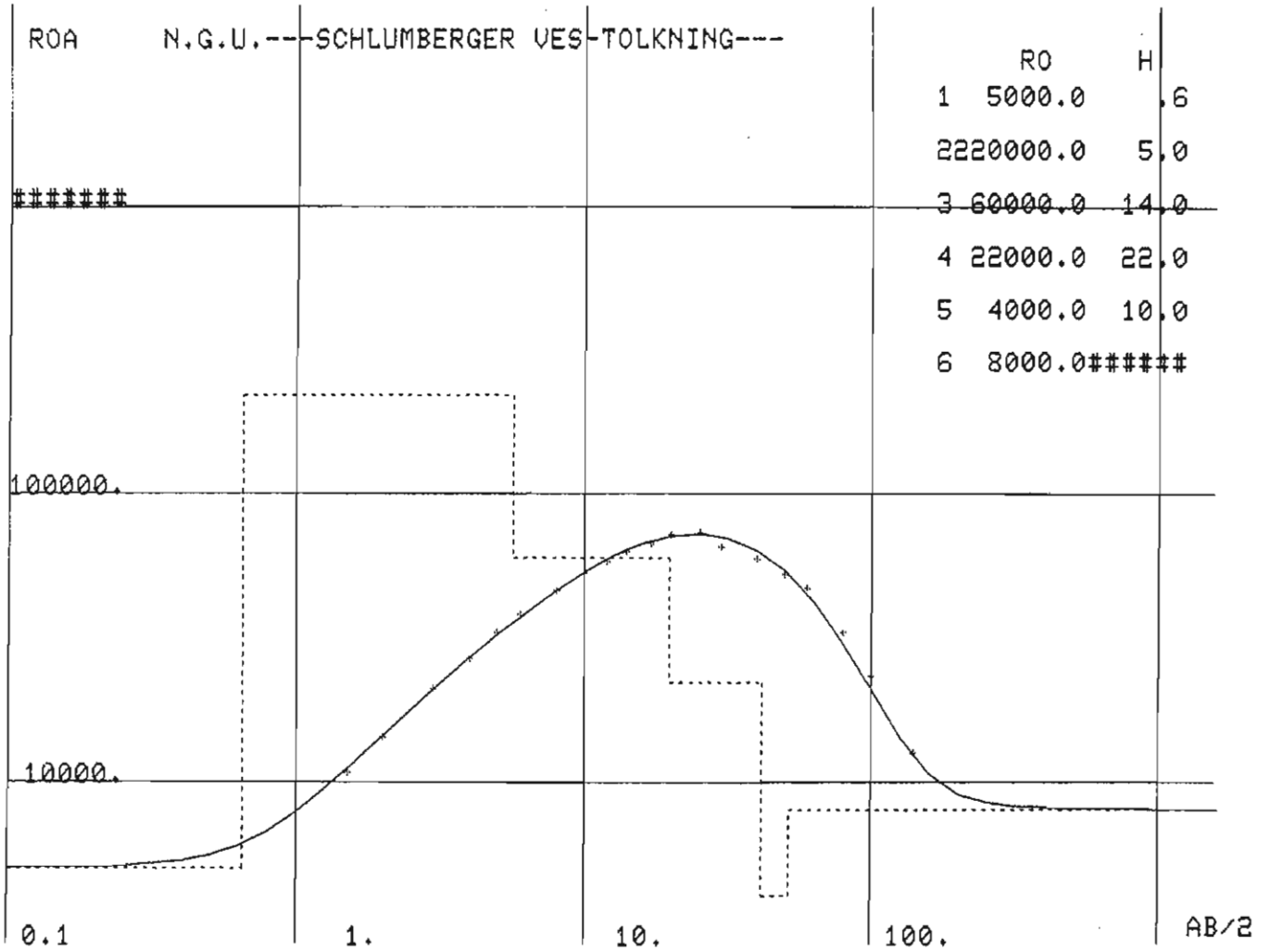


VES 2

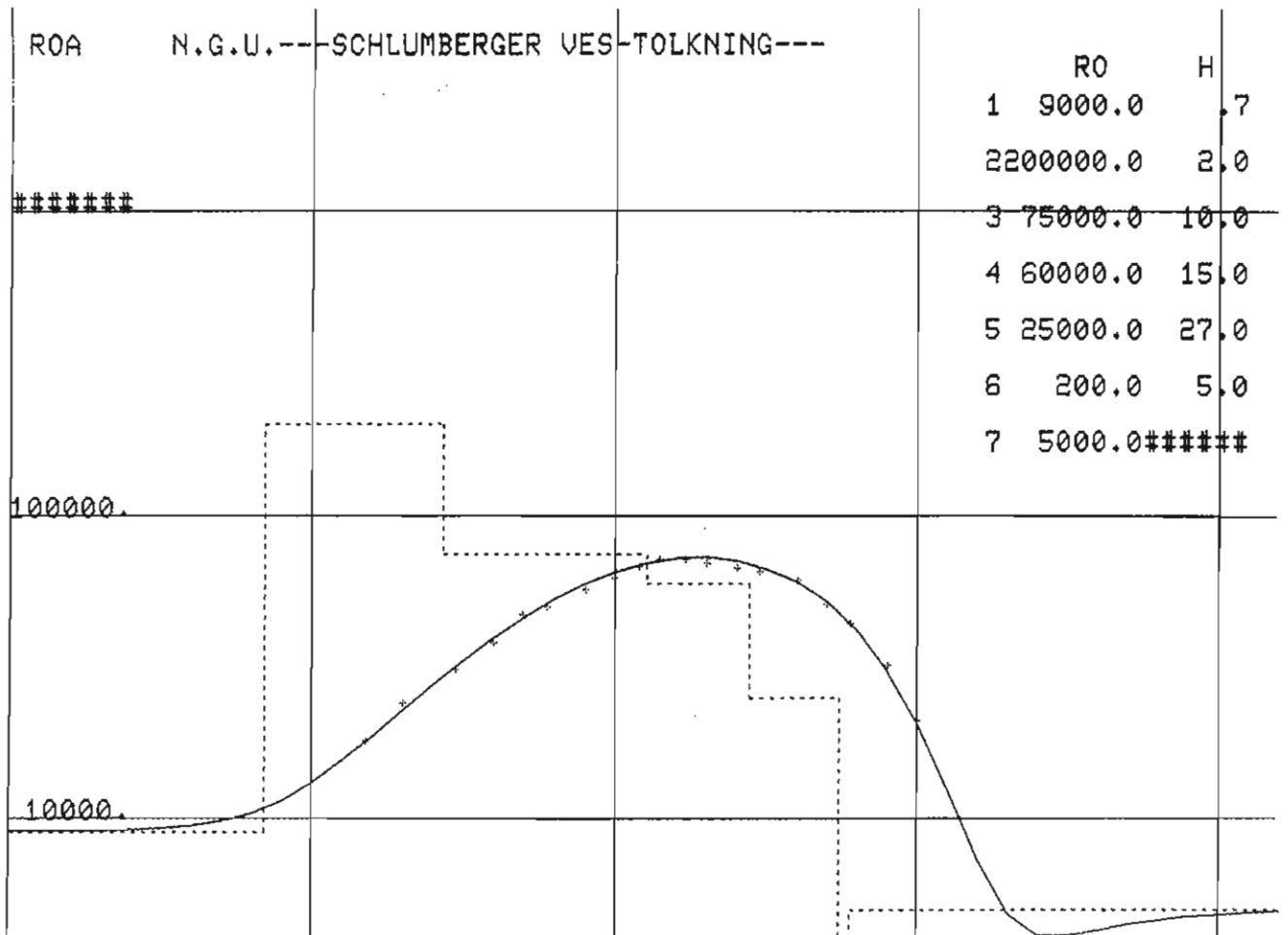


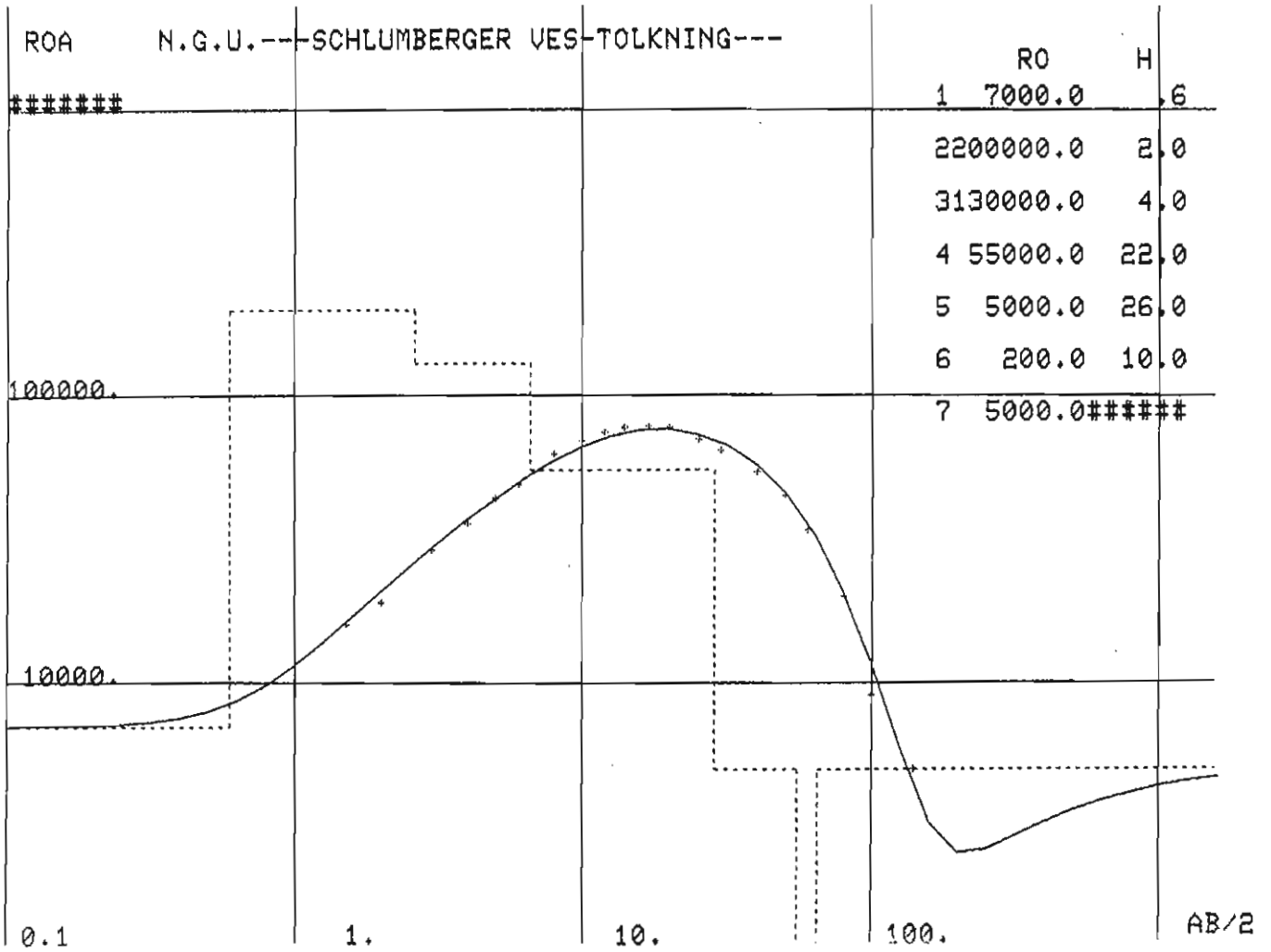
VES 3

