

PRIMJENA GEOFIZIČKE KAROTAŽE U RUDARSTVU, HIDROGEOLOGIJI I INŽINJERSKOJ GEOLOGIJI

(Prema predavanju održanom u Hrv. geol. društvu 29. III 1966. god.)

S 4 priloga

U članku su dati neki primjeri iz prakse i naglašene su mogućnosti karotaže u raznim privrednim granama.

1. PRIMJENA KAROTAŽE

Karotaža ima najširu primjenu kod istraživanja nafte. Međutim, uspješno se upotrebljava i kod istraživanja ugljena, boksita i ostalih rudaca te kod rješavanja raznih geoloških, hidrogeoloških, hidrotehničkih i inženjersko-geoloških problema. Neki rezultati i praktične mogućnosti karotažnih ispitivanja za rješavanje nekih od navedenih problema bit će prikazani u daljnjem tekstu.

1.1. Primjena karotaže kod istraživanja ugljena

Karotažom se dolazi do znatnih ušteda, a i do podataka, koji se ne mogu uvijek dobiti bušenjem. Ipak karotaža ne isključuje jezgrovanje, već ga svodi na razumnu mjeru. Ove se metode istraživanja međusobno dopunjuju te istrage postaju sigurnije i mjerodavnije.

Zadaci karotaže kod istraživanja ugljena su, u osnovi, slijedeći:

- proučavanje litološkog stuba bušotine, izdvajanje ugljene serije (određivanje dubine i debljine serije);
- određivanje građe ugljene serije (izdvajanje proslojaka ugljena i do debljine od 5 cm);
- određivanje kvaliteta ugljena (pepelosti) sa tačnošću od 3–4%;
- određivanje mehaničkih karakteristika bušotina (iskrivljenost, promjer bušotine, nagib slojeva i dr.).

Karotaža kod istraživanja ugljena često je neophodna i zbog toga što se kod bušenja dobiva mali procenat jezgre, te bi određivanje debljine i građe serije bušenjem bilo netačno.

Karotažna mjerenja kod istraživanja ugljena izvode se u dvije etape. U prvoj etapi karotažna snimanja se izvode u mjerilu 1 : 200 sa ciljem, da se prouči litološki stub bušotine i uočene ugljene serije.

U drugoj etapi treba snimanje izvesti u mjerilu 1 : 50, a ako je moguće u mjerilu 1 : 20. Svrha ovih mjerenja je proučiti građu ugljene serije i kvalitet ugljena. Ova mjerenja se izvode samo u intervalu ugljenih serija.

U prvoj etapi redovno se koriste električna i gama-gama karotaža.

Program ispitivanja u drugoj etapi zavisi od vrste i tipa ugljena, a u svakom slučaju izvodi se elektrokarotaža (razni oblici), gama-gama karotaža (gustinska varijanta) te strujna karotaža.

1.1.1. Pokusna karotažna mjerenja u ugljenom basenu Kreka

U toku 1965. karotažna mjerenja su izvedena u nekoliko istražnih bušotina, koje se nalaze na južnoj sinklinali krekanskog basena (Š. Slimak, 1965). Svrha karotaže bila je: utvrditi mogućnost odvajanja ugljene serije od pijeska i gline, te izdvajanje ugljena od jalovine unutar serije. Ova mjerenja su imala eksperimentalan karakter, kako bi se dobili podaci o stvarnim mogućnostima karotaže ugljena u ovom ležištu.

U južnoj sinklinali u produktivnoj pliocenskoj seriji zastupljena su 4 ugljena sloja, i to: podinski, glavni, prvi i drugi krovinski (Š. Milivojević, 1965). Rjeđe je zastupljen i treći krovinski sloj. Skoro redovno iznad ugljenog sloja su zastupljene gline, a ispod njega pijesci. Taj ciklus se ponavlja takoreći kod svih slojeva, a samo mjestimično se opaža odstupanje od ovoga.

Obzirom na okolnost, da su to bila pokusna mjerenja te da su bile nedovoljno poznate fizičke karakteristike pojedinih sredina, ispitivanja su izvedena sa svim raspoloživim tipovima sondi. Mjeren je:

- vlastiti potencijal (krivulja SP-a);
- prividni otpor monoelektrodnom sondom (krivulje RES-a);
- prividni otpor normalnim sondama dimenzije 16 i 64";
- prividni otporni gradijent sondom od 6';
- prirodna radioaktivnost (gama krivulja);
- pobuđena radioaktivnost (gama-gama krivulja) i
- otpor isplake (mjeren sa čelijom na površini terena).

