

APLIKÁCIA TOMOGRAFICKÝCH METÓD PRI URČOVANÍ VNÚTORNEJ PORUŠENOSTI HORNINOVÉHO PROSTREDIA IN SITU

Blažej Pandula¹

APPLICATION OF TOMOGRAPHICS METHODS FOR DETERMINATION OF ROCK FAILURE IN SITU

Rock Failure determination closely connects with optimization of rock disintegration as well as excavation of underground openings. The aim of this optimization is to reach desired fragmentation during the blasting as well as choose the most suitable excavation technology. Study of rock failure can be very useful to reach this goal. In practice it can be done on the basis of personal technological experiences of blasting operator obtained in long term experiences in situ conditions. Because in many cases that experiences can not be utilised, it is necessary to learn against more precise rock failure evaluation. It can also down the costs of disintegration as well as excavation. The paper deals with results of common geophysical methods and methods of seismic tomography achieved at the hidden rock failure determination in the rock masses of the Ruzin dam during projecting the outlet equipment.

Key words: Rock failure determination, seismic tomography, geophysical methods.

ÚVOD

Určenie porušenia horninového prostredia úzko súvisí s optimalizáciou rozpojovania horninového prostredia alebo výberom optimálneho spôsobu razenia banských diel. Cieľom optimalizačných snáh je dosiahnuť požadovanú fragmentáciu - v prípade trhacích prác, alebo výber najvhodnejšej technológie razenia banského diela. To je možné docieľiť stanovením porušenia horninového prostredia. V praxi sa to uskutočňuje na základe osobných skúseností technického vedúceho odstrelu, ktoré získal dlhodobým overovaním v konkrétnych podmienkach. Je však dosť situácií, keď tieto skúsenosti nemožno využiť. Vtedy je potrebné mať k dispozícii presnejšie hodnotenie porušenia, najmä skrytej. Je to predovšetkým vtedy, keď je potrebné znížiť náklady na jednotlivé operácie pri rozpojovaní alebo razení. V posledných rokoch sa v oblasti spracovania geofyzikálnych údajov začala používať nová metóda analýzy - seizmická tomografia, poskytujúca možnosti na obohatenie vedomostí o vnútornej štruktúre našej Zeme. Podobne ako v medicíne počítačová tomografia, aj seizmická tomografia kombinuje namerané rýchlosti veľkého počtu seizmických vln, šíriacich sa po vzájomne pretínajúcich sa dráhach a odhaľuje vnútornú štruktúru prostredia, cez ktoré prešli vlny (Krišťáková et al., 1993, Krišťáková, 1996).

EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

Experimenty určovania skrytej porušenia uskutočnené na modelových blokoch a in situ ukázali, že pomocou seizmickej tomografie je možné docieľiť oveľa lepšie výsledky, ako pri použití klasických metód prieskumu (Pandula et al., 1990). Potvrdilo sa to pri geofyzikálnom prieskume v oblasti projektovania výpustných zariadení priehrady Ružín II (Šimčík et al., 1993). Na základe výsledkov laboratórnych meraní bola vypracovaná metodika určovania porušenia horninového masívu in situ. Stupeň porušenia horninového masívu bol určovaný porovnaním rýchlosti šírenia pozdĺžnych vln

v sledovanej časti horninového masívu a rýchlosti šírenia týchto vln v neporušenej kvázihomogénnej časti horninového masívu.

Geofyzikálny prieskum bol realizovaný pozdĺž meračsky vytýčeného geofyzikálneho profilu

na povrchu, nad projektovaným priebehom výpustnej štôlne (Príloha 1). Pre potreby situovania geofyzikálnych meraní boli na profile vyznačené body S1 až S7. Úlohou geofyzikálneho prieskumu bolo

¹ Katedra dobývania ložísk a geotechniky F BERF Technickej univerzity, 043 84 Košice, Park Komenského 19.