Vedlegg 3 side 2

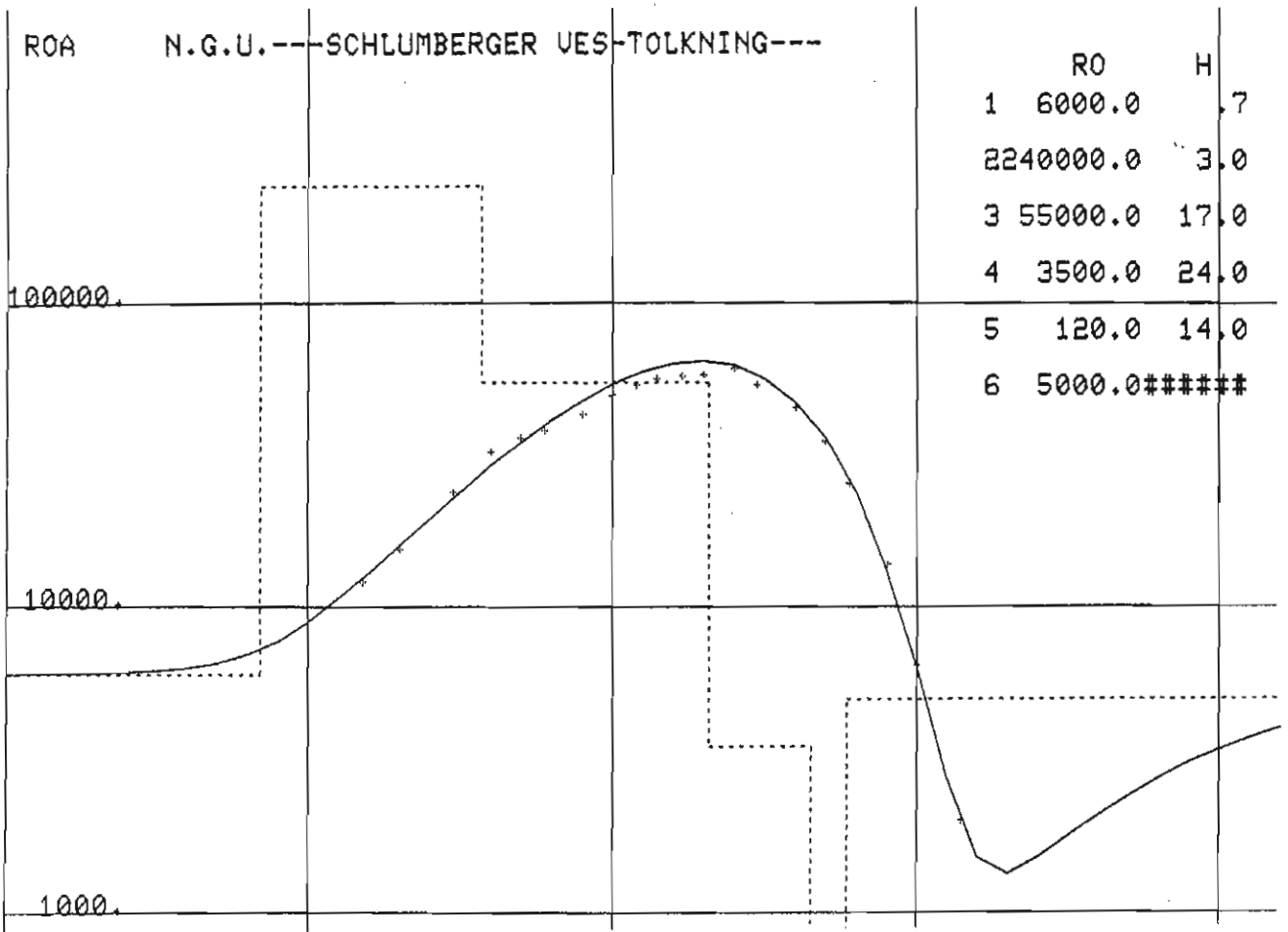


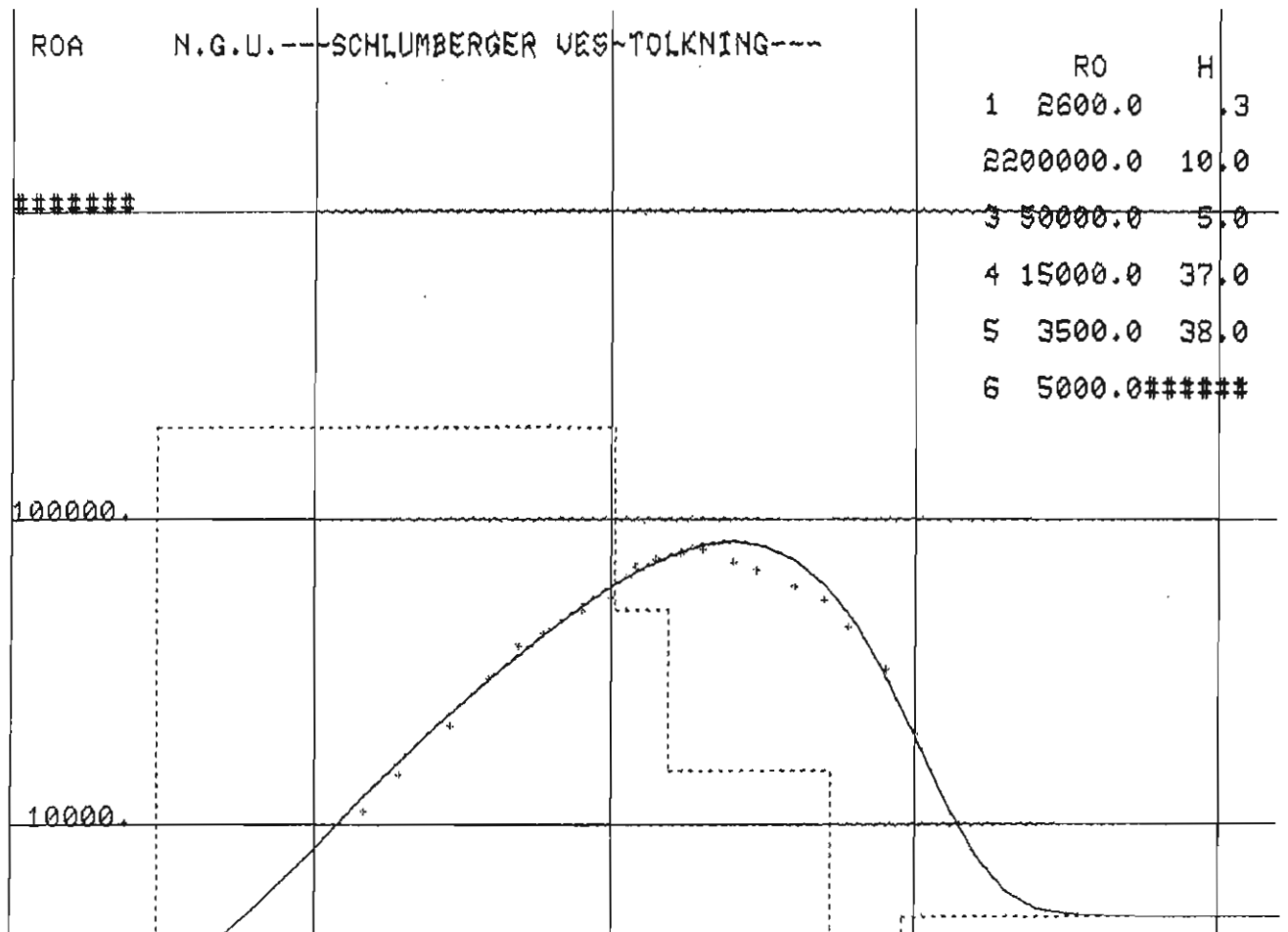
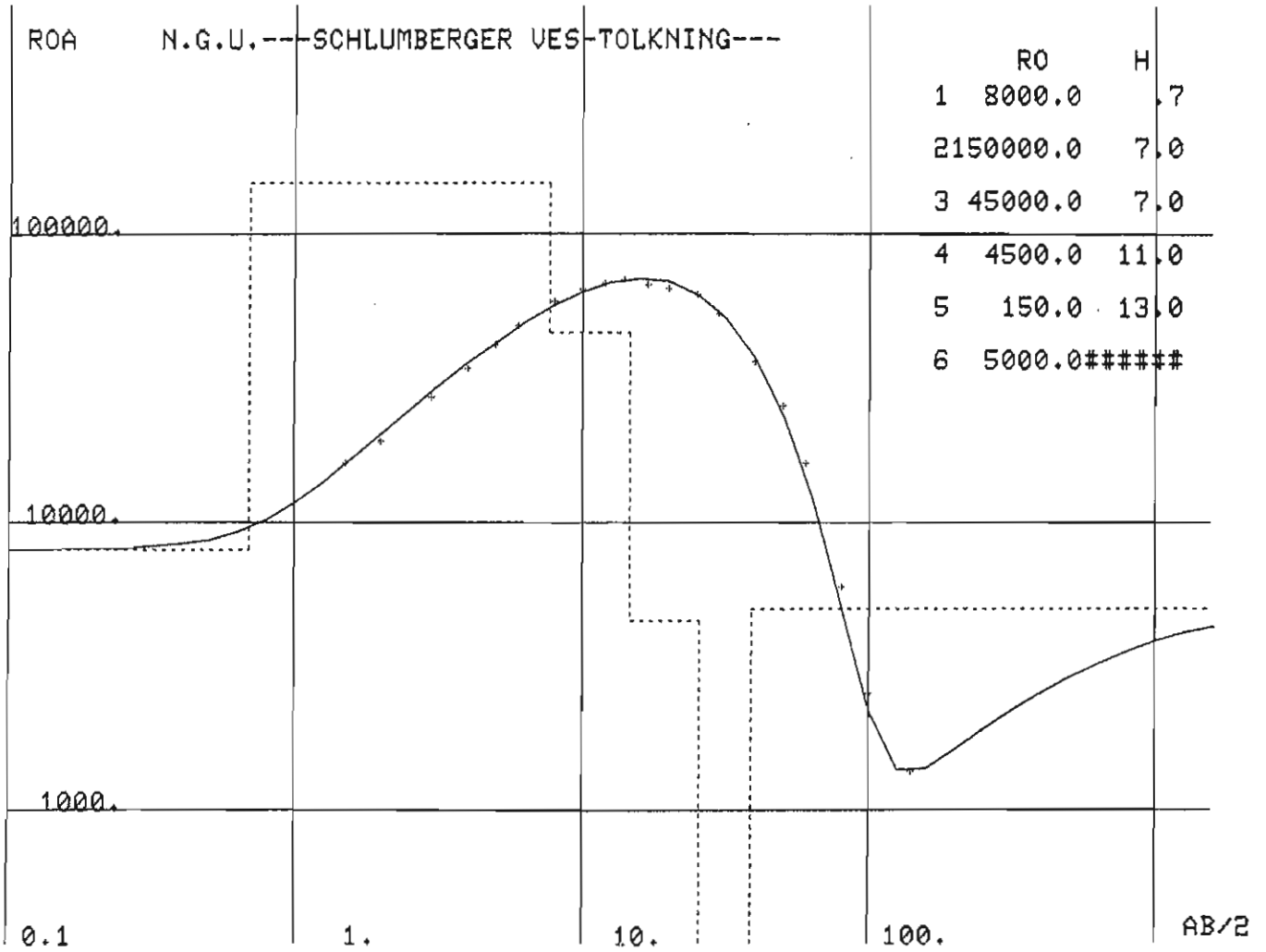
VES 4





