

RNDr. Michal Řehoř, VÚHU

Užitá geofyzika při řešení problematiky zvodněných výsypkových těles

Výzkumný ústav hnědého uhlí v Mostě se již řadu let zabývá výzkumem stabilitních podmínek výsypek v Severočeském hnědouhelném revíru. V rámci tohoto výzkumu proběhl na všech větších výsypkách rozsáhlý vrtný průzkum. Z jeho výsledků plyne, že prakticky všechny výsypky v SHD jsou zvodněné a lze v nich zjistit jeden až několik zvodněných obzorů /1/. Tento faktor značně zhoršuje stabilitu výsypek.

Nepříznivému utváření zvodnění na podložce výsypky lze zabránit především odpovídající drenáží nových výsypných prostorů. Toto opatření však nebylo v minulosti v SHD většinou realizováno /1/. Následné odvodňování těles výsypek je v rozsahu hornické činnosti stále problémem, který je nutné řešit.

Touto otázkou se již zabývala řada geologických disciplín. Užitá geofyzika však začala být více využívána až v posledních letech. V této práci je největší pozornost věnována ověření zvolené metodiky geofyzikálního průzkumu na jednotlivých lokalitách SHD. Článek navazuje na materiál uveřejněný v časopise Uhlí /2/.

Fyzikální podstata problému

Průzkum zvodněných oblastí je jedna z úloh užitě geofyziky, která se řeší již od dob vzniku geofyziky jako samostatné

geologické disciplíny. Zpravidla se využívá toho, že zvodněné zóny se v horninovém masívu vždy jeví jako vodič. Lze využít i odlišné rychlosti šíření seismických vln ve zvodněných zónách.

Při průzkumu na tělese výsypky je situace z hlediska geofyziky podstatně méně příznivá než v případě rostlého terénu. Výsypka je totiž tvořena nepravidelně mocnými a ukloněnými vrstvami zakládáných zemin s různými fyzikálními, petrologickými a geomechanickými vlastnostmi. Na dosud provozovaných výsypkách jsou zakládány především jíly a jílovce různých fyzikálních vlastností. V menším množství pak písky, zahliněné šterky a šterkopísky, vypálené jíly, popílek z elektráren a hlušina z úpraven uhlí, případně další odpady /1/.

Jde tedy o heterogenní směs nasypaných hornin a odpadů různých fyzikálních vlastností, což spolu s rušivými vlivy průmyslu SHD značně komplikuje geofyzikální průzkum.

Metodika geofyzikálního průzkumu

Obecným principem geofyzikálního průzkumu je využití kontrastu fyzikálních parametrů zájmových struktur a okolního horninového prostředí. Při měření na tělesech výsypek je nutné vzít v úvahu specifické vlastnosti heterogenní směsi nasypaných hornin a značné rušivé vlivy způsobené průmyslem SHD. Jediné dostatečně kontrastní fyzikální veličiny jsou měrný odpor a rychlost šíření seismických vln. Oddělení geofyziky v současné době nevlastní seismickou aparaturu. Z metod založených na zkoumání měrného odporu bylo ověřováno dipólové elektromagnetické profilování, metoda VDV a nízkofrekvenční varianta vertikálního elektrického sondování a odporového profilování. Metoda VDV neposkytla při pokusných měřeních interpretovatelné výsled-

ky (silné rušivé vlivy) a proto nebyla na zkoumaných lokalitách využita.

Principem dipólového elektromagnetického profilování je zkoumání umělého elektromagnetického pole zaváděného do země induktivně prostřednictvím zdrojové cívky. Toto pole indukuje velmi malé proudy v horninovém prostředí pod povrchem terénu. Tyto proudy vytvářejí sekundární pole H_s , které je snímáno spolu s primárním polem H_p přijímací cívkou přístroje. Velikost H_s závisí na vzdálenosti mezi cívkami s , použité frekvenci f a vodivosti prostředí γ , která je ovlivněna případným zvodněním. Zjednodušeně to vyjadřuje vzorec /2/