Sva snimanja su izvršena u mjerilu 1 : 200, sa »Log-Master« karotažnom aparaturom (američkog porijekla). To je dvokanalni uređaj sa kontinuirano mehaničkom registracijom, pogodan za mjerenja do dubine 1000 metara.

Rezultati mjerenja u bušotinama BP-28 i BP-41 dati su na priložima 1 i 2.

Sa navedenih slika odnosno krivulja mogu se izvući slijedeći dragocjeni zaključci.

Krivulje RES-a i SP-a skoro redovno su asimetrične te služe kao odličan indikator litoloških odnosa. SP-krivulje u nivou ugljena i pjeskovitih slojeva imaju otklon u lijevo (porast potencijala), a u glinovi tim interkalacijama otklon udesno (smanjenje potencijala). Manji otklon u pojedinim ugljenim serijama vjerojatno je posljedica razlike u kvalitetu ugljena po pojedinim horizontima.

Moć raščlanjavanja ugljena unutar serije (ugljena) u mnogome zavisi od samog kvaliteta ugljena, debljine proslajaka, fizičkih svojstava jalovine i dr.

Krivulje prividnih otpora imaju manju moć litološkog raščlanjavanja. Gube se detalji, ali su zato one izvanredno korisne kod kvantitativne analize.

Gama krivulje (prirodna radioaktivnost) su dobar indikator litoloških odnosa, pa čak i dobar detektor ugljenih slojeva. U intervalima ugljene serije opažamo otklon u lijevo, što znači da radiaktivnost opada.

Gama-gama krivulje (pobuđena radioaktivnost) su idealni indikatori ugljene serije i isto tako uspješni i kod izdvajanja pojedinih glinovitih interkalacija unutar serije.

Litološki stubovi sastavljeni na osnovu rezultata geofizičke karotaže se razlikuju od stubova sastavljenih jezgrovanjem. Da su takova odstupanja moguća, vidimo i iz strane literature; to je svakako posljedica objektivnih i subjektivnih poteškoća koje mogu nastati kod bušenja. Pogreške mogu teže nastati kod karotažnih mjerenja, jer se registracija vrši kontinuirano uzduž čitave osi bušotine.

Kako su mjerenja imala eksperimentalni karakter, prikazani rezultati nisu krajnja mogućnost karotaže kod istraživanja ugljena. Danas postoji još čitav niz operacija, koje predstavljaju daljnje unapređenje karotaže i daju mnogo novih korisnih podataka za istraživanje ugljena.

Slična ispitivanja, ma da ne u tolikom opsegu izvedena su i na području rudnika Brodarevac (Ivanec). Rezultati ispitivanja prikazani su na prilogu 3.

Slika pokazuje, da je gama-gama krivulja (kolona 8) najbolji indikator ugljene serije, i da bez ikakove sumnje dokazuje ugljen. Na ostalim krivuljama se detalji gube i moć raščlanjavanja istih je znatno manja. Međutim, one služe kao dopuna i neophodne su kod interpretacije.

Iz ovih nekoliko primjera možemo konstatirati, da karotaža daje vrlo dobre rezultate kod istraživanja lignita. Uvjereni smo, da bi se i kod istraživanja drugih vrsta ugljena dobili isto takvi dobri rezultati, samo kod istraživanja istih treba mijenjati metodiku radova. Dosadašnja primjena elektrokarotaže na kamenom ugljenu u basenu Vrška čuka, dala je dobre rezultate (M. L. J. Mladenić, 1961).

1.2. Primjena karotaže kod istraživanja mineralnih sirovina

Općenito se kod istraživanja mineralnih sirovina karotaža koristi:

- za korelaciju profila bušotina (izdvajanje pojedinih članova stuba bušotine te definiranje karakteristika stijena);
- za uočavanje korisnih sirovina uzduž osi bušotina (kao dopuna jezgrovanju), tj. odvajanje rudača od jalovine;
- za određivanje dubine i debljine rudnog tijela;
- za procjenu količine sadržaja korisnih minerala.