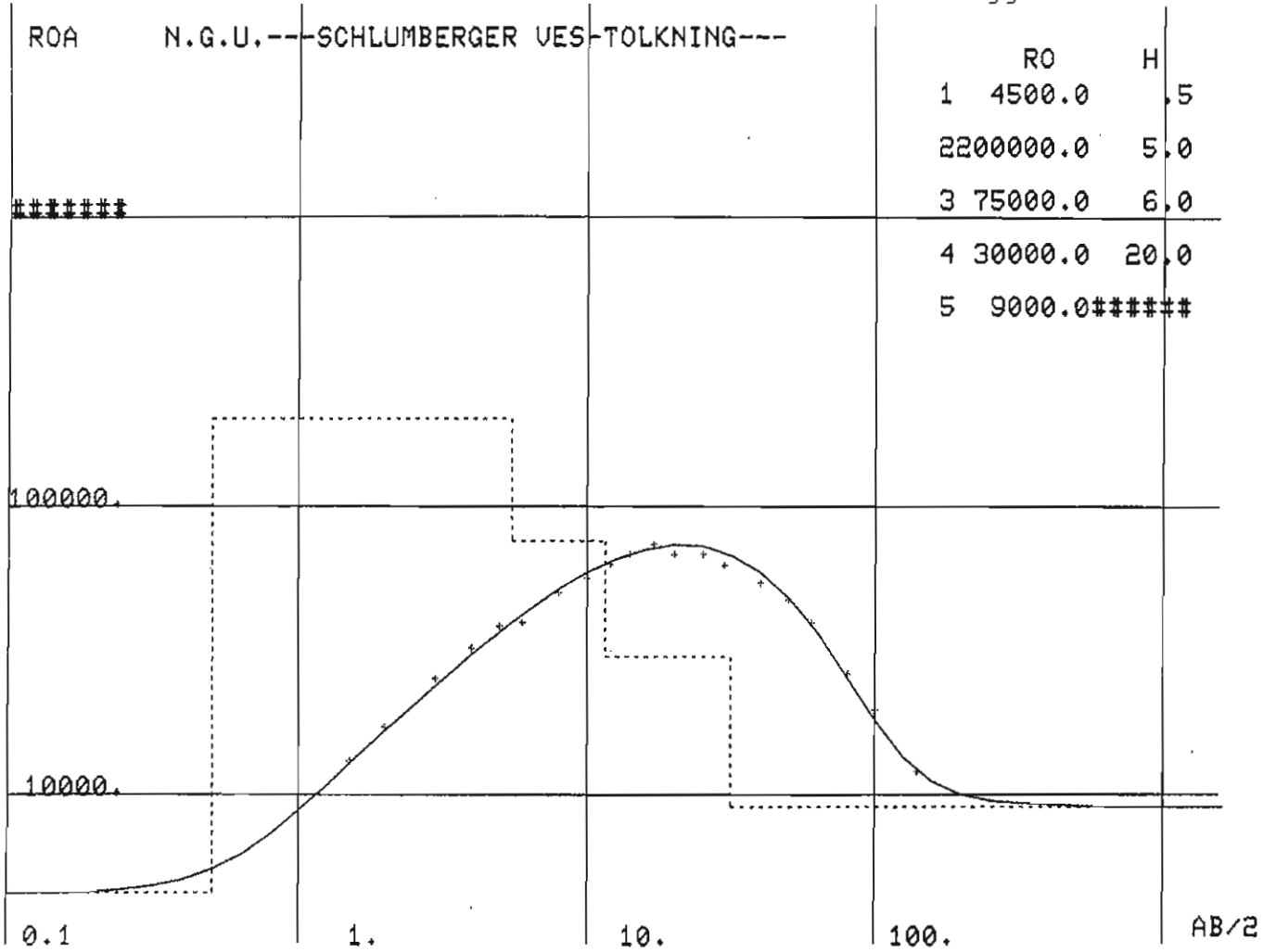
VES 6



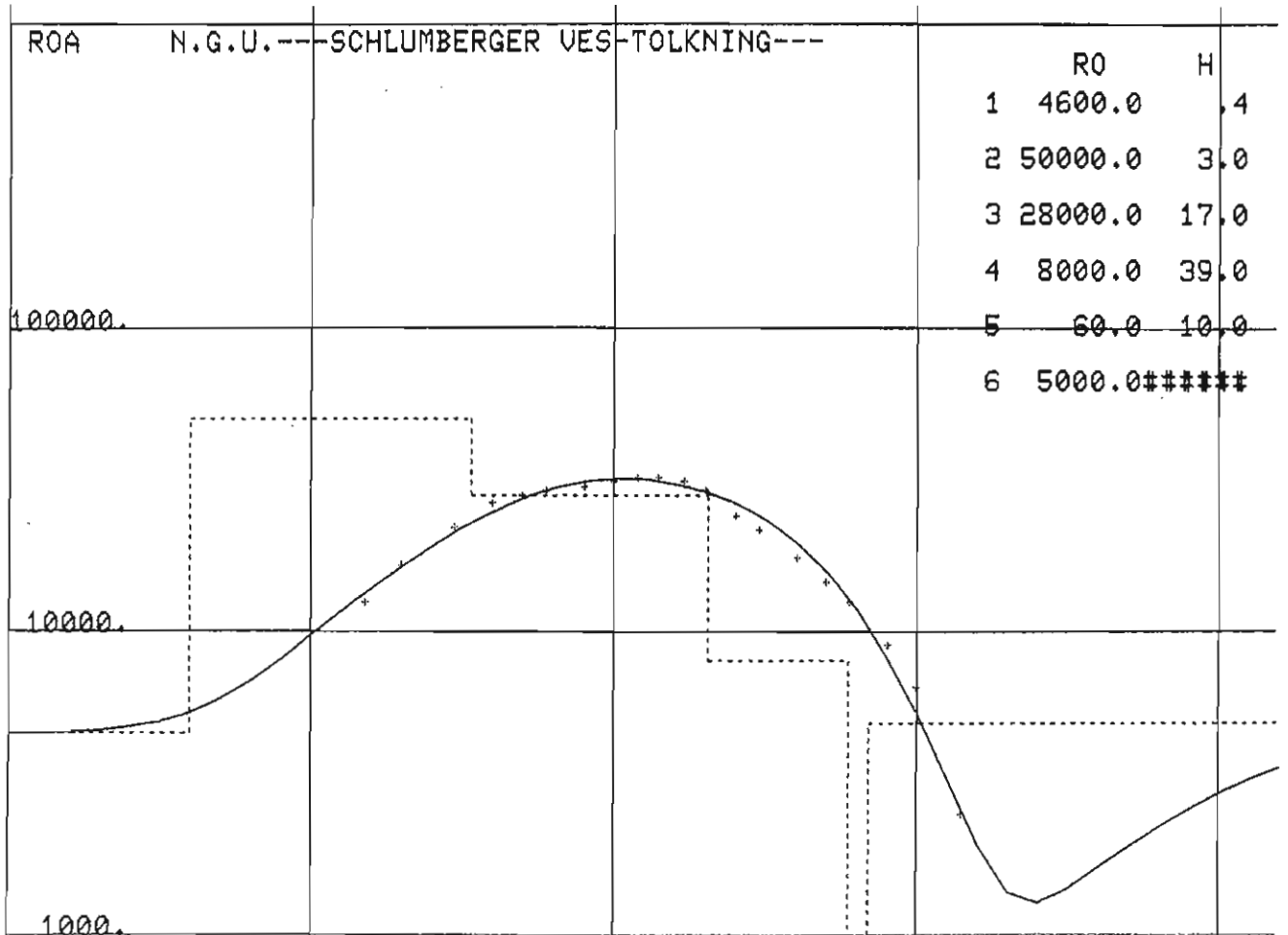


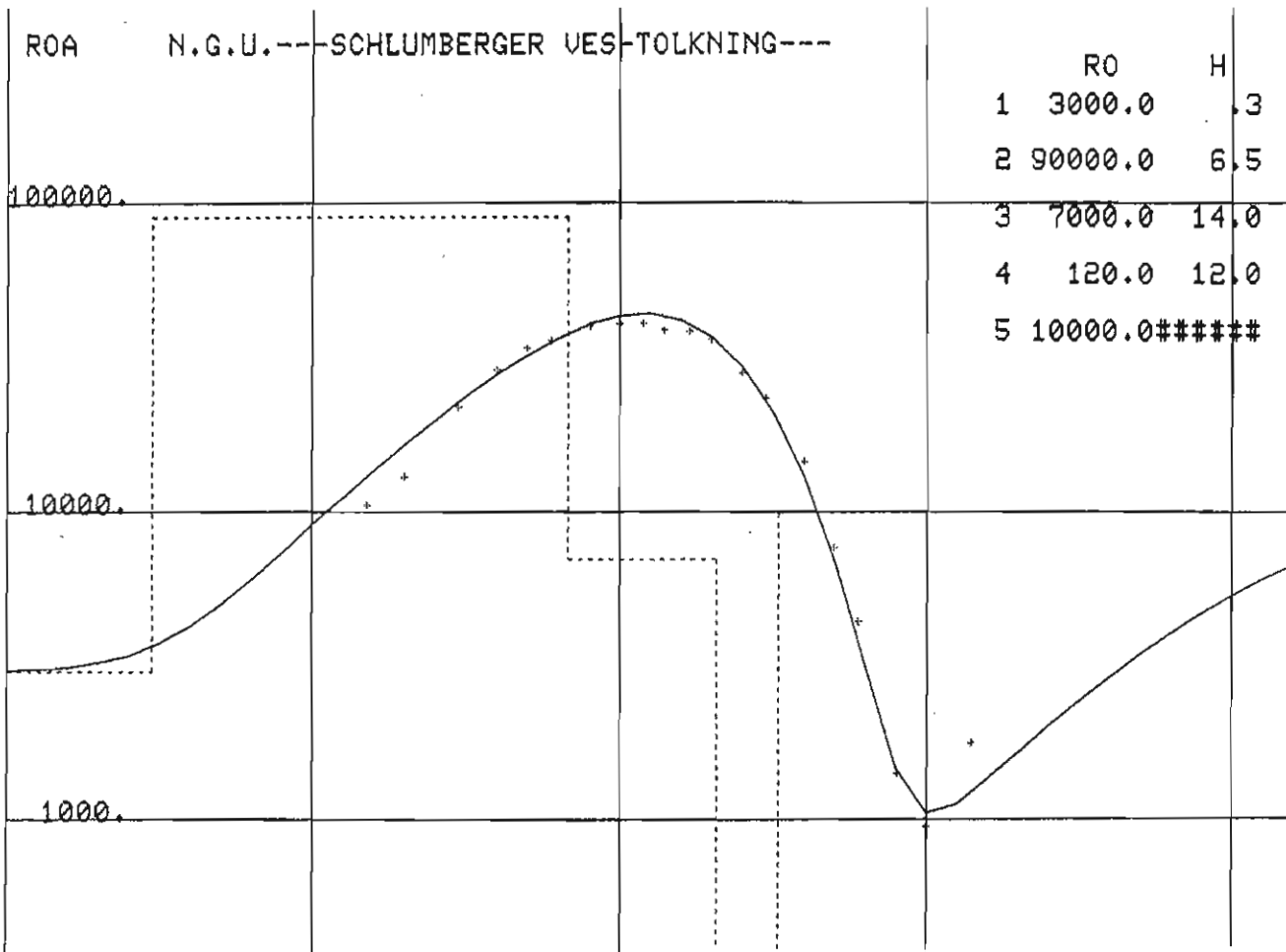
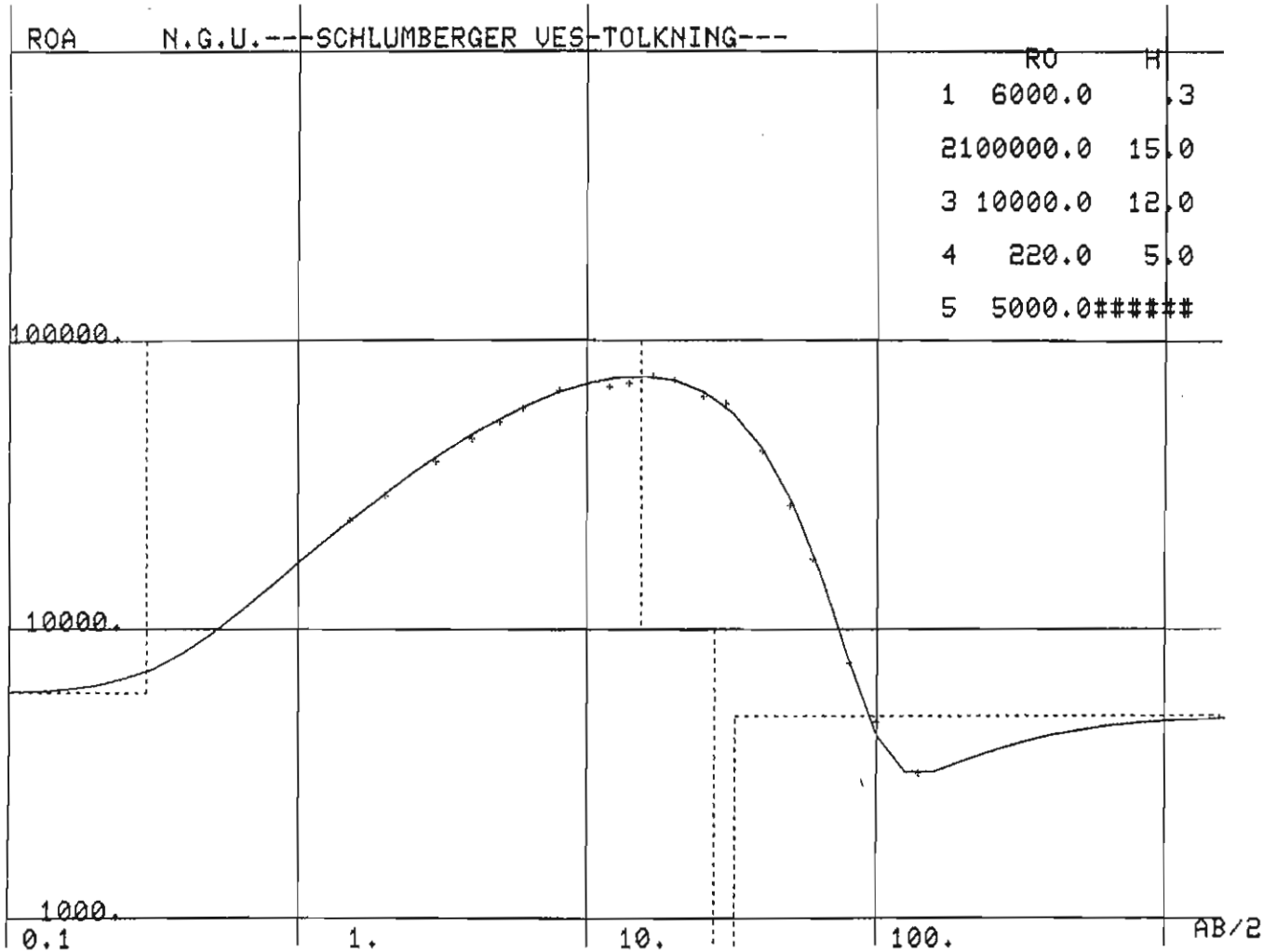
VES 9