zistiť porušenosť horninového masívu vo výpustnej štólne, priebeh horizontálnych rozhraní a ich charakter (litologické rozhranie, rozhrania porušenia masívu). Pre splnenie vytýčených úloh boli zvolené geofyzikálne metódy - metódy vertikálneho elektrického sondovania (VES), seizmická metóda lomených vln a metóda seizmickej tomografie. Geoelektrickými parametrami stanovenými z interpretácie kriviek VES boli merný odpor a mocnosť geoelektrickej vrstvy. Príklady interpretácie kriviek VES sú na prílohách 2 až 4. Interpretované geoelektrické parametre sú na prílohách 5 a 7. Seizmické merania boli uskutočnené plytkou úderovou seizmikou s budením seizmického vlnenia úderom kladiva. Hĺbky seizmických rozhraní sme určovali z protismerných hodochrón. Seizmickými parametrami interpretovanými z hodochrón boli - rýchlosť šírenia seizmických vln a hĺbka rozhrania (príloha 6). Vnútorňa porušenosť bola určovaná metódou seizmickej tomografie. Interpretovaným parametrom bola rýchlosť pozdĺžnych vln v sledovanom profile 1 až 69 m a 55 - 105 m. Profily boli zvolené tak, aby výsledná tomografická mapa charakterizovala porušenosť horninového masívu v oblasti projektovaného priebehu štólne. Namerané výsledky boli spracované do tomografickej mapy pomocou programu Seistomo (Szabó, 1992), (príloha 9 a 10).

DISKUSIA K NAMERANÝM VÝSLEDKOM

Interpretácia vertikálnych rozhraní z výsledkov geoelektrických meraní bola pomerne jednoznačná. Dobre je to možné sledovať napríklad na prílohe 5, kde zhustený vertikálny priebeh izolíní odporu je odrazom vertikálnej tektonickej poruchy. Korelácia horizontálnych rozhraní, zostrojených pomocou metódy VES a metódy lomených seizmických vln, už jednoznačná nie je.

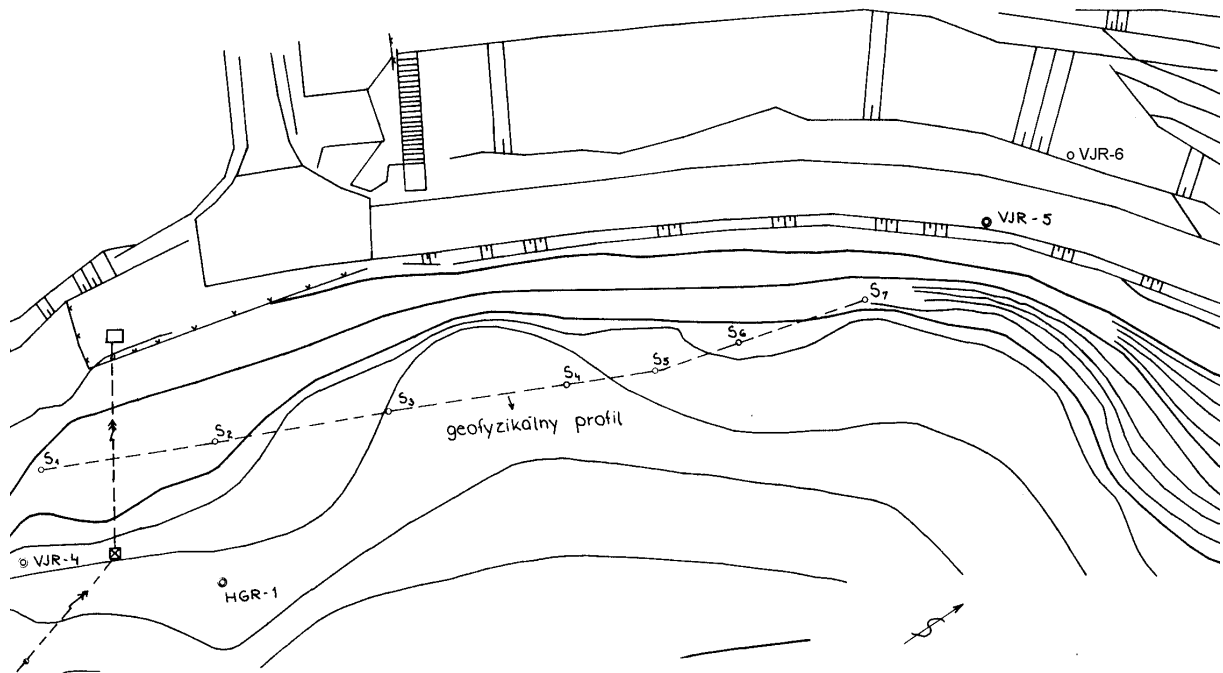
Za predpokladu, že prostredie pozostáva z hornín podobného typu s jednotnou geofyzikálnou charakteristikou, túto skutočnosť je možné vysvetliť rôznym stavom zahlinenia, zvodnenia a porušenia masívu. Pri interpretácii v komplexnom reze (príloha 8) preto jednotlivé rozhrania rozlišujeme. Veľmi dobre však výsledky získané pomocou metódy VES korelujú s výsledkami interpretovanými pomocou seizmickej tomografie (príloha 9 a 10). Z nameraných výsledkov je možné konštatovať, že v úseku razenia štólne od prepadu po metráž 80 m (bod S6) je horninové prostredie slabo navetralé (vysoké odpory, vysoké rýchlosti pozdĺžnych seizmických vln). Oblasť od metráže 80 m smerom k vývaru je navetralá hornina s vyšším obsahom ílovitých prímiesí (znížené hodnoty odporov a rýchlosti seizmických vln), ktorá zasahuje až do úrovne štólne. Zvýšené hodnoty zdanlivého merného odporu v oblasti medzi bodmi S2 a S3 je možné vysvetliť preinjektovaním oblasti cementovou injektážou v čase výstavby vodného diela.