$$\left(\frac{H_s}{H_p} \right) \sim \frac{j \omega \mu_0 \gamma s}{4},$$

kde: $j = \sqrt{-1}$

$\omega = 2\pi f$

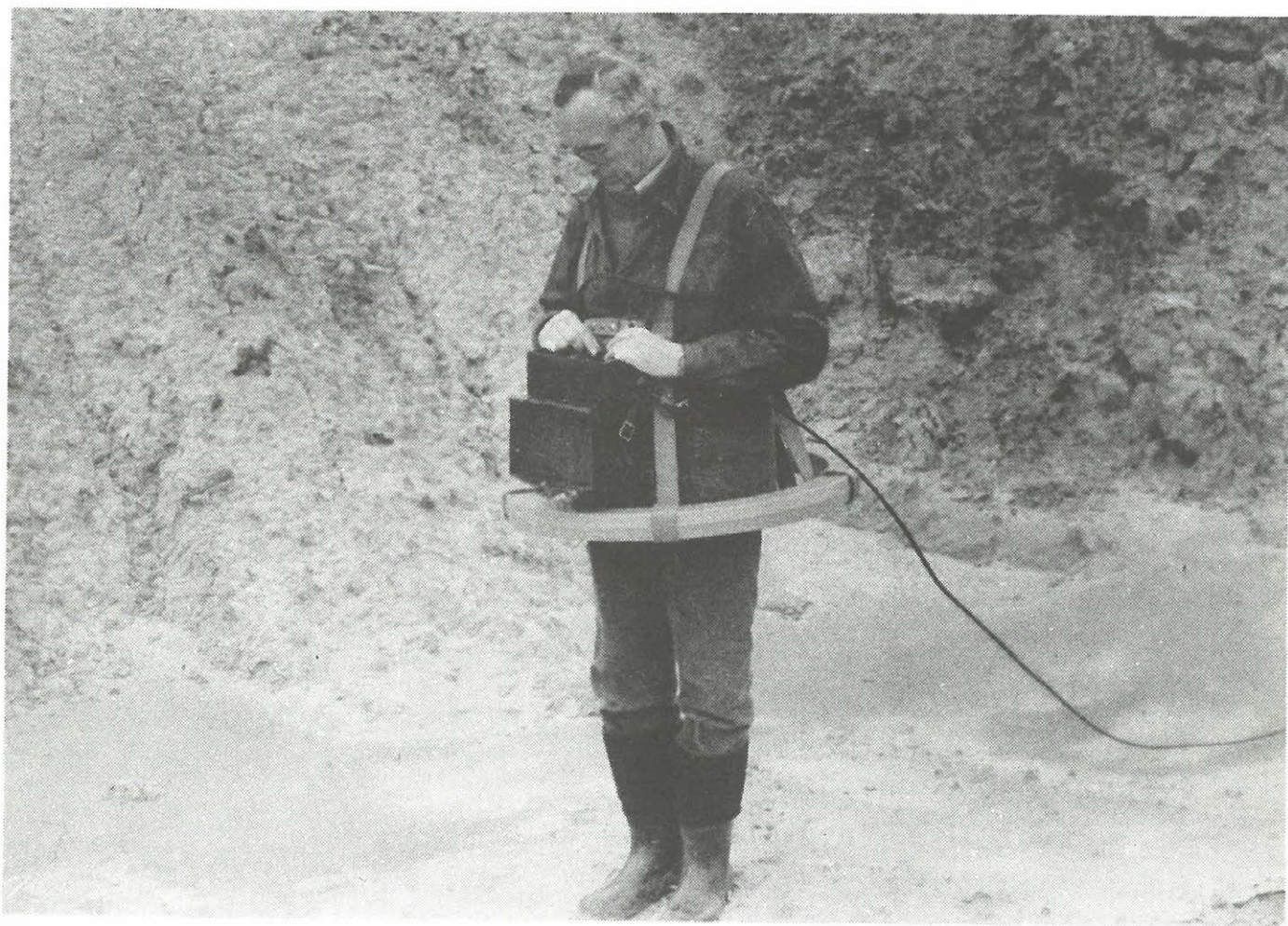
μ_0 = permeabilita vakua

s = vzdálenost mezi cívkami

γ = vodivost prostředí

Na přijímači použité aparatury EM 34-3 lze přímo odečítat hodnotu vodivosti horninového prostředí γ (mS.m^{-1}). S přístrojem lze pracovat při polarizaci cívek ZZ a YY, frekvence zdroje činí 6400 Hz, 1600 Hz a 400 Hz. Tím je možné měnit hloubkový dosah průzkumu v rozmezí cca 7,5 - 30 m. Terénní měření aparaturou EM 34-3 je ukázáno na obrázku č. 1.