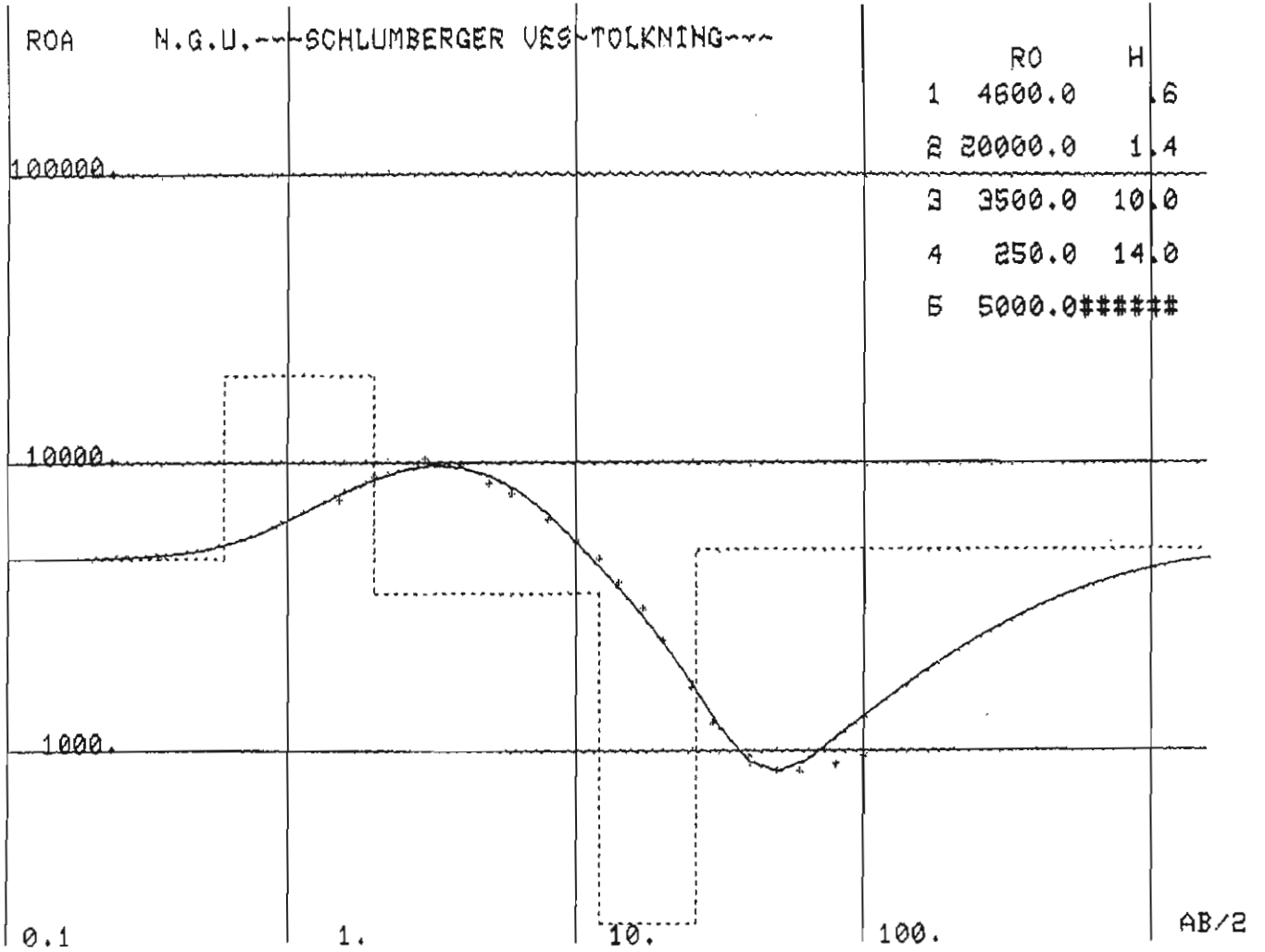
Vedlegg 3 side 5



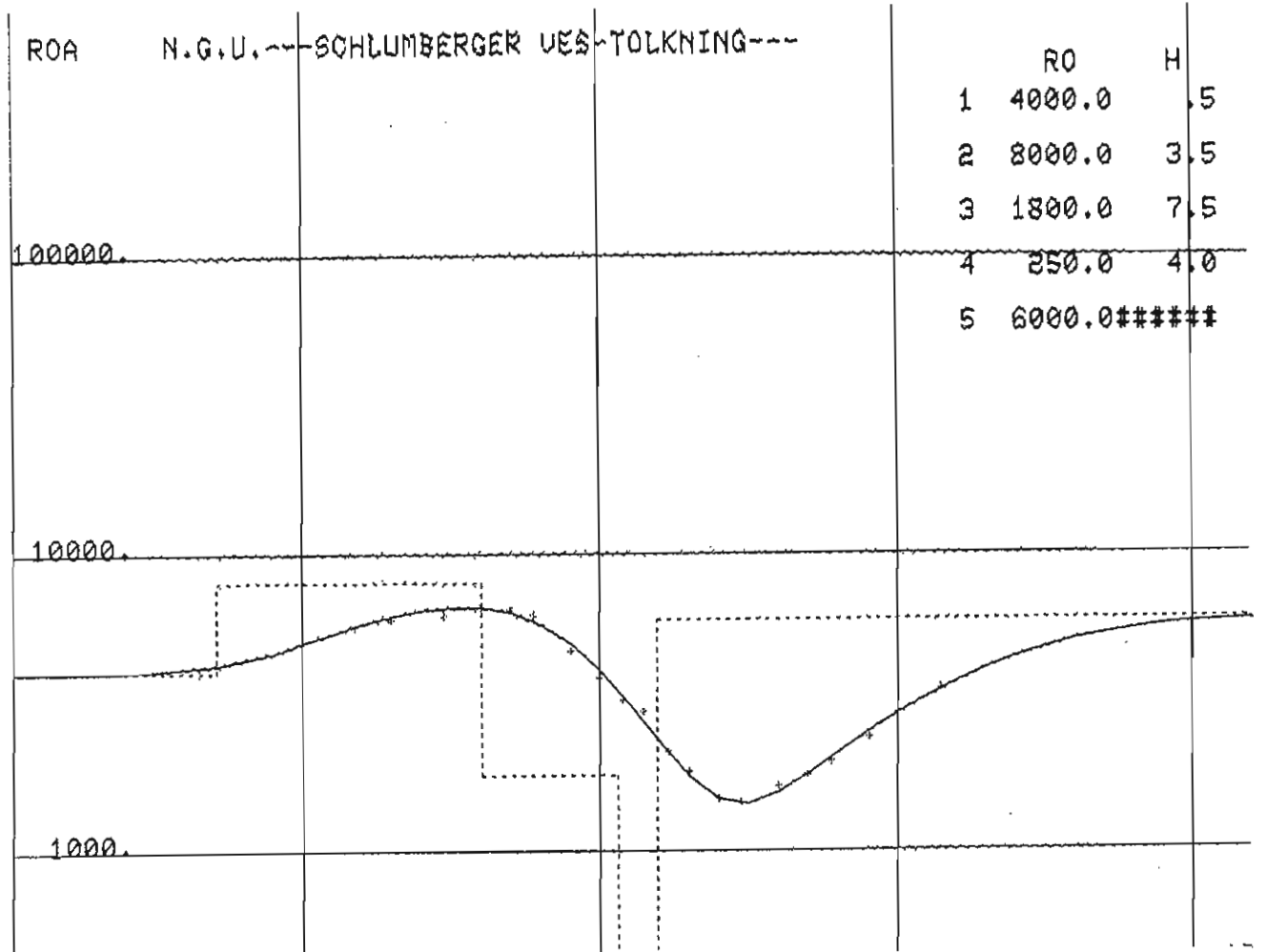
VES 10





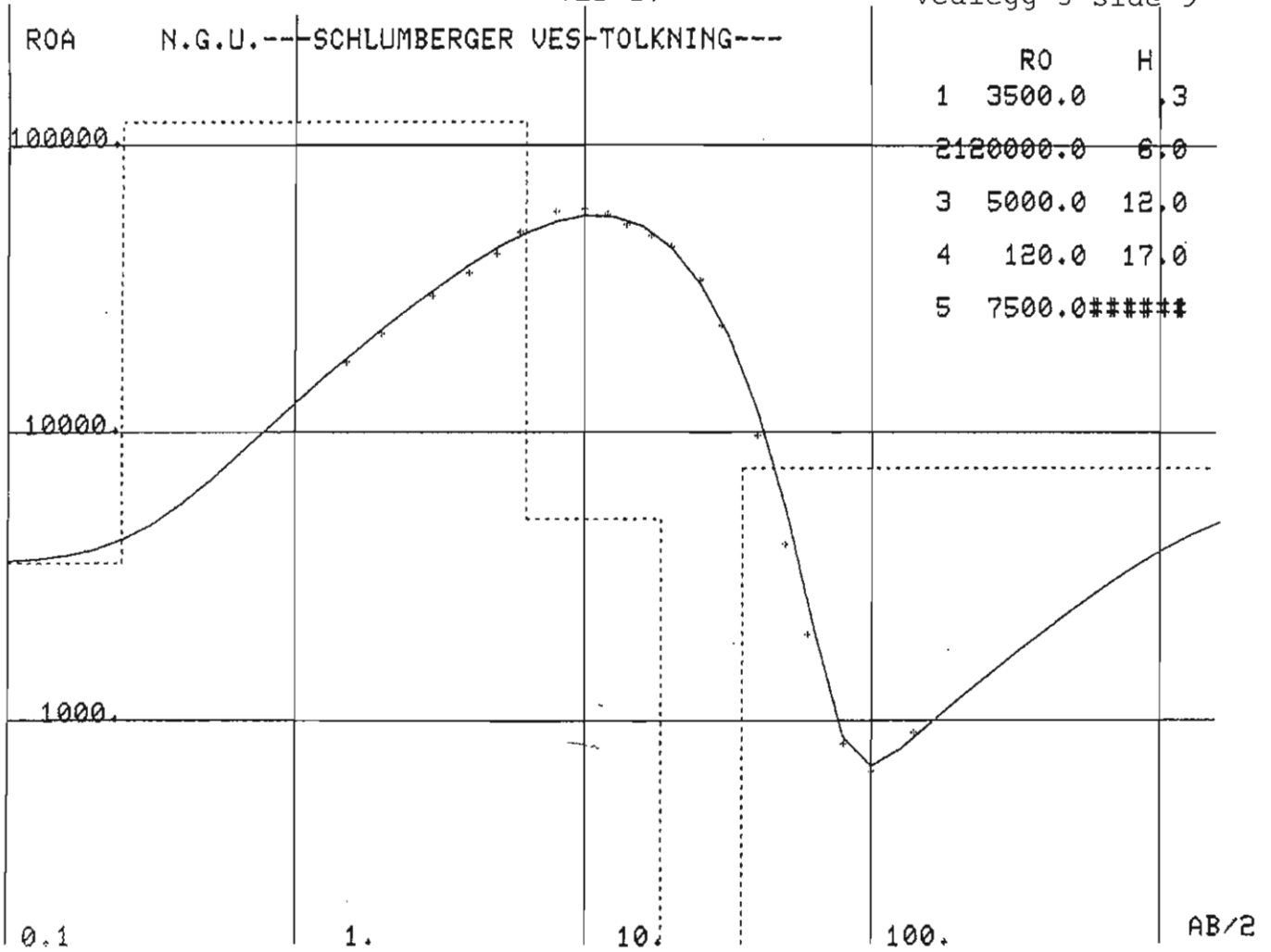


VES 16

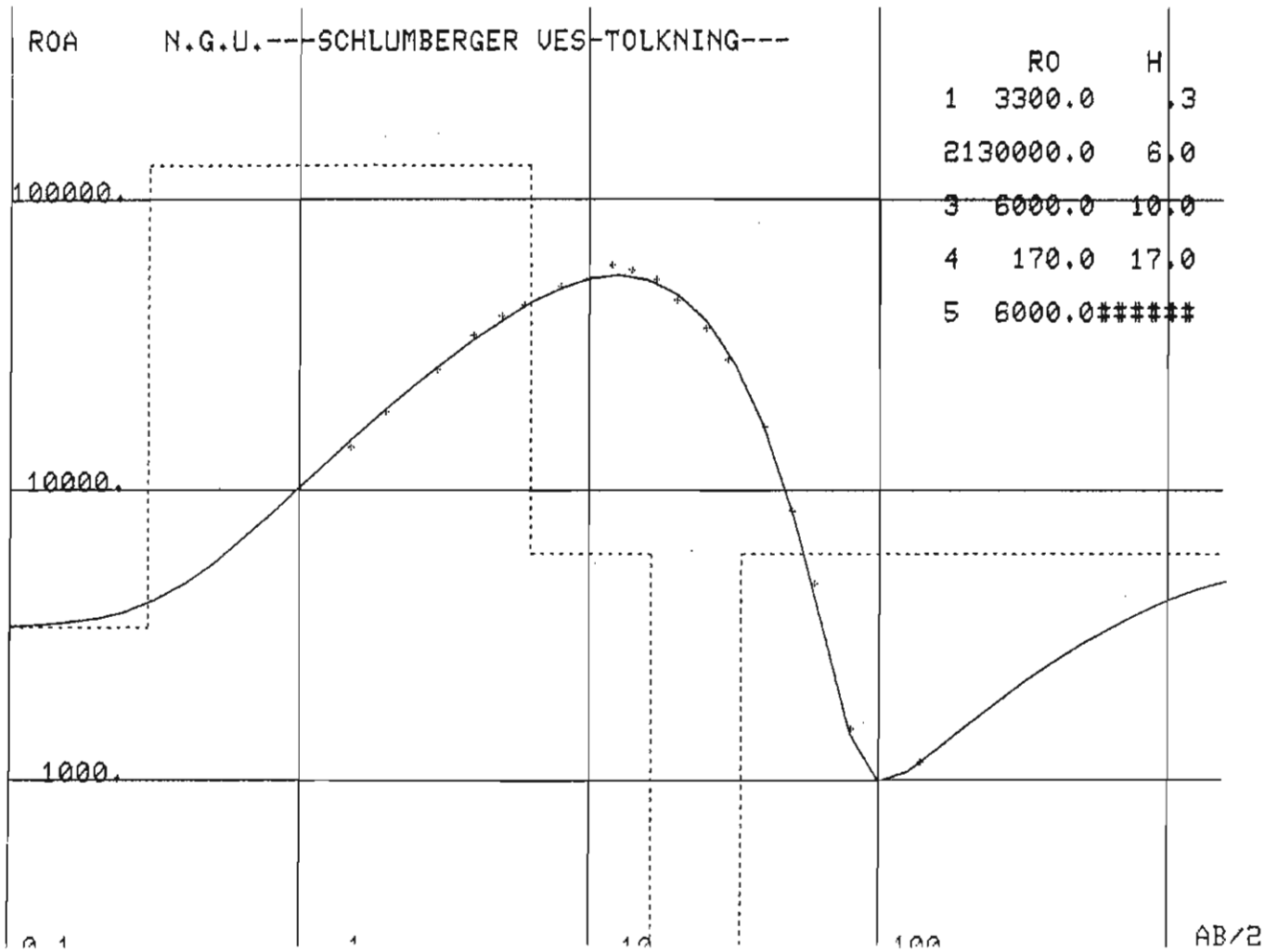


VES 17

Vedlegg 3 side 9

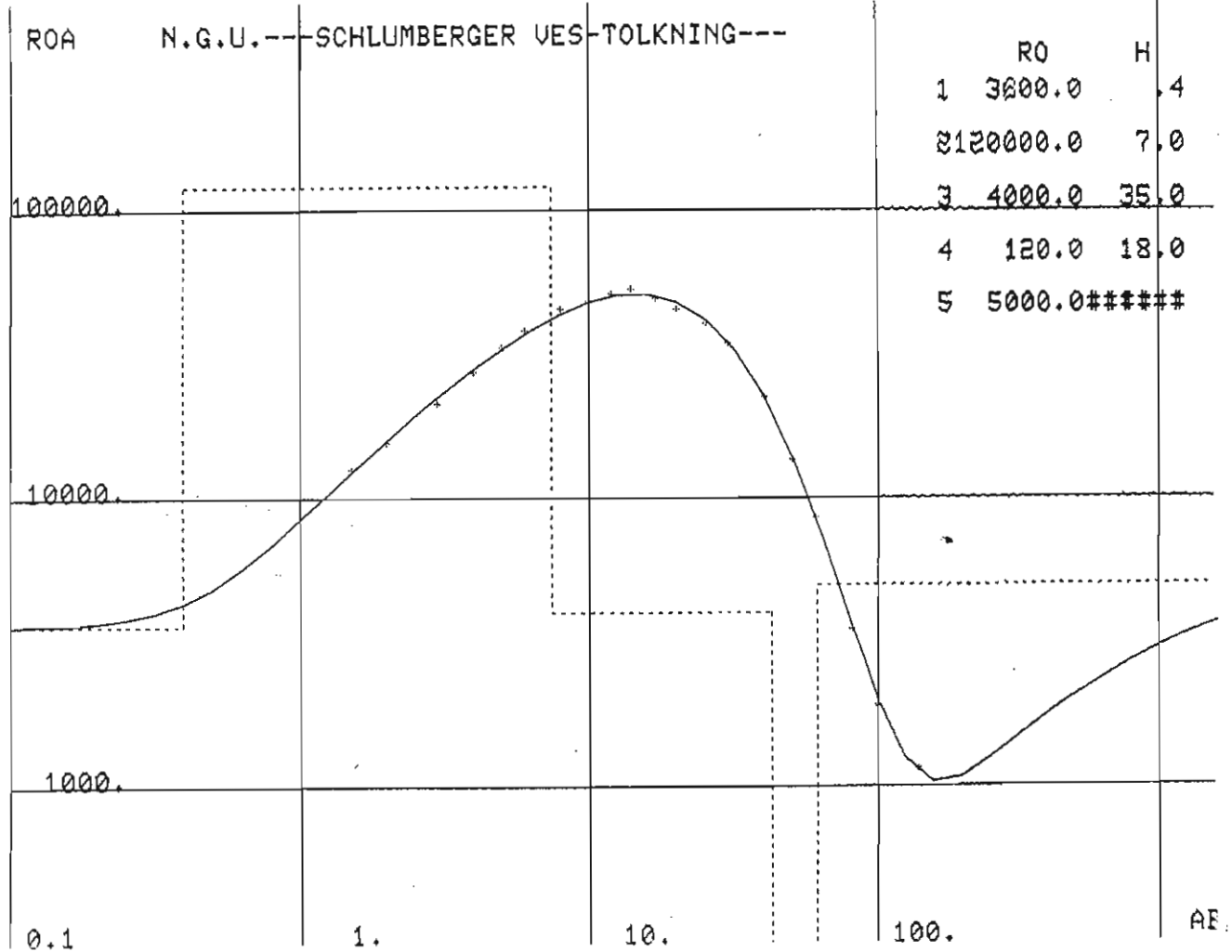


VES 18

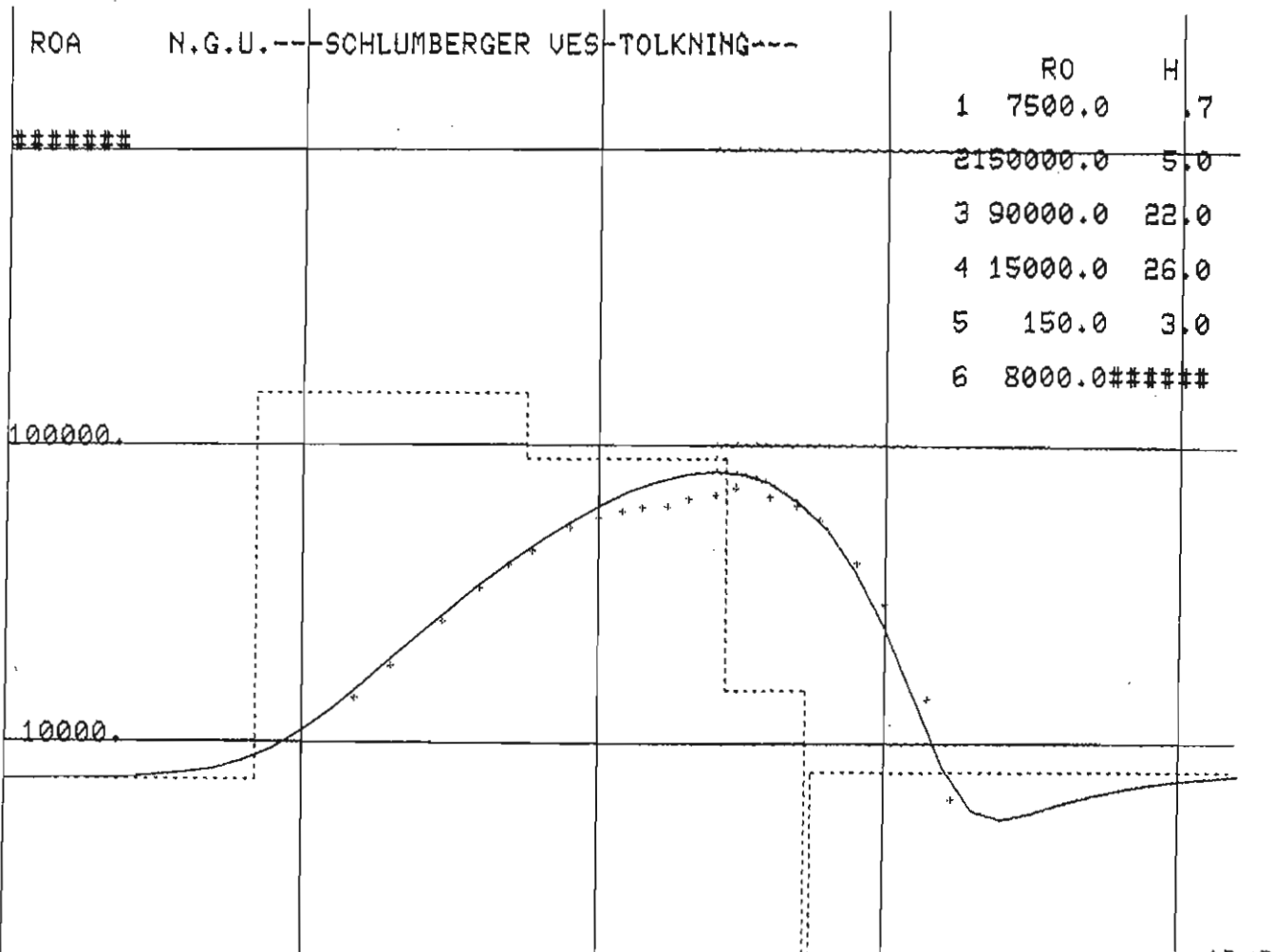