ZÁVER

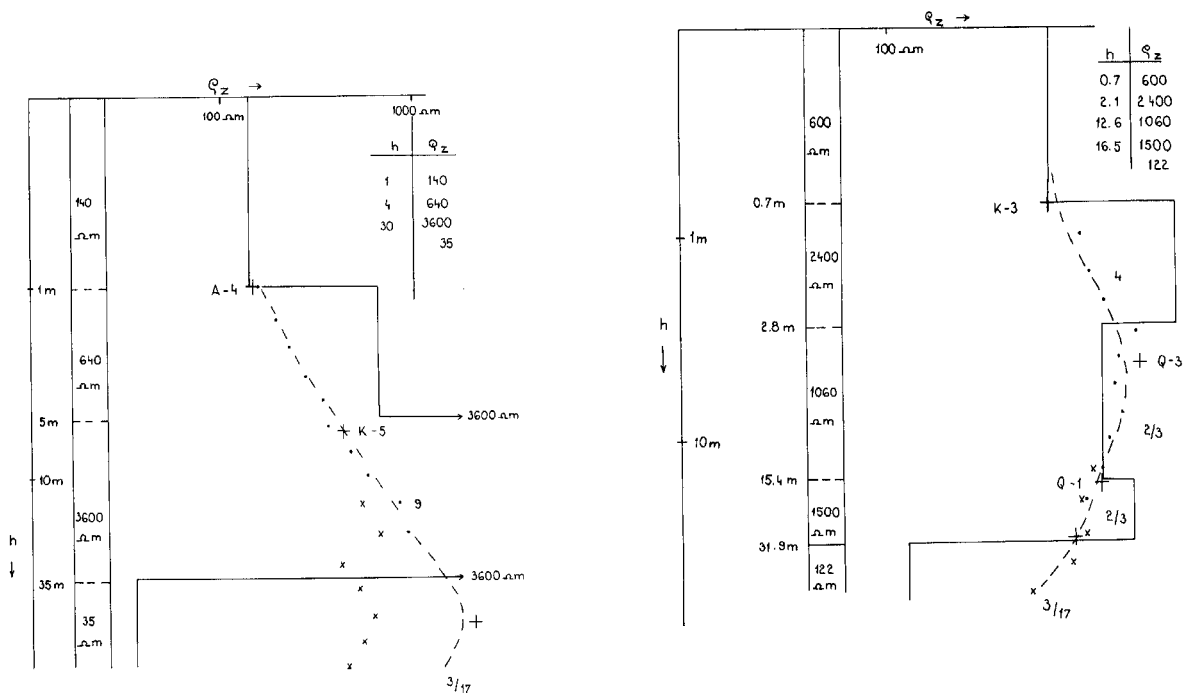
Tektonické poruchy a rozhrania porušenia horninového masívu stanovené pomocou metódy VES, metódy lomených vln a seizmickej tomografie boli potvrdené pri razení odvodňovacej štólne. Použitie metódy seizmickej tomografie umožnilo veľmi podrobne určiť porušenosť pozdĺž celého meraného profilu, čo v podstatnej miere prispelo k výberu najvhodnejšej technológie razenia a projektovaniu trhacích prác.