Kod sastavljanja programa karotažnih mjerenja neophodno je proučiti fizička svojstva članova stuba, tj. minerala i okolnih stijena, u prvom redu električnu vodljivost, magnetičnost, atomski broj elemenata, neutronska i radioaktivna svojstva, gustoću i drugo.

Obojeni metali često je javljaju kompleksno (olovo, cink, bakar, srebro, nikal zajedno). Redovno imaju nisku električnu otpornost (vezanu za elektronsku vodljivost), te se lako opažaju na krivuljama elektrokarotaže.

Na terenu Žuta Prlina (u centralnom dijelu Kopaonika) između ostalih geofizičkih ispitivanja izvedena je i geofizička karotaža bušotina (M. Perić, 1961). Orudnjenje olova i cinka zastupljeno je u izmiješanom serpentinu i dacito-andezitu. Na terenu Bojkovac-Žuta Prlina orudnjenje je također dobar električni provodnik, te se lako izdvaja od ostalih članova na osnovu elektrokarotaže.

1.3. Primjena geofizičke karotaže u hidrologiji

Danas se ne može ni zamisliti vodosnabdijevanje, izgradnja velikih hidroobjekata, mostova, putova i sl. bez dovoljnog poznavanja hidrogeoloških prilika područja. Ma da se karotaža u ovoj oblasti kod nas neznatno primjenjuje, treba spomenuti njezine mogućnosti sa željom, da se ona u skoroj budućnosti više koristi u raznim fazama istraživanja i eksploatacije. Zadatak karotaže kod ovih istraga je slijedeći:

- određivanje geološkog profila bušotine, tj. izdvajanje vodopropusnih i vodonepropusnih formacija, određivanje dubine i debljine kolektora;
- određivanje osnovnih kolektorskih svojstava slojeva (poroznosti, stupnja zaglinjenosti, propusnosti, koeficijenta filtracije);
- procjena stupnja mineralizacije podzemnih voda;
- proučavanje dinamike podzemnih voda (određivanje brzine i pravca podzemnog toka, brzine filtracije, određivanje mjesta pritoka i gubitka vode iz bušotine i drugo).

Kod proučavanja problema navedenih u prve tri tačke upotrebljavaju se standardne karotažne metode (električna, radioaktivna i dr.), a kod proučavanja dinamike podzemnih voda upotrebljavaju se i rezistivimetrijska ispitivanja.

Na slici 4 su prikazane karotažne krivulje snimljene u priobalju HE Đerdap (Š. Slimak, 1966). Krivulje spontanog potencijala (SP) i prividnog otpora (snimljenog monoelektrodom sondom – krivulja RES-a) su asimetrične i vrlo lijepo dokazuju propusne formacije. Otklon ulijevo na krivulji SP-a te otklon udesno na krivulji RES-a dokazuju propusni sloj – kolektor.

Kod rezistivimetrijskih ispitivanja metodika ispitivanja je nešto kompliciranija i mjerenja se vrše više puta, tj. sve dotle dok se na rezistivogramima ne uoče zone anomalije, tj. mjesta pritoka i gubitka vode, te zone aktivne cirkulacije.

Pomoću rezistivograma mogu se odrediti brzina kao i koeficijent podzemnog toka, i to ne za neki interval, već za svaku tačku uzduž osi bušotine.

Ako se ispitivanja vrše između sistema bušotina, mogu se odrediti pravci kao i brzine podzemnih tokova.

Rezistivimetrijska ispitivanja u cilju rješavanja hidroloških problema do sada kod nas nisu vršena. Takova ispitivanja su upravo u toku, a o njihovim rezultatima bit će posebno govora.

1.4. Primjene karotaže kod rješavanja inženjersko-geoloških problema

Izgradnja velikih hidrotehničkih i geotehničkih objekata ne može se ni zamisliti bez njihove solidne konsolidacije. Racionalno injektiranje zavisi ne samo od tehnologije radova, već i od efikasnosti kontrole. Obzirom da postojeće metode kontrole imaju stanovitih nedostataka, praksa zahtijeva savremenije metode kontrole. Već danas se u nekim zemljama za proučavanje mehaničkih osobina stijena uzduž osi bušotine, za kontrolu VDP-a, za kontrolu poboljšanja kvaliteta stijenske mase nakon injektiranja koriste sa manje ili više uspjeha razne geofizičke metode. Svakako kao najperspektivnija metoda pokazala se zvučna karotaža.