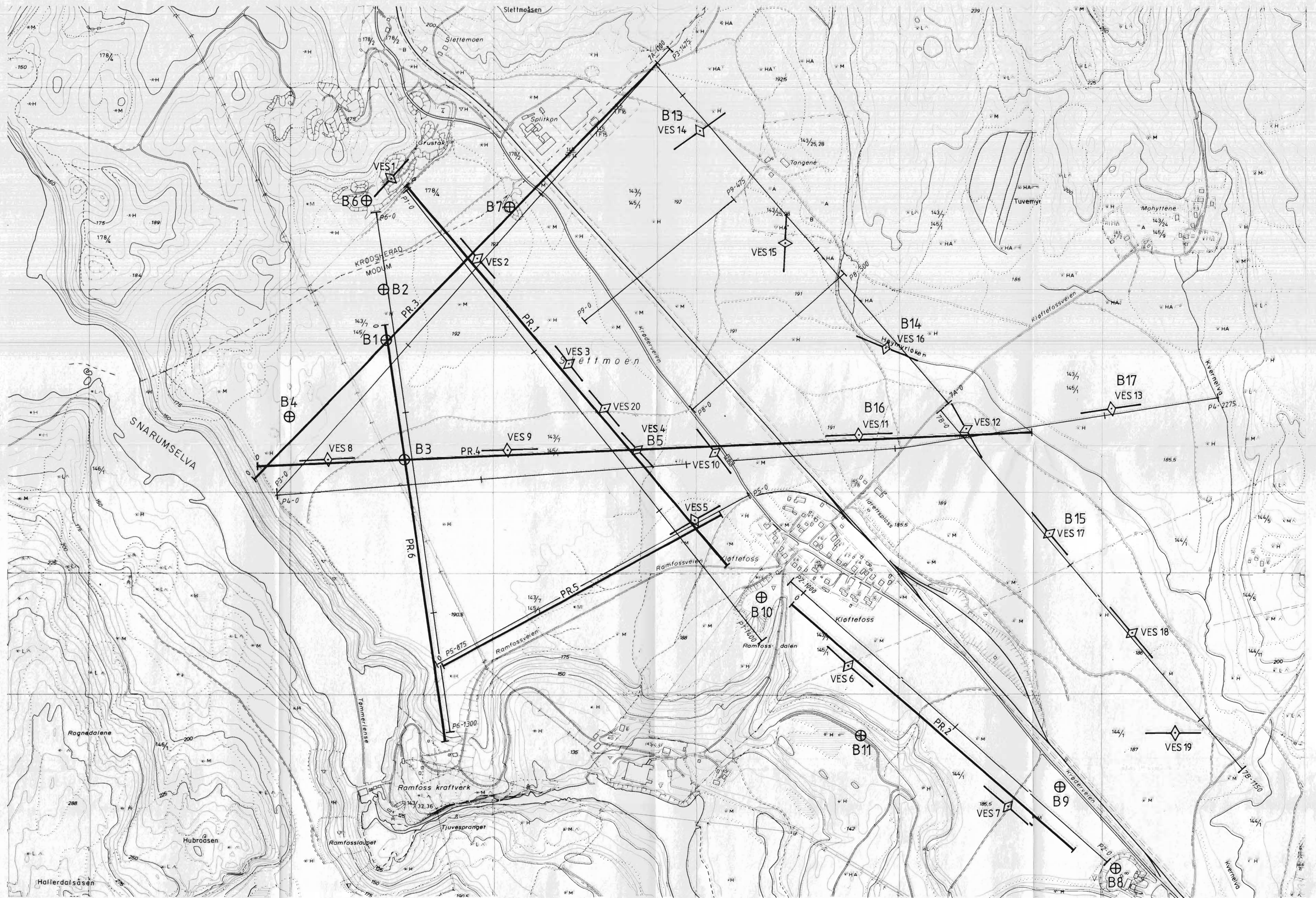
VES 19

Vedlegg 3 side 10



VES 20

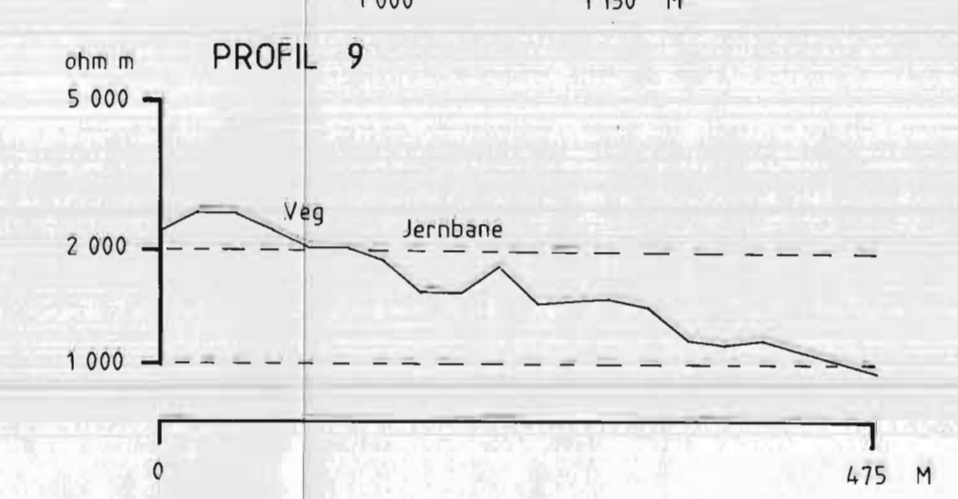
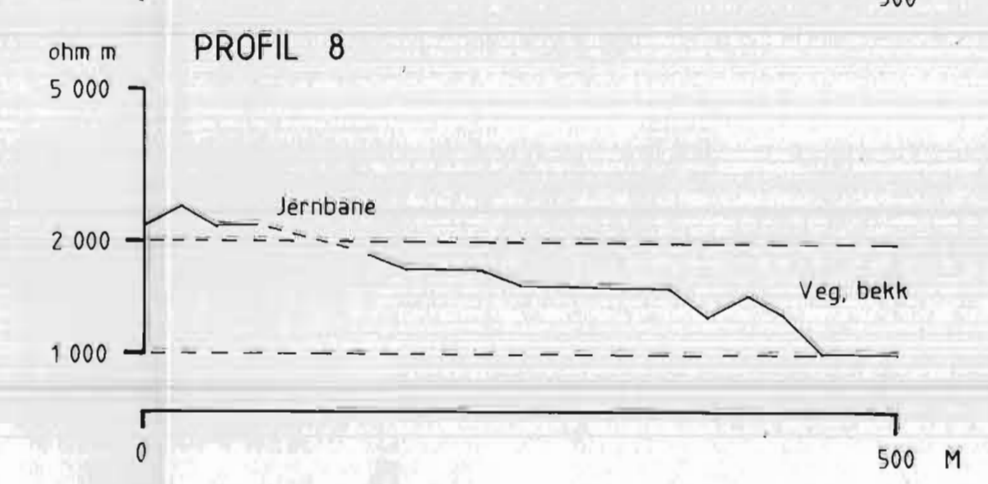
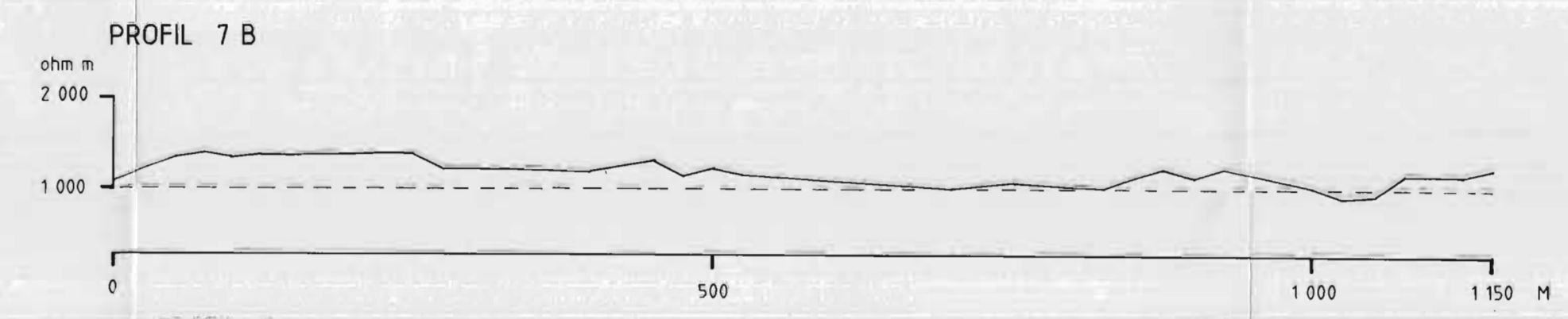
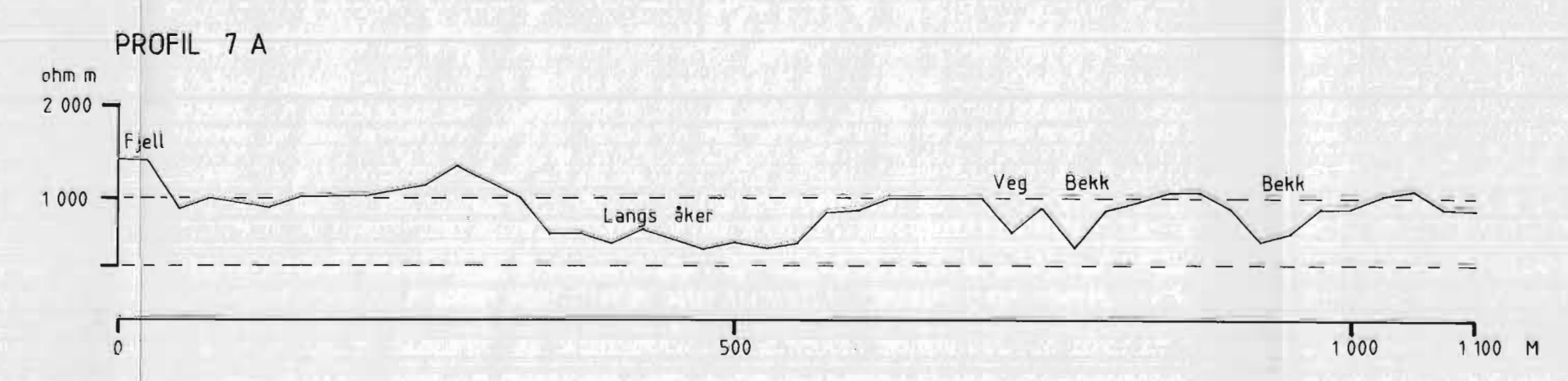
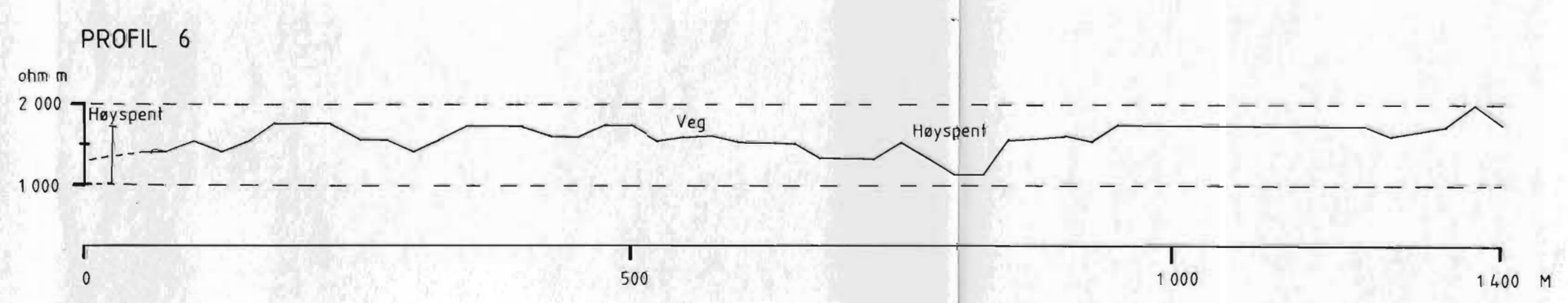
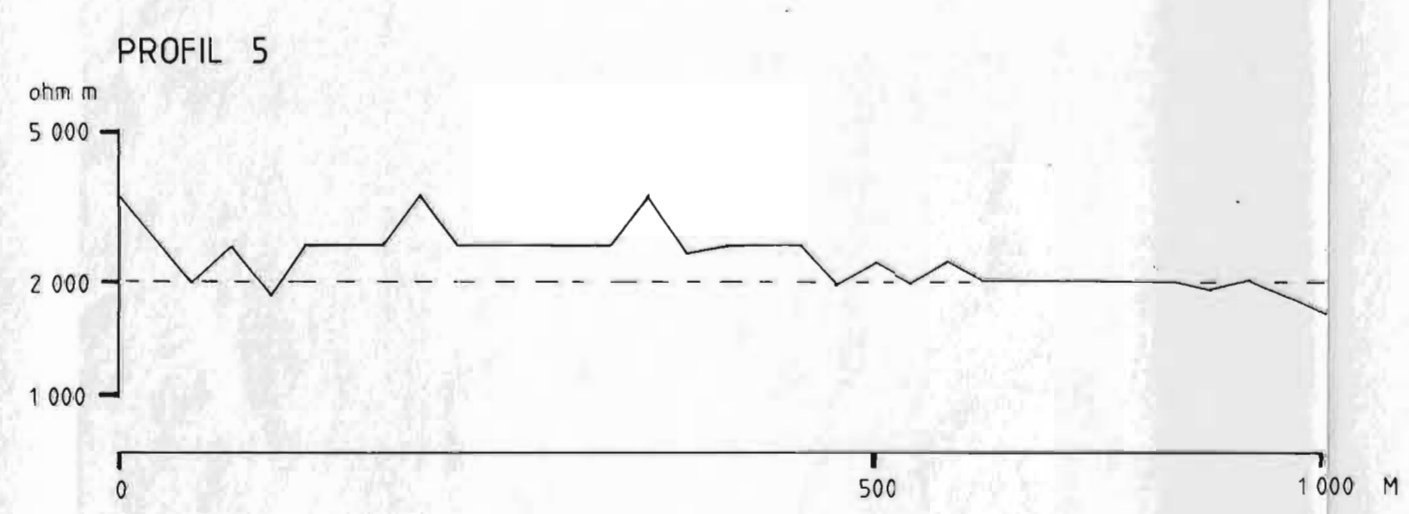