LITERATÚRA

- Pandula, B., Szabó, Š., Baraník, J.: Skúmanie fyzikálno - mechanických vlastností horninových masívov fyzikálnymi metódami. *Záverečná správa z riešenia etapy 03 čiastkovej úlohy II - 6 - 2/06, Košice 1990.*
- Šimčík, J., Pandula, B., Krišťáková, Z.: Správa z geofyzikálnych meraní z oblasti Ružín II úlohy rozšírenia kapacity výpustných zariadení. *Výskumná správa Ingreal, Košice, 1993.*
- Szabó, Š.: Grafické programy pre modelovanie horninového prostredia a výbuchu. *Uhlí-Rudy 1/2, 1992, s.47-50.*
- Krišťáková, Z., Kupková, M.: An assesment of seismic tomography as a means of determination of deformation effect on rock. *Annales Geophysical, Part I, Solid Earth Geophysics and Natural Hazards, Vol.11, Springer Internation 1993.*
- Krišťáková, Z.: Geotomo - Geotomography developed for seismic imaging. *Zborník.: I.celoslovenský geofyzikálny seminár, Bratislava 1996.*



Príloha 1. Situácia geofyzikálnych prác. S1-S7 sú označené staničenia sond VES. VJR4, VJR5, VJR6, HGR1-označenia vrtov.

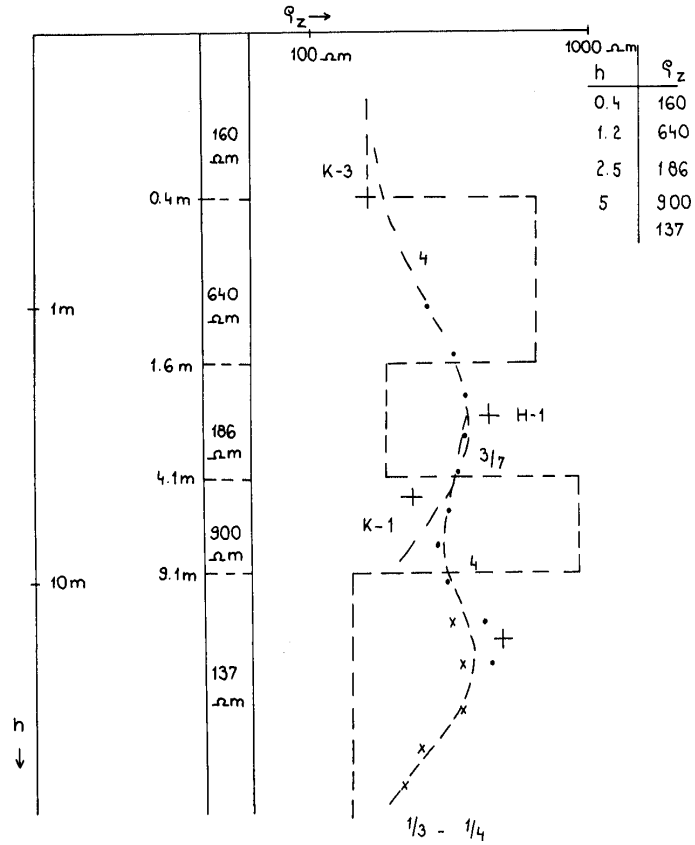


Príloha 2. Parametrické merania metódou VES vo vrte HGR - 1. h - hĺbka vrtu [m], r_z - merný odpor [Ωm]. Body A-4, K-5 odpovedajú typom teoretických odporových kriviek použitý pri interpretácii nameraných dát.