Ukoliko se zvučna karotaža izvede u više mahova, tj. prije, eventualno u toku, i nakon injektiranja, onda krivulje brzina nakon konsolidacije direktno dokazuju stupanj poboljšanja stijena uzduž pojedinih dionica.

Ako se usporedo sa karotažnim mjerenjima na stanovitom broju bušotina izvede i kontrola VDP-a na uobičajeni način te usporede ti rezultati, dolazi se do dragocjenih podataka za kvantitativnu analizu svih dijagrama snimljenih u ma kojoj bušotini.

Prikladnom tehnikom rada mogu se dobiti podaci i o poroznosti i gustoći stijenskih masa duž osi bušotine kao i granice prodiranja injekcione mase od osi bušotine.

2. ZAKLJUČAK

Prikazani primjeri daju jasnu sliku o mogućnostima te praktičnoj koristi primjene geofizičke karotaže u okviru istražnih radova u rudarstvu, hidrogeologiji i inženjerskoj geologiji.

Naglasiti treba osnovne prednosti karotažnih mjerenja, a to su: brzo izvođenje samih mjerenja, dobivanje podataka za svaku tačku bušotine (kontinuirani dijagrami) te dobivanje trajne tehničke dokumentacije, koja se može koristiti u svim fazama istraga a i u toku eksploatacije.

Ovim prikazom nisu obuhvaćene sve mogućnosti geofizičke karotaže, jer bi to tražilo opširniju studiju.

Obzirom na ekonomske prednosti geofizičkih ispitivanja vjerujemo, da će se ona nakon dosada više-manjih probnih i informativnih radova brzo i potpuno afirmirati.

Primljeno 1. 11. 1966.

»Geofizika«
Zagreb, Kupška 2.

LITERATURA

- Milivojević, S. (1965): Karakteristike prethodnih geološko-istražnih radova na uglju krekanskog bazena. Rudarstvo, geologija i metalurgija. God. XVI, br. 6, Beograd.
- Mladenović, M. Lj. (1961): Primena geofizičkih metoda pri istraživanju ležišta ugljena u Jugoslaviji. Savetovanje o primenjenoj geofizici, aprila 1961. Beograd.
- Perić, M. (1961): Istraživanje olovo-cinkovih rudnih ležišta u Jugoslaviji primenom geofizičkih metoda. Savetovanje o primenjenoj geofizici. Beograd, aprila 1961.
- Slimak, Š. (1965): Geofizička karotaža bušotina BP-30, BP-28 i BP-41. Rudnik lignita Kreka-Tuzla. 1965. god. Fond stručnih dokumenata »Geofizika«. Zagreb.
- Slimak, Š. (1966): Obrada EKD-a. Energetski i plovidbeni sistem HE Đerdap - priobalje. Istražni radovi 1965-1966. g. Fond stručnih dokumenata »Geoistraživanja-Elektrosonde«, Zagreb.

Š. SLIMAK

ANWENDUNG DER GEOPHYSIKALISCHEN BOHRLOCHMESSUNGEN IN BERGBAU, HYDROGEOLOGIE UND BAUGRUNDFORSCHUNG

In verschiedenen Erschliessungsarbeiten spielt die Ausführung von Bohrungen die wichtigste Rolle. Zur sicheren Feststellung von Erz- oder Kohlenflöze, von lithographischen, stratigraphischen und tektonischen Änderungen im Untergrundaufbau längs des Bohrlochs werden die Bohrungen meist durch Kernentnahme ausgeführt.

Dadurch wird die Erschließungsarbeit zeitraubend und kostspielig; oft sind die Ergebnisse nicht der verwendeten Mühe wert. Um die Kerngewinnung rationeller und dadurch die Erschließungsarbeiten erfolgreichen und wirtschaftlicher durchzuführen, werden heute immer mehr geophysikalische Bohrlochmessungen angewendet. Die Kerngewinnung lässt sich durch diese Messungen nicht ganz ersetzen, aber die Einsparungen sind erheblich und die Sicherheit der Ergebnisse wird erhöht.