Odporové profilování a vertikální elektrické sondování patří mezi klasické geofyzikální metody. Jsou založeny na zkoumání umělého elektrického pole zavedeného do země uzemněnými



Obr. 1 Terénní měření aparaturou EM 34-3

póly zdroje. Měřenou veličinou je proud I a napětí ΔV , ze kterých získáme známým vztahem /3/ hledaný měrný odpor. Při odporovém profilování se uspořádání elektrod pohybuje po profilu, při odporovém sondování změnou rozměrů uspořádání dosahujeme změnu hustoty primárního pole s hloubkou. V podmínkách SHD je nutné nahradit obvykle užívaný stejnosměrný proud střídavým nízkofrekvenčním. Při dostatečně nízké frekvenci jsou výsledky prakticky stejné jako při měření proudem stejnosměrným a zabrání se rušení bludnými průmyslovými proudy. Hlavní nevýhodou je skin-efekt, projevující se snížením hloubkového dosahu průzkumu (aparatura používaná oddělením geofyziky pracuje na frekvenci 700 Hz). Na obrázku č. 2 je ukázáno měření se sondážním přístrojem VÚHU.

Geofyzikální průzkum jednotlivých lokalit

Uvedená kombinace metod byla ověřována na třech lokalitách SHD. Zájmové oblasti se svým charakterem značně lišily a měřilo se v různých ročních obdobích. Proto lze z výsledků vyvodit jednoznačné závěry.

První zkoumanou lokalitou byla vnitřní výsypka Lomu Pokrok. Zájmové území se nacházelo v její okrajové části. Úkolem užité geofyziky bylo přibližné ohraničení zvodněných zón. Po dohodě s odběratelem bylo celkem proměřeno osm profilů. Měřilo se ve velmi členitém terénu za silných mrazů. V těchto podmínkách bylo jedinou použitelnou metodou dipólové elektromagnetické profilování aparaturou EM 34-3. Všechny profily byly proměřeny dvěma uspořádáními přístroje (polarizace cívek ZZ, frekvence 6400 Hz a 1600 Hz). Při polarizaci ZZ není aparatura citlivá na svrchní promrzlou vrstvu terénu. Krok měření byl zvolen 5 m. Interpretace se opírala o křivky vodivosti vynesené nad profily. Měrný odpor materiálu výsypky činil cca

