

Geofizikalne raziskave na območju Čateških Toplic

Janez Lapajne

Geološki zavod Ljubljana, Parmova 33

Avtor obravnava geofizikalne raziskave na območju Čateških Toplic v letih 1970 in 1971. Z geoelektrično metodo navidezne specifične električne upornosti in s plitvo refrakcijsko seizmiko je bila določena debelina kvartarnega prodnega zasipa ter litološka sestava njegove podlage. Nizkim vrednostim merjenih fizikalnih količin — specifične električne upornosti in hitrosti longitudinalnega valovanja — ustrezajo lapor in peščen lapor ali glina, visokim vrednostim pa predvsem litotamnijski apnenec, peščenjak, konglomerat ali laporasti apnenec z roženci. Šest plitvih vrtin je bilo izvrtanih za preskus geofizikalnih izsledkov ter za pridobitev geoloških podatkov, ki so bili potrebni za enolično vrednotenje geoelektrike in refrakcijske seizmike. Najpomembnejši prispevek geofizikalnih raziskav je bila ugotovitev prelomnih con, po katerih lahko prodira topla voda iz globine. Vrtanje v geofizikalno ugotovljenih prelomnih conah je dalo dobre rezultate.

Uvod

Pri hidrogeoloških raziskavah termalnih vodonosnikov na Čateškem polju je sodeloval geofizikalni oddelak Geološkega zavoda Ljubljana z geoelektričnim sondiranjem in profiliranjem po metodi navidezne specifične električne upornosti ter s plitvo refrakcijsko seizmiko.

Naloga geofizikalnih raziskav je bila, določiti debelino kvartarnega zasipa in ločiti posamezne litološke enote v podlagi kvartarja ter po možnosti prikazati litološke razmere v večjih globinah.

Za vrednotenje geofizikalnih meritev je treba poznati fizikalne parametre posameznih kamenin. V našem primeru je šlo za specifično električno upornost in hitrost razširjanja longitudinalnega valovanja, ki smo ju dobili delno z meritvami na jedrih vrtin, v glavnem pa s terenskimi meritvami na izdankih globlje ležečih plasti. Poleg tega smo se pri obdelavi in vrednotenju oprli na razpoložljive vrtine; nekaj plitvih vrtin je bilo izvrtanih prav v ta namen.

Geoelektrične meritve

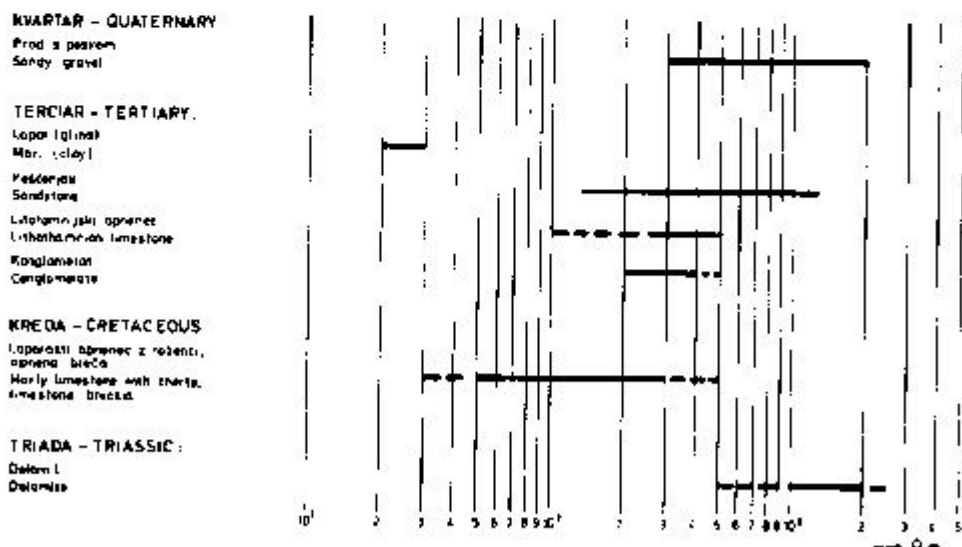
Uporabo metode navidezne specifične električne upornosti pogojujejo merljive razlike specifične električne upornosti posameznih geoloških oziroma litoloških enot. Za pravilno vrednotenje morajo biti te razlike zadosti velike.