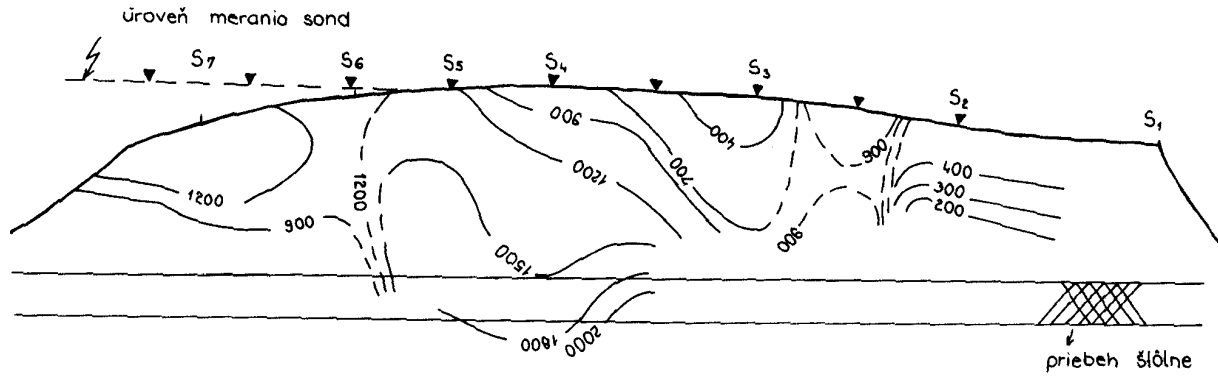
Čiarkovaná čiara predstavuje predpokladanú modelovú krivku pre dané prostredie, plná čiara zobrazuje interpretované hodnoty zdanlivého merného odporu a

mocnosti vrstiev. Na obrázku je zreteľné vidieť tri rozhrania - prvé v hĺbke 1m ($r_z = 140 \Omega m$), druhé v hĺbke 5m ($r_z = 640 \Omega m$), tretie v hĺbke 33m ($r_z = 3600 \Omega m$).

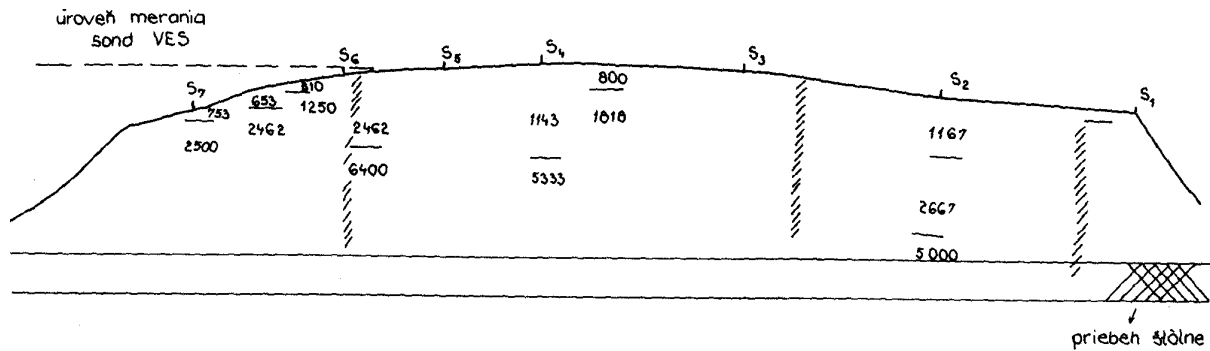
Príloha 3. Parametrické merania metódou VES vo vrte VJR-5.