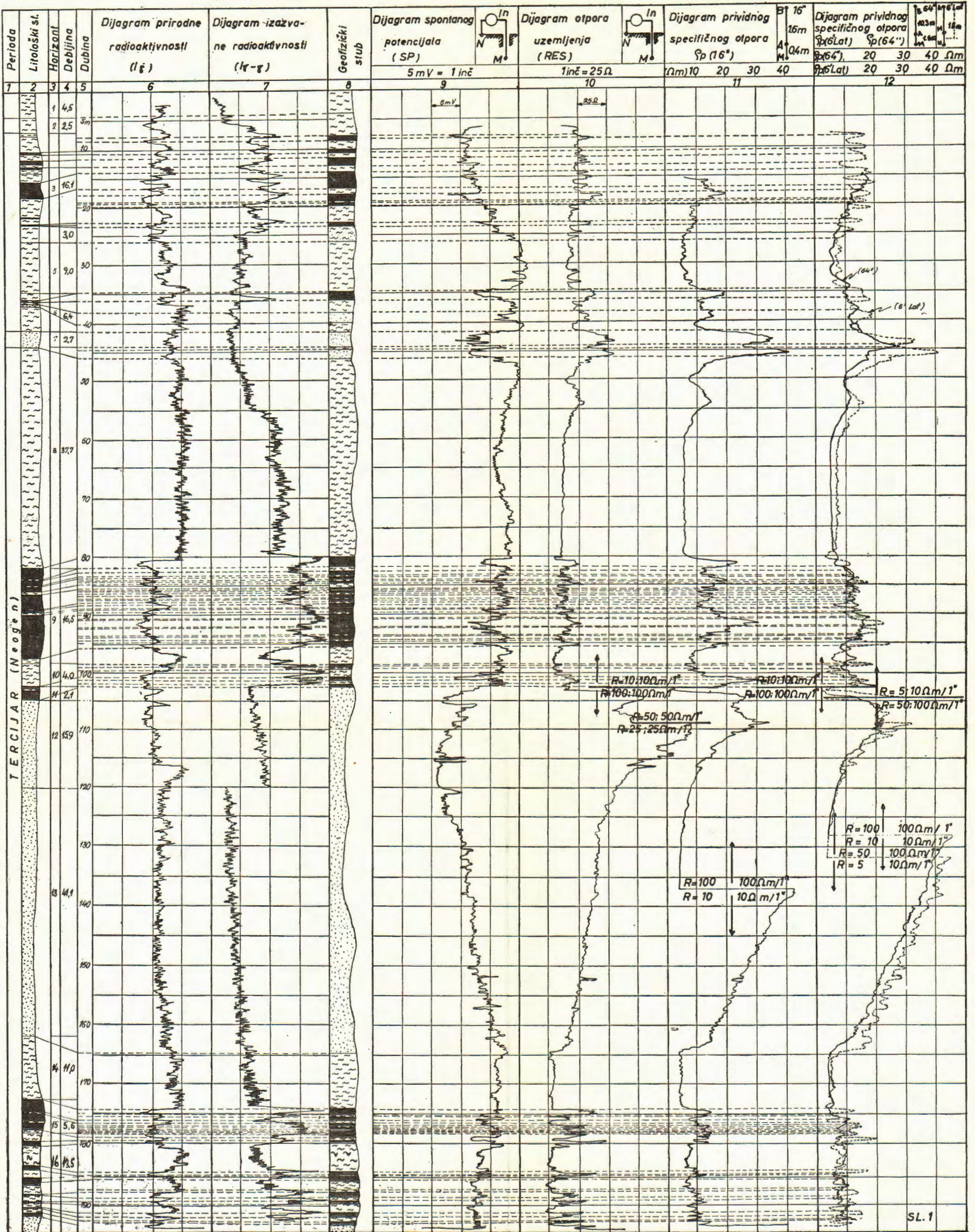
In der vorliegenden Arbeit werden zuerst die Grundlagen der geophysikalischen Bohrlochmessungen kurz beschrieben. Weiter werden einige Ergebnisse der praktischen Erz- und Kohleschürfungen in Jugoslawien erörtert (Kreka, Žuta Prlina, Mojkovac-Žuta Prlina).