Pri meritvah na jedrih vrtin in pri terenskih meritvah na izdankih smo dobili vrednosti, ki jih podaja sl. 1. Vrednosti za posamezne kamenine se pogosto med seboj prekrivajo, kar otežuje ali onemogoča razločevanje. Podatki kažejo, da lahko razdelimo kamenine glede na specifično električno upornost na dve skupini: nižjeuporne kamenine (lapor, glina) in višjeuporne kamenine (prod, peščenjak, litotamnijski apnenec, konglomerat, apnenec, dolomit). Kamenine prve skupine so geoelektrično precej enotne, medtem ko v drugi izstopata prod in dolomit, ki dosegata največje vrednosti specifične električne upornosti.

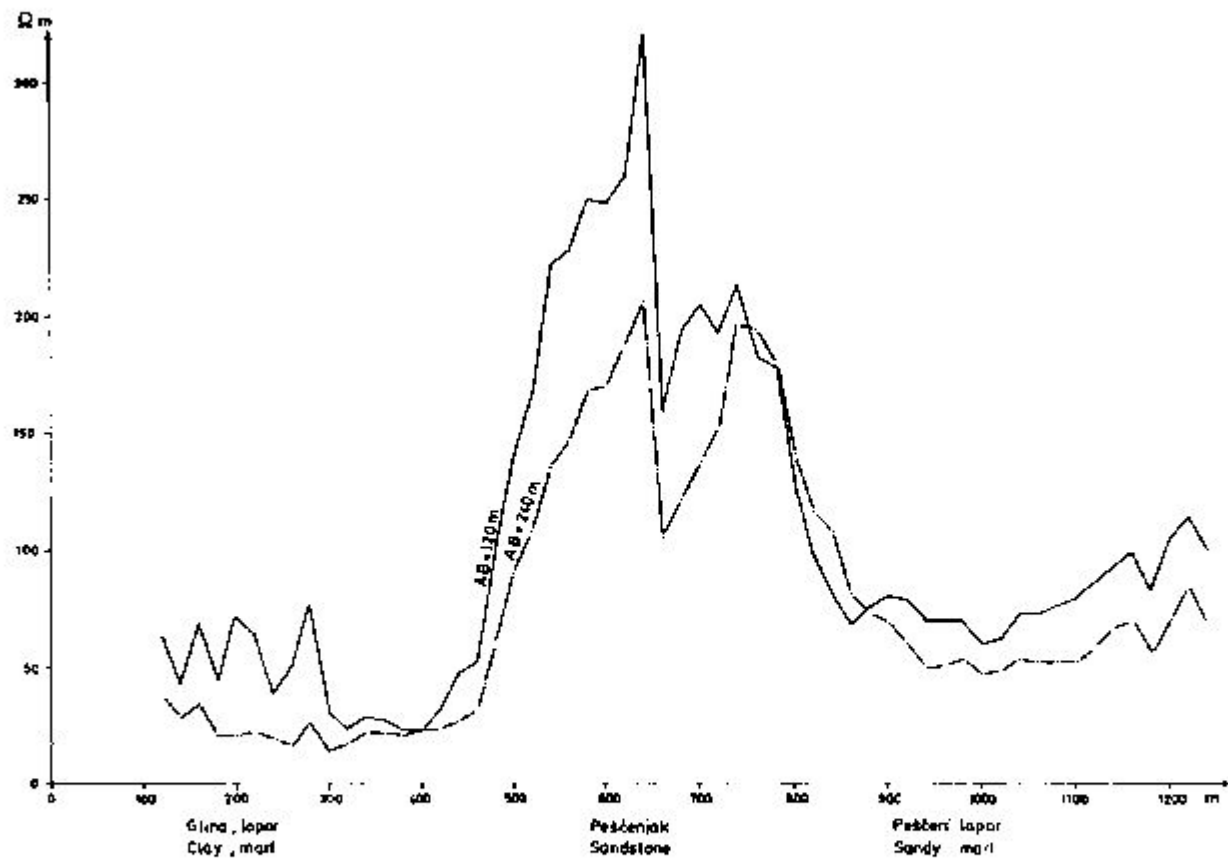
Izmerjene vrednosti specifične električne upornosti obetajo dobro razlikovanje nižjeupornih plasti od višjeupornih, torej laporja in gline od drugih kamenin. Razločevanje drugih litoloških enot med seboj pa je lahko nezanesljivo, ker se območja upornosti prekrivajo. To velja predvsem za nekatere terciarne in kredne kamenine (peščenjak, litotamnijski apnenec, konglomerat, apnena breča, apnenec z roženci).