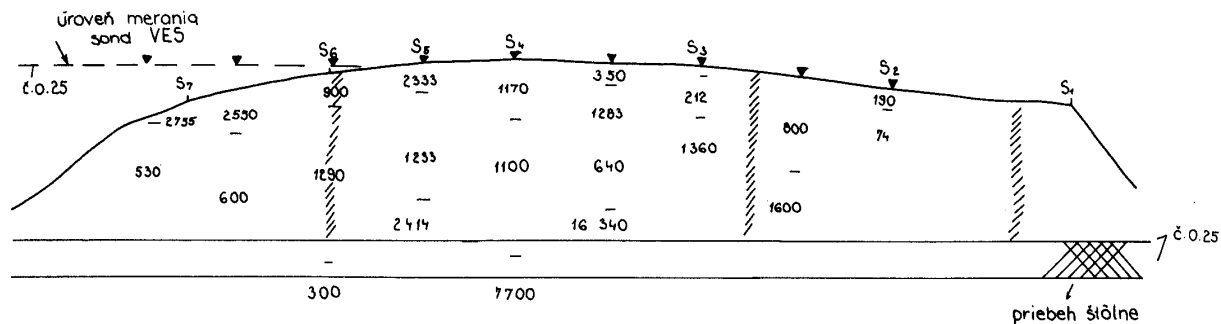
Príloha 4. Parametrické merania metódou VES vo vrte VJR-6.



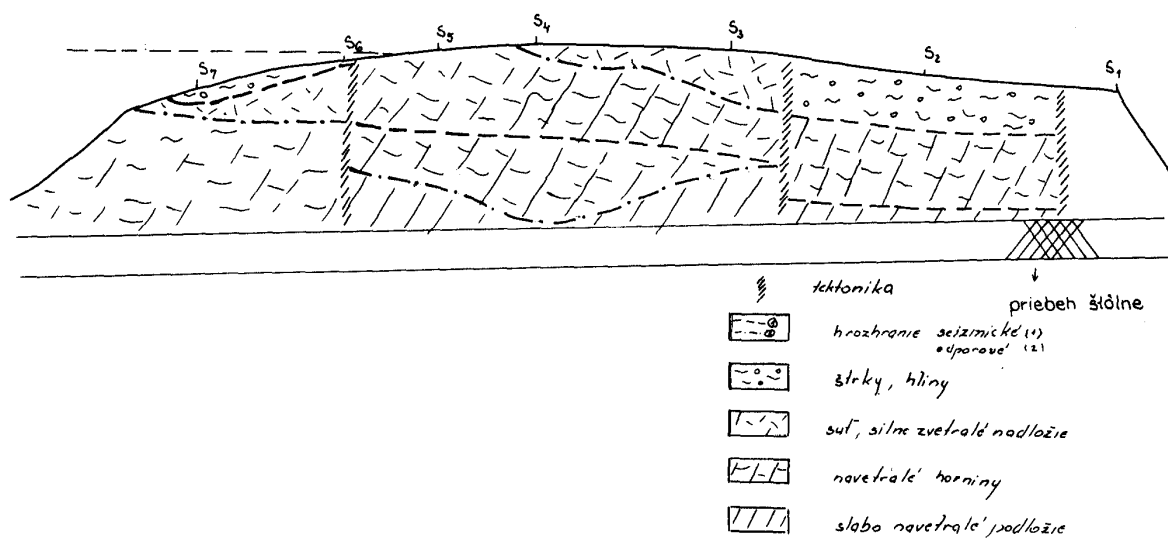
Príloha 5. Konštrukcia odporového rezu v profile na základe kriviek vertikálneho odporového sondovania.