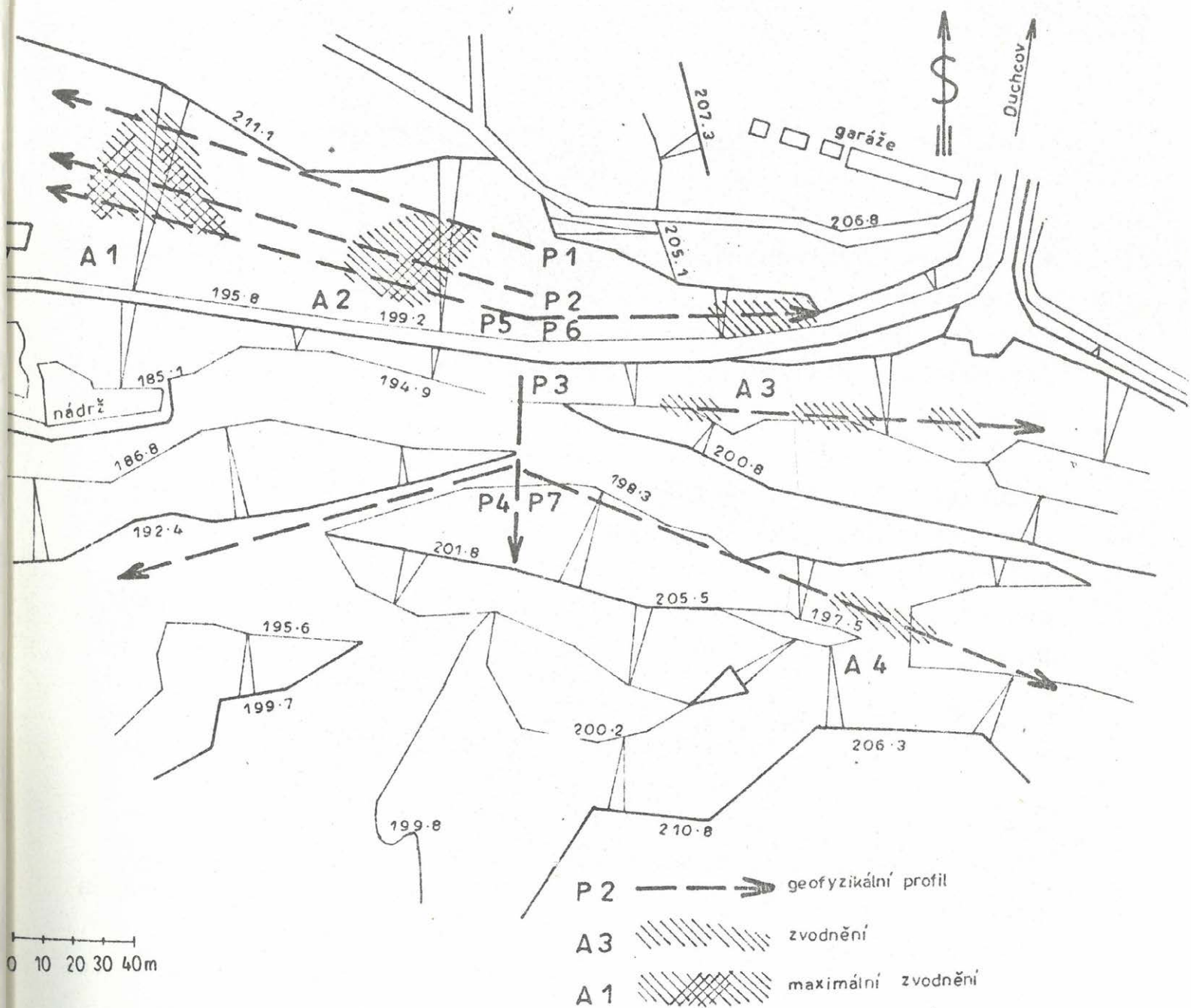
25 Ω m, ve zvodněných oblastech klesal až na 13 Ω m. Vyhodnocení bylo úspěšné. Celkem se podařilo nalézt čtyři anomálie, z nichž tři bylo doporučeno ověřit vrtným průzkumem. Výsledek je ukázán na obrázku č. 3. V anomálních oblastech A 1 a A 2 byly skutečně nalezeny přítoky podzemní vody /3/. Čerpací vrty situované v těchto místech problémem zvodnění výsypky Pokrok vyřešily. Průzkum jednoznačně prokázal možnosti dipólového elektromagnetického profilování v zimním období, vedl však až k jejich přecenění /3/. Podmínky na lokalitě Pokrok byly totiž velmi příznivé. Šlo o starou, konsolidovanou výsypku s ostře ohraničenými zvodněnými zónami.

Další zkoumanou lokalitou byla oblast koridoru mezi Lomem J. Šverma a VČSA. Úkolem geofyziky bylo ohraničit případné zvodněné zóny v zájmovém úseku. 200 metrů dlouhý profil proměřili pracovníci VÚHU dipólovým elektromagnetickým profilováním a vertikálním elektrickým sondováním. Krok měření činil při obou typech profilování 5 m, mezi sondážními body byla zvolena vzdálenost 10 m. Průzkum proběhl v letním období. Odporové ani elektromagnetické profilování nepřineslo prakticky využitelné výsledky. Měrný odpor nasypaného materiálu byl totiž v celém území extrémně nízký, nepřesahoval 10 Ω m. Výsledkem vertikálního elektrického sondování byl detailní izoohmický řez, na základě kterého byla vytypována nejnadějnější místa pro vrtné práce. Vymezit zvodněnou zónu se však žádnou metodou nepodařilo /4/.