Količinsko vrednotenje geoelektričnih sovisnic, dobljenih pri geoelektričnem sondiranju, je dalo podatke o debelini kvarternega zasipa na večjem delu Čateškega polja. Vrednotenje temelji na razliki v specifični električni upornosti proda in terciarnih kamenin, predvsem laporja. Vrtine so nam rabile kot oporne točke pri sicer raznolikem vrednotenju krivulj geoelektričnega sondiranja. Prikazovanje geološke zgradbe v večji globini na podlagi geoelektričnih meritev ne bi bilo zanesljivo, ker je sorazmerno majhno Čateško polje vključeno med obrobje Gorjancev in reko Savo. Vrednotenje »kratkih geoelektričnih sond« pa za dobivanje podatkov o globlji geološki zgradbi večinoma sploh ni možno.

Pomemben delež v okviru kompleksnih hidrogeoloških raziskav je prispevala geoelektrika z razločevanjem posameznih litoloških enot v podlagi kvartarja. Geoelektrični profil na sl. 2 jasno odraža geoelektrično različne plasti v



Sl. 1. Specifična upornost nekaterih kamenin
Fig. 1. Rock resistivities

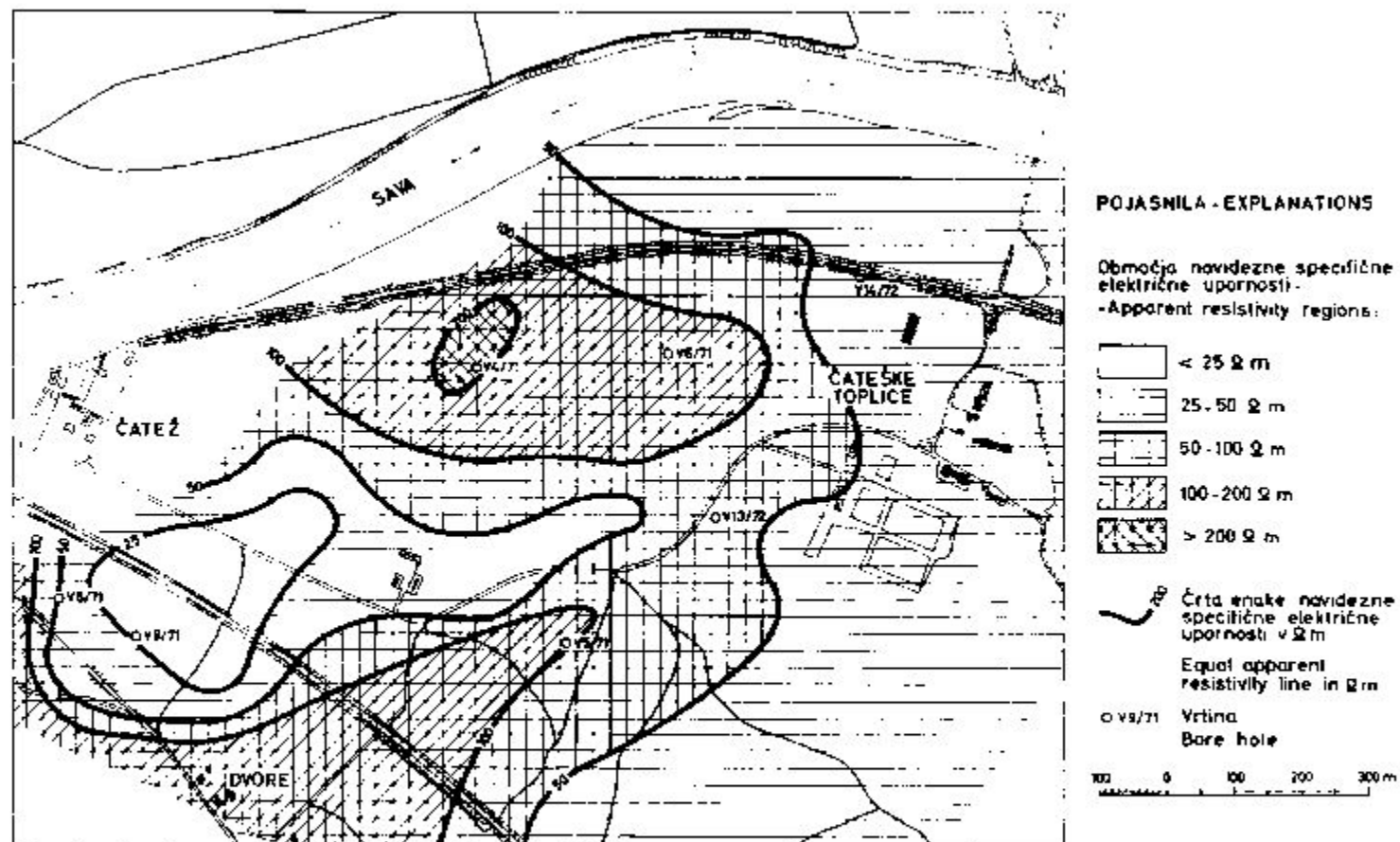


Sl. 2. Profil navidezno specifične električne upornosti P-1

Fig. 2. Resistivity profile P-1



Sl. 3. Karta navidezne specifične električne upornosti za tokovni dipol AB = 120 m
 Fig. 3. Resistivity map for AB = 120 m



Sl. 4. Karta navidezne specifične električne upornosti za tokovni dipol AB = 240 m

Fig. 4. Resistivity map for AB = 240 m

podlagi kvartarja, ki jih je mogoče ustrezno določiti po podatkih geološkega kartiranja na obrobju Čateškega polja ter vrtin na polju. Na danem profilu ustrezajo po skopih podatkih nižjeupornim plastem glina, lapor ali peščenjaki, višjeupornim pa peščenjak; slednji vsebuje vložke laporja in gline in se verjetno zato navidezna specifična električna upornost na območju peščenjaka spreminja v dokaj širokih mejah.