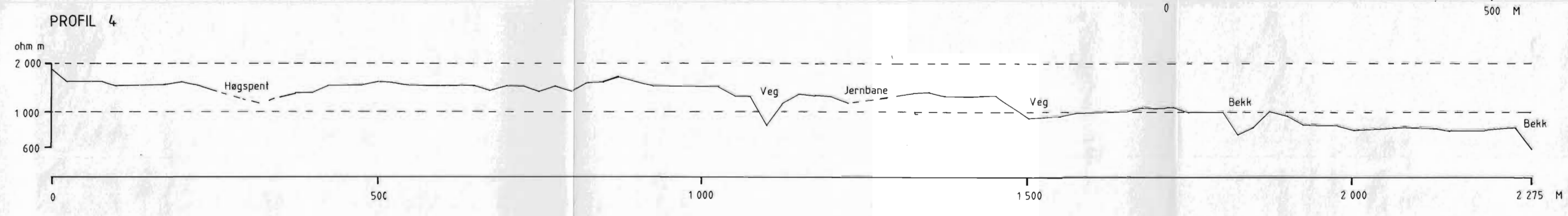
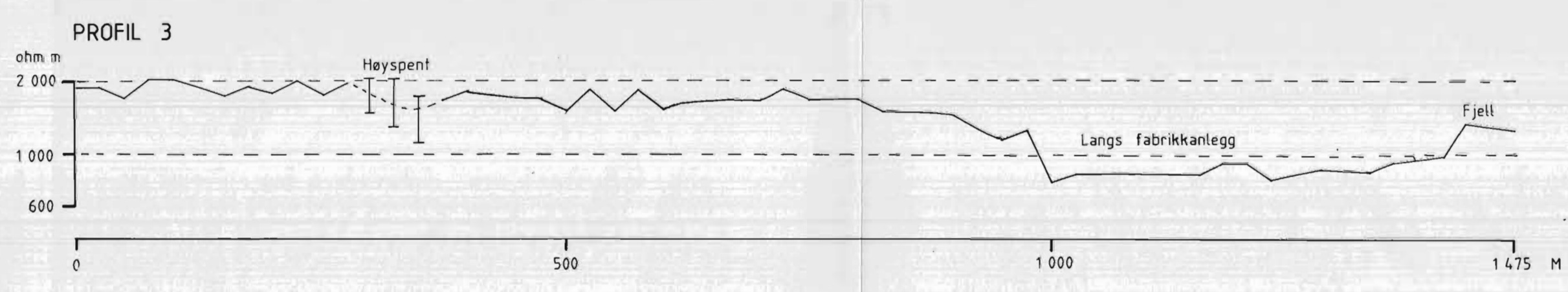
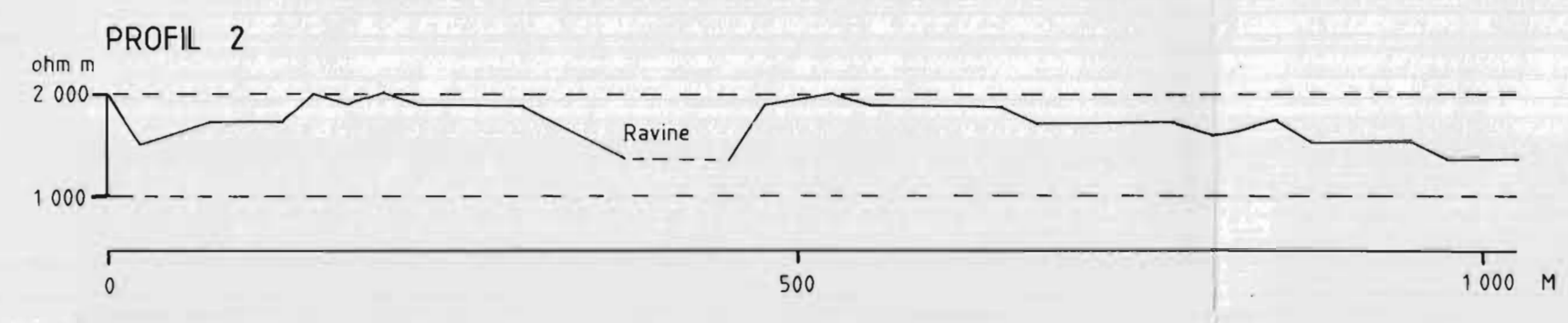
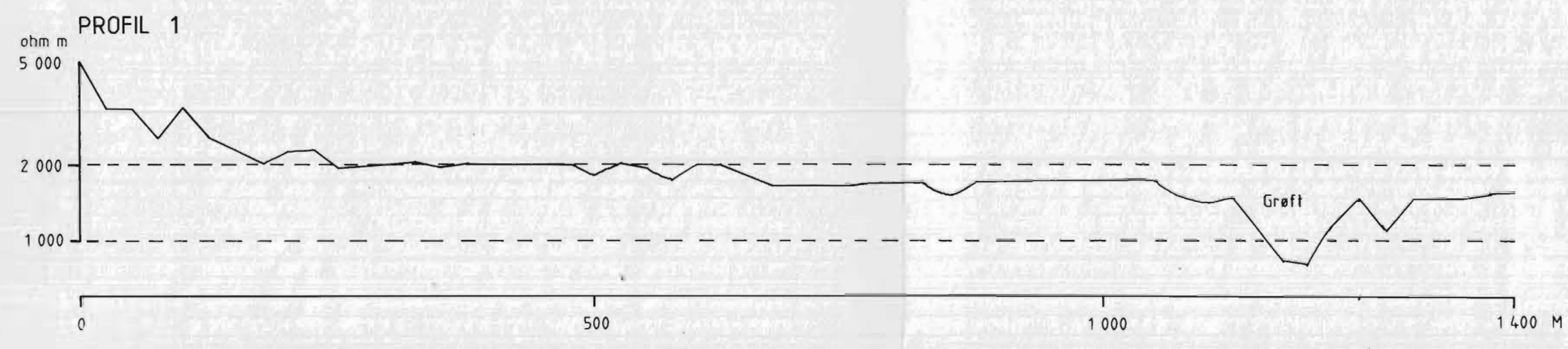




TEGNFORKLARING

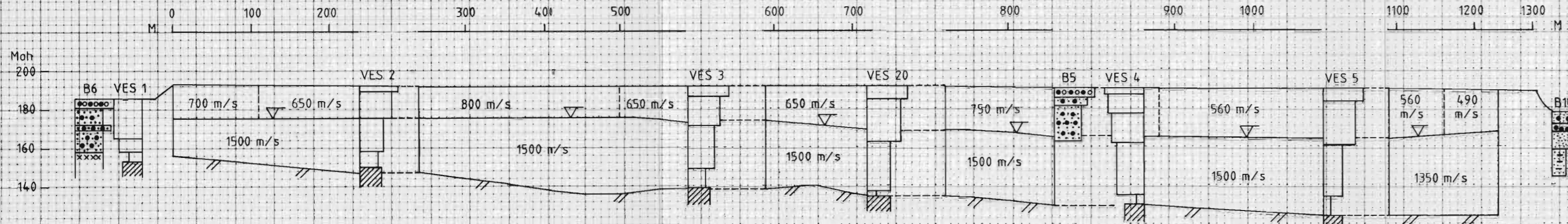
- PR.1 SEISMISKE PROFILER (HILLESTAD 1987)
- EM-31 ELEKTROMAGNETISKE PROFILER, EM-31
- VERTIKALE ELEKTRISKE SØNDERINGER - VES -
(SØNDERINGSPUNKT OG RETNING FOR ELEKTRODEUTLEGG)
- SONDERBORINGER

NSU OVERSIKTSKART SLETTMOEN MODUM, BÜSKERUD	MÅLESTOKK	OBS. JSR	MAL-87
	1:5000	TEGN. L.H.B.	JAN-89
		TRAC.	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM		TEGNING NR.	KARTBLAD NR.
		89.024.01	1715 II