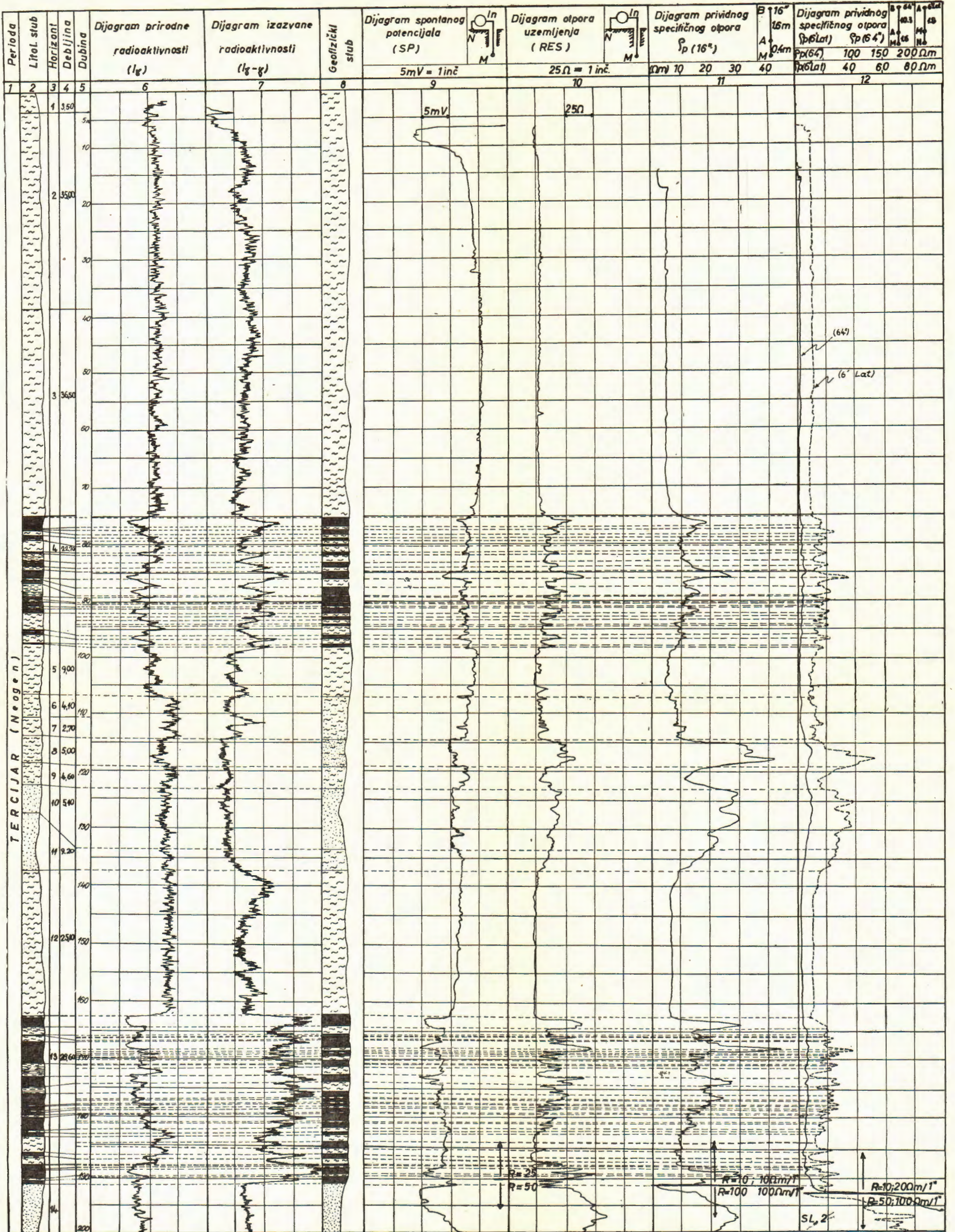
Mit Hilfe des elektrischen Kernens kann man sehr genau und sehr rasch eine Übersicht über die durchfahrenen Schichten erhalten. Deswegen finden die elektrischen Bohrlochmessungen eine steigende Verwendung in der Hydrologie. Zur Illustration werden die Messergebnisse aus dem Einzugsgebiet des WKW Đerdap und zum Vergleich einige Beispiele aus der Literatur mitgeteilt.