Poslední lokalitou, na které proběhl geofyzikální průzkum, byla vnitřní výsypka Lomu Chabařovice. Šlo o zatím nejrozsáhlejší měření. Jeho úkolem bylo zjištění hloubky zvodněných zón a směru maximálního proudění. V zájmovém území byly po dohodě s odběratelem vytyčeny čtyři profily. Ty byly proměřeny vertikálním elektrickým sondováním a dipólovým elektromagnetickým profilováním při polarizaci cívek ZZ a frekvencích 6400 Hz



Obr. 2 Měření se sondážním přístrojem VÚHU



Obr. 3 Vyhodnocení průzkumu na lokalitě Pokrok

a 1600 Hz. Krok měření činil 5 m, vzdálenost mezi sondážními body 10 m. Průzkum probíhal v letním období. Při interpretaci byly využity křivky vodivosti nad profily a vertikální izoohmické řezy. Výsledky dipólového elektromagnetického profilování neznamenalý velký přínos, poskytly však určité vodítko při určování směru maximálního proudění. Mnohem větší význam mělo vertikální elektrické sondování, na jehož základě se podařilo jednoznačně stanovit hloubku a mocnost zvodněné zóny. Výsledky byly přesvědčivé navzdory poměrně nízkému měrnému odporu materiálu výsypky ($\leq 15 \Omega \text{m}$). Možnosti vertikálního elektrického sondování dokumentuje obrázek č. 4, na kterém je ukázána interpretace jednoho z geofyzikálních profilů. Vyhodnocení průzkumu na této lokalitě prokázalo užitečnost geofyziky při řešení problematiky zvodnění /5/.

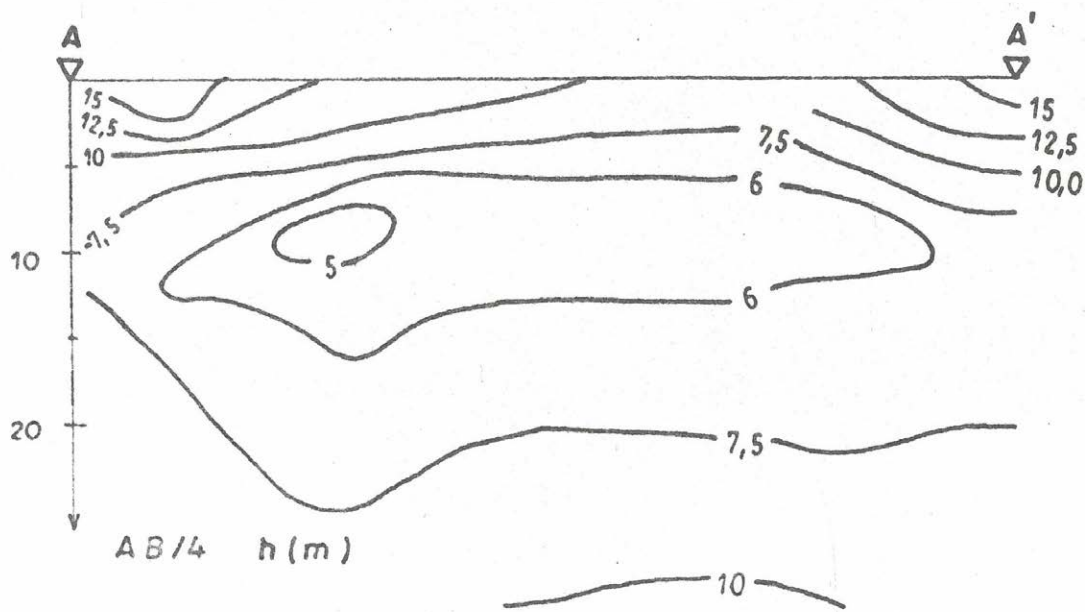
Závěr

Článek shrnuje dosud získané zkušenosti s aplikací užité geofyziky při řešení problematiky zvodněných výsypkových těles v oblasti SHD.