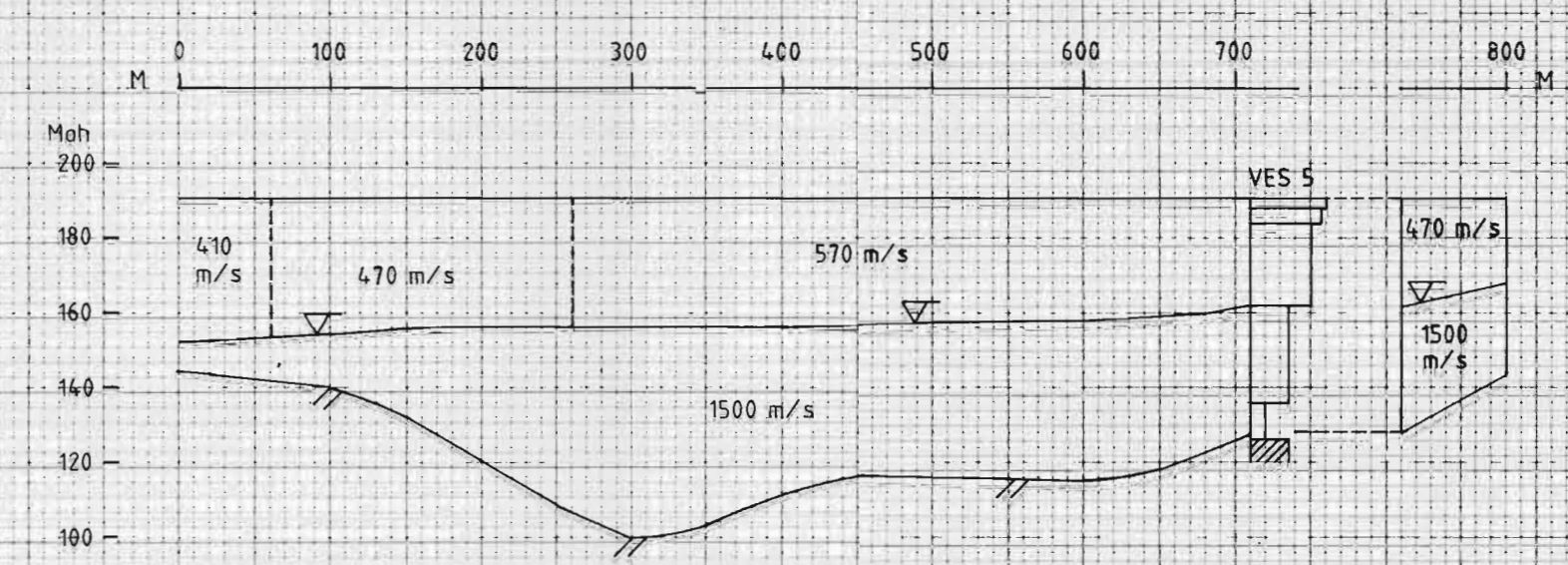


NGU ELEKTROMAGNETISKE PROFILER SLETTMOEN MODUM, BUSKERUD	MÅLESTOKK	MÅLT JST	MAI 87
	1: 5 000	TÉGN LHB	JAN. 89
		TRAC	
	KFR		
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM		TÉGNING NR.	KARTBLAD NR.
		89 024 - 02	1715 II

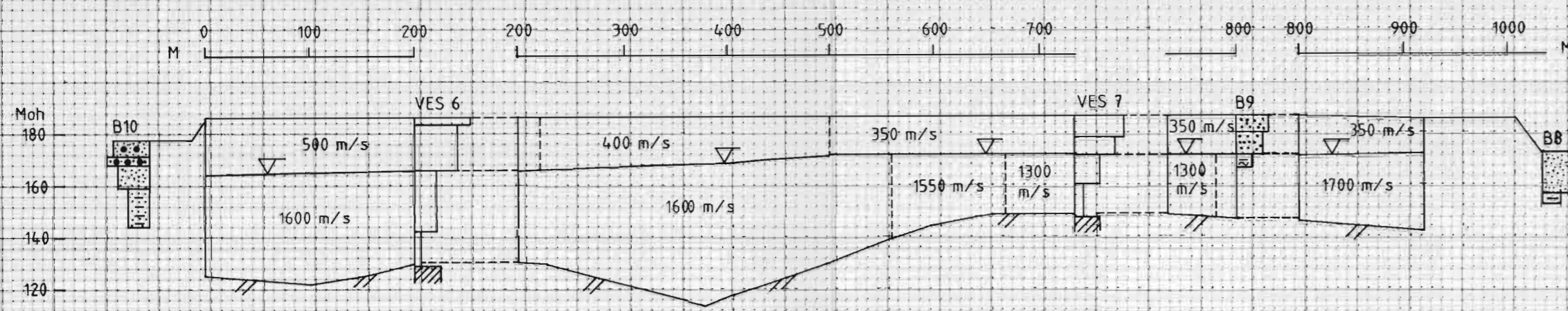
PROFIL 1



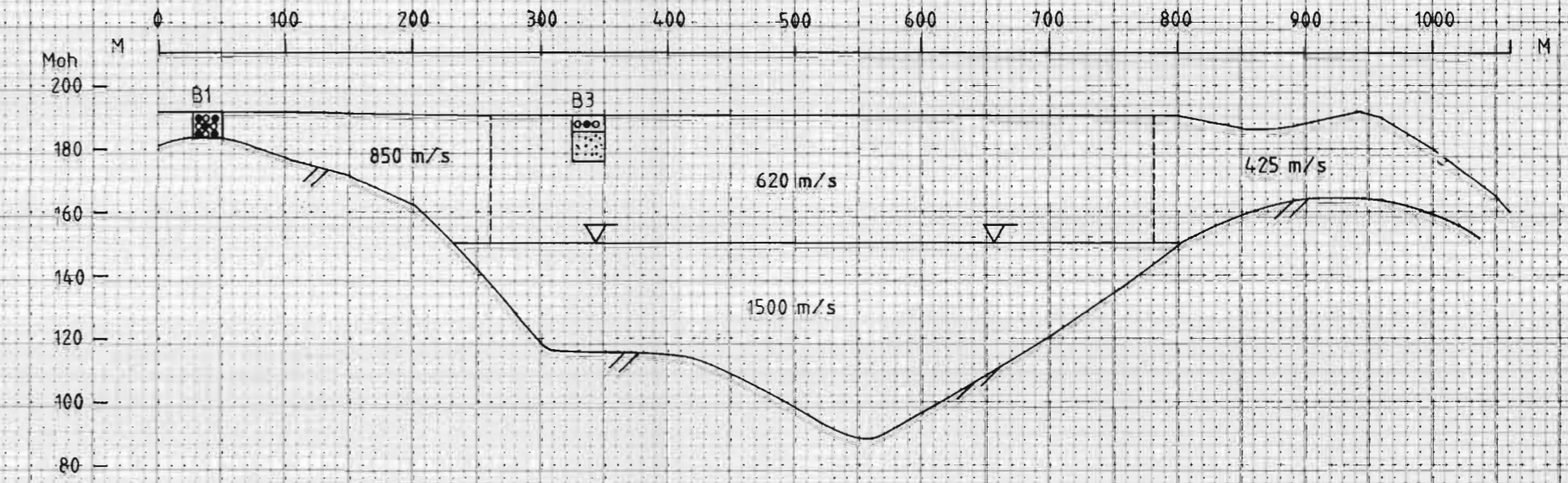
PROFIL 5



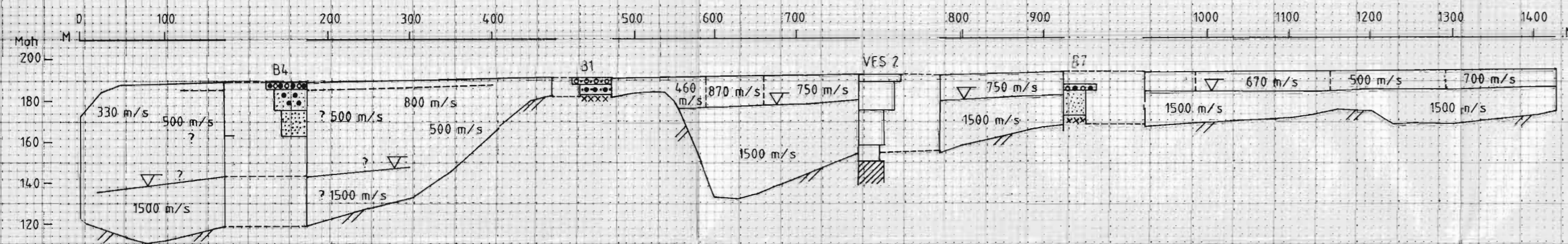
PROFIL 2



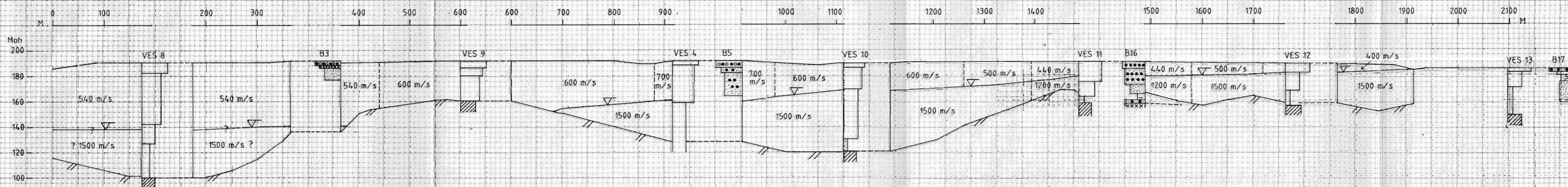
PROFIL 6



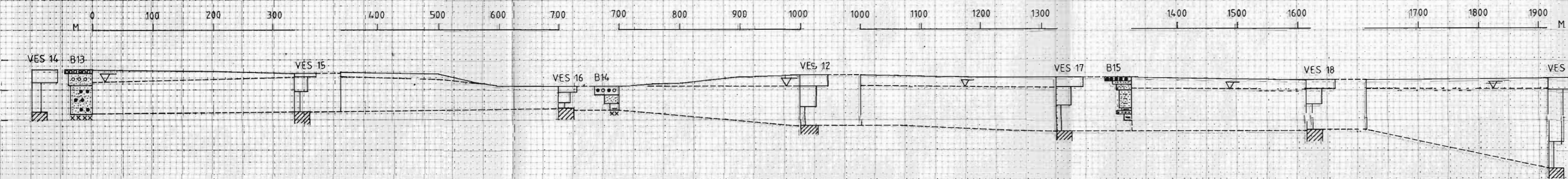
PROFIL 3



PROFIL 4



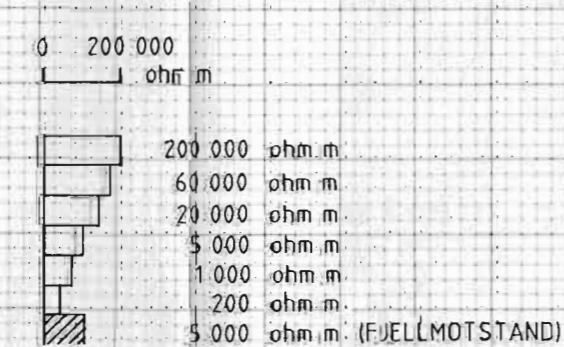
PROFIL 7



TEGNFORKLARING

- 500 m/s SEISMISKE HASTIGHETER
- ▽ GRUNNVANNSSPEIL
- /// FJELLOVERFLATE

VES 1-20 VERTIKALE ELEKTRISKE SONDERINGER EKSEMPEL:



B 1-17 SONDERBORINGER

- GROVT TOPPLAG, STEIN OG GRUS
- GRUS OG SAND
- SAND
- SILT
- ▨ FJELL

NGU SAMMENSTILLING AV GEOFYSISKE MÅLINGER SLETTMOEN MODUM, BUSKERUD NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	MÅLESTOKK 1: 5 000	OBS JSR MAI 87 TEGN LHB JAN 89 TRAC RB JAN 89 KFR
	TEGNING NR 89 024 - 03	KARTBLAD NR 1715 II