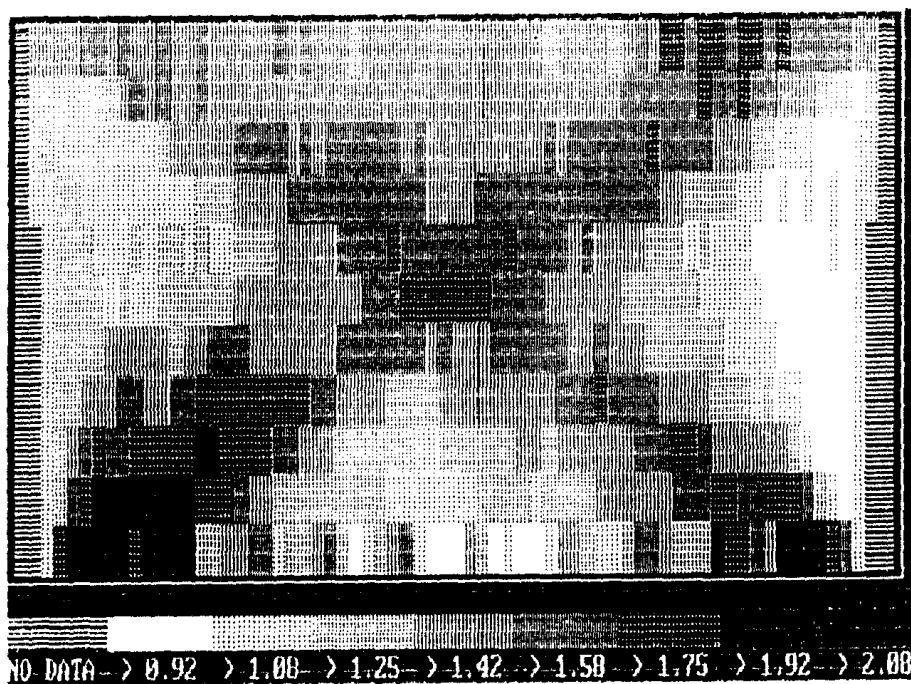
Príloha 6. Interpretácia seizmických parametrov - rýchlosti šírenia seizmických vln [$m \cdot s^{-1}$].



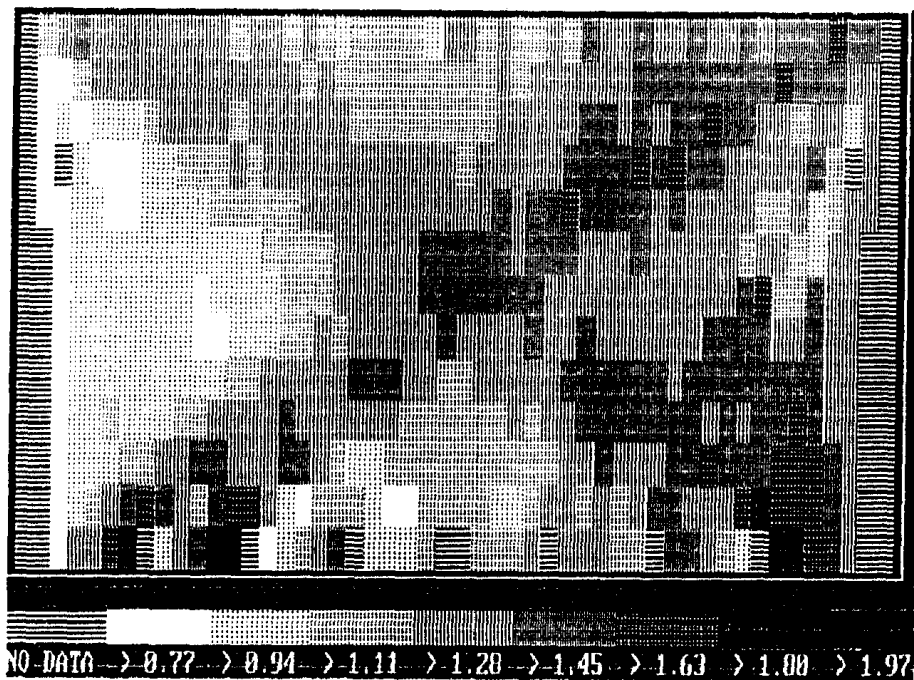
Príloha 7. Interpretácia geologických parametrov - geoelektrický rez geofyzikálnym profilom. Údaje zodpovedajú interpretovaným hodnotám merného odporu [Ωm]. S₁ - S₇ meračsky vytýčené body geof. profilu. Plné trojuholníky označujú sondy VES.



Príloha 8. Interpretácia geologických, geoelektrických a seizmických parametrov - komplexný



Príloha 9. Tomografická mapa geofyzikálneho profilu 1 - 69 m.



Príloha 10. Tomografická
mapa geofyzikálneho
profilu 55 - 105 m.