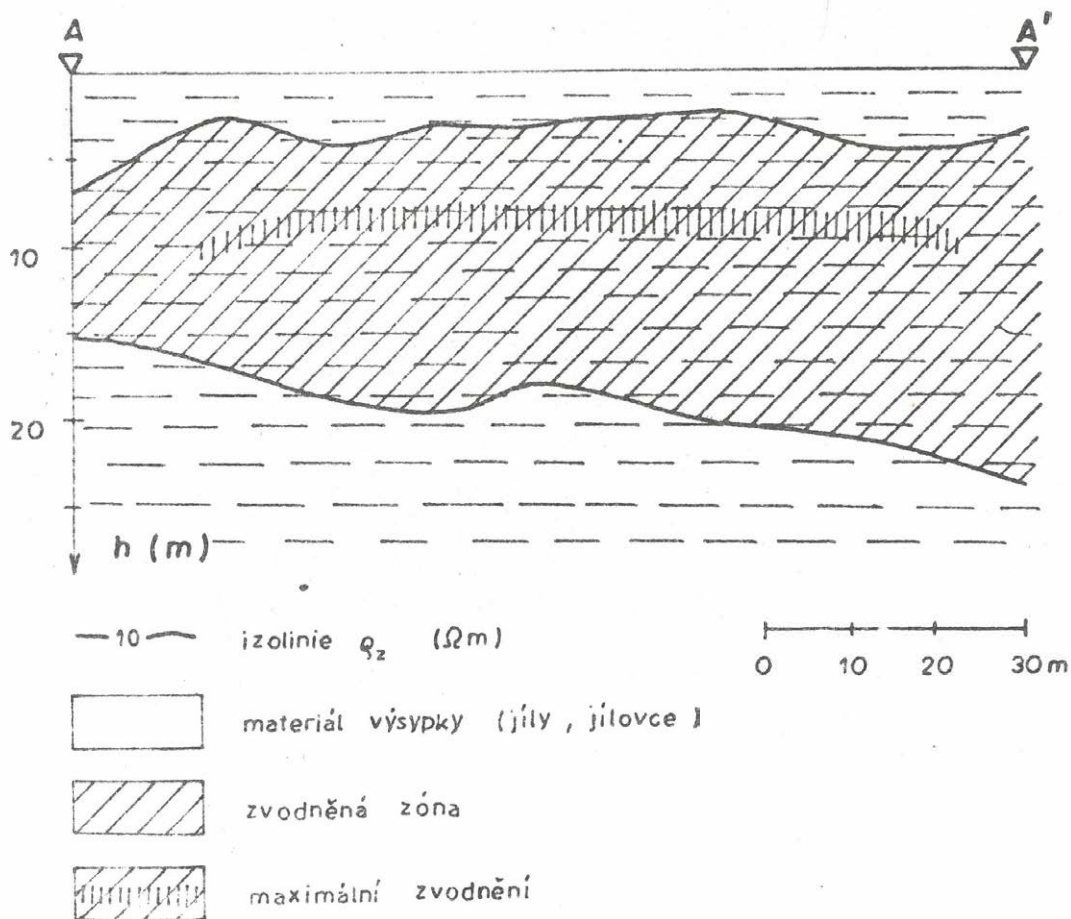
Navržená kombinace dipólového elektromagnetického profilování a vertikálního elektrického sondování byla ověřována na třech lokalitách. Nejlepší výsledky poskytlo vertikální elektrické sondování. Tato metoda umožňuje zjistit hloubku a mocnost zvodněné zóny a při malých odporových kontrastech je nejpřesnější. Dipólové elektromagnetické profilování je méně citlivé, jde však o jedinou metodu použitelnou i v zimním období. Odporové profilování poskytuje podobné výsledky jako elektromagnetické, nelze ho ale využít v případě promrzlého povrchu terénu. Hloubkový dosah vždy činil přibližně 20 metrů.

Užitá geofyzika se na uvedených lokalitách osvědčila jako rychlá, levná a efektivní průzkumná metoda. Měla by být využívána i v budoucnu.

a) vertikální odporový řez



b) vyhodnocení



Obr. 4 Interpretace profilu na lokalitě Chabařovice