Na podlagi geoelektričnih sond in profilov smo izdelali karto navidezne specifične električne upornosti podlage kvartarja, ki naj bi odražala litološke razmere v njej. Takšno karto prikazuje sl. 3 za dolžino tokovnega dipola $AB = 120$ m. Po tej karti moremo razdeliti Čateško polje na sorazmerno enotno nižjeuporno vzhodno in v povprečju višjeuporno, a geoelektrično dokaj neenotno zahodno območje.

Da bi geoelektrično sliko spremenili v litološko, smo na Čateškem polju izvrtali šest plitvih vrtin: V-4/71, V-5/71, V-6/71, V-7/71, V-8/71 in V-9/71. Tako smo dobili geološke podatke, ki so neposredno primerljivi z geofizikalnimi. Ti podatki in prejšnje globoke vrtine dopuščajo naslednjo razlago: Na vzhodnem, nizkoupornem območju sestoji neposredna terciarna podlaga kvartarja v glavnem iz laporja, oziroma glinastega ali peščenega laporja, medtem ko na zahodnem, geoelektrično bolj heterogenem območju, prevladuje na jugu peščenjak z vložki laporja in gline (vrtina V-5/71), na severu pa kažejo profili in sonde bolj pestro sestavo; poleg peščenjaka in praperolega laporja (vrtina V-4/71) najdemo litotamnijski apnenec z vložki laporja in gline (vrtina V-6/71) ter konglomerat. Na vmesnem nizkoupornem območju pa prevladujeta glina in zdrobljen glinasti lapor (vrtini V-8/71 in V-9/71). Podobna karta (sl. 4) za dolžino tokovnega dipola $AB = 240$ m nam je pomagala izločiti površinske vplive (geoelektrično neenotnost kvartarja po prejšnji karti) ter oceniti povečanje navidezne specifične električne upornosti zaradi triadnih in krednih sedimentov, kjer se le-ti približajo površju. Zahodni del te karte je precej podoben prvi karti, vzhodni pa kaže še večjo enotnost, kar se ujema s podatki vrtin.

Prehodi med različnimi območji določajo prelomne cone, ki so verjetno za lociranje vrtin najzanimivejše.

Refrakcijske seizmične meritve

Obdelava in vrednotenje refrakcijskih seizmičnih meritev temelji na primerljivih razlikah v hitrosti longitudinalnega valovanja v različnih kameninah. Slika 5 podaja ustrezne vrednosti, ki smo jih dobili pri terenskih meritvah na Izdankih. V produ (kvartar), laporju in glini (terciar) je hitrost približno enaka in zato teh kamenin seizmično ni bilo mogoče razločevati. Za terciarne sedimente — litotamnijski apnenec, peščenjak in konglomerat — so značilne nekaj večje hitrosti, najhitreje pa se seizmično valovanje širi v krednih in triadnih kameninah.

S plitvo refrakcijsko seizmiko smo prav tako kot z geoelektriko želeli dobiti podatke o debelini kvartarnega zasipa ter o litoloških razmerah neposredno pod njim. Ker temeljita geoelektrična in seizmična metoda na različnih fizikalnih parametroh — upornosti in hitrosti, se metodi neodvisno dopolnjujeta.

Z vrednotenjem geoelektričnih sovisnic smo dobili dobre podatke o debelini prodnega zasipa tam, kjer je v njegovi podlagi lapor ali glina; razločevanje proda od peščenjaka, litotamnijskega apnenca in konglomerata pa ni bilo zanesljivo.

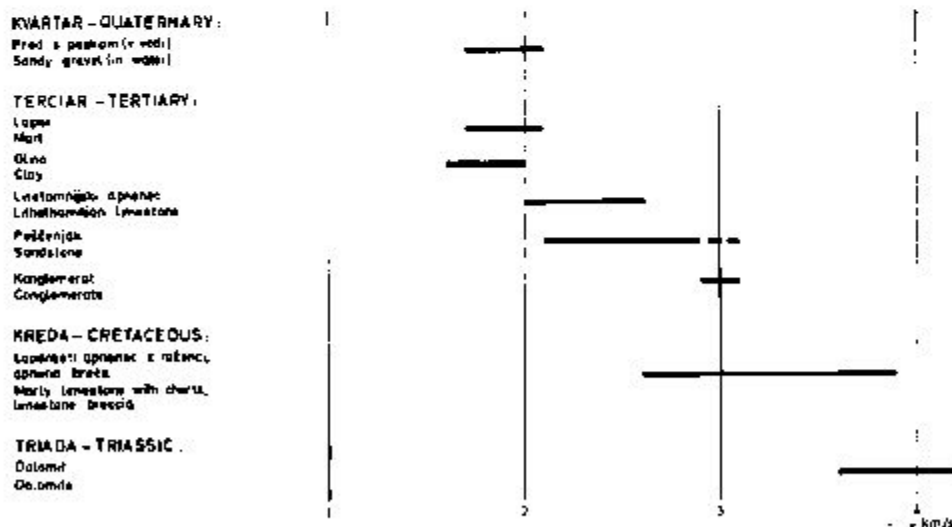
Obratno ni bilo z refrakcijsko seizmiko mogoče razlikovati proda od laporja in glin; količinsko smo seizmične sovsnice mogli vrednotiti na območju, kjer je pod prodom litotamnijski apnenec, peščenjak ali konglomerat, čeprav ločljivost tudi v tem primeru ni bila povsem zadovoljiva.

Po podatkih plitve refrakcijske seizmike smo napravili karto hitrosti longitudinalnega valovanja (sl. 6), ki je zelo podobna karti navidezne specifične električne upornosti. Nižjim vrednostim hitrosti ustreza poleg laporja in glin še prod, višjim pa litotamnijski apnenec, peščenjak in konglomerat ter kredni in triadni sedimenti. Kjer so razlike večje, kažejo prehodi med hitrostnimi območji na prelome, oziroma na prelomne cone. Geoelektrika in refrakcijska seizmika torej približno enako odražata litološke razmere v podlagi kvartarja.

Povzetek