Zuletzt werden die Möglichkeiten einiger Verfahren der geophysikalischen Bohrlochmessungen bei der Anwendung in der Baugrundforschung besprochen.

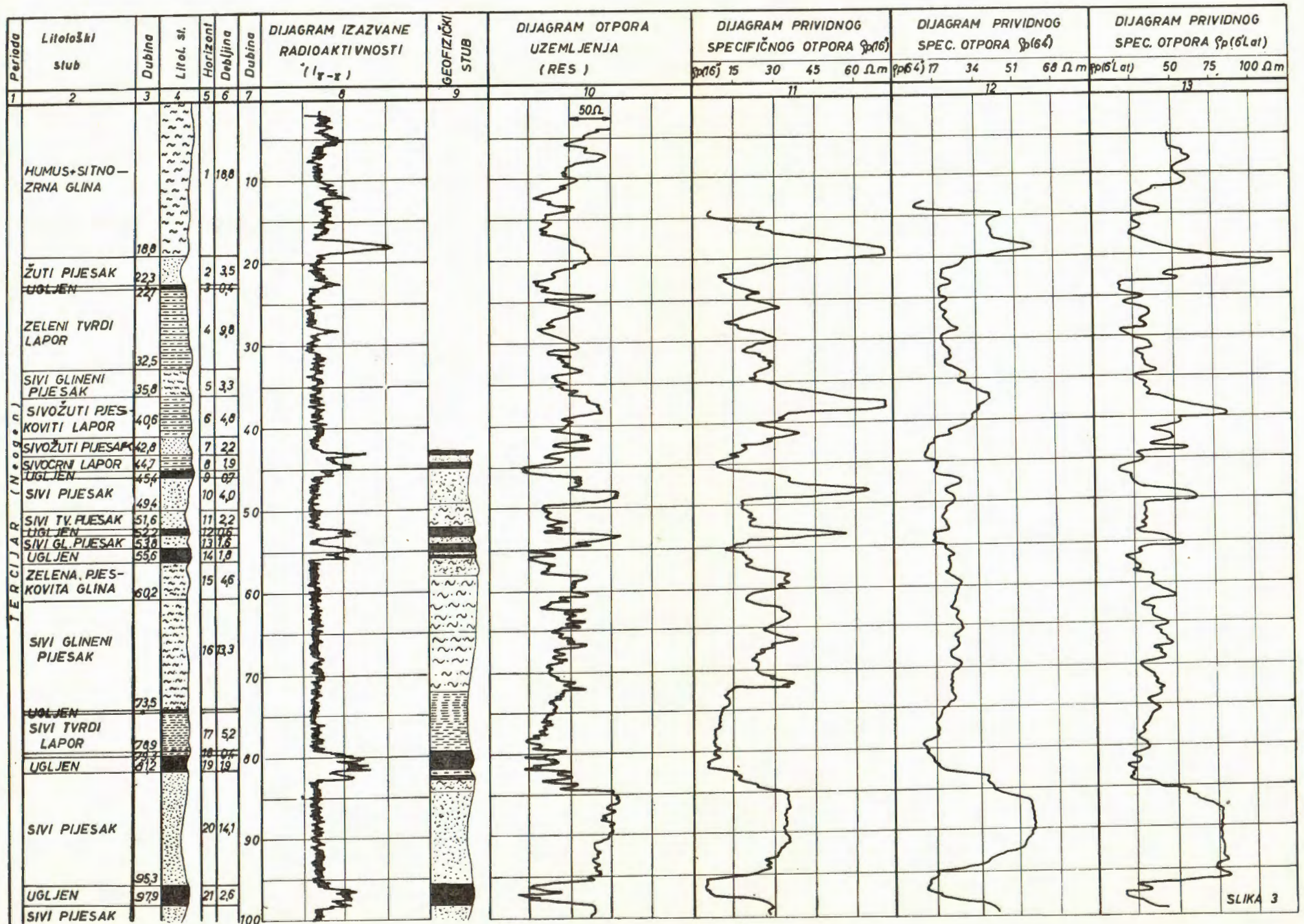
Angenommen am 1. November 1966

*Zagreb, Kupska 2.
»Geofizika«*





Slikak: Primjerica geofizičke karotaže



SLIKA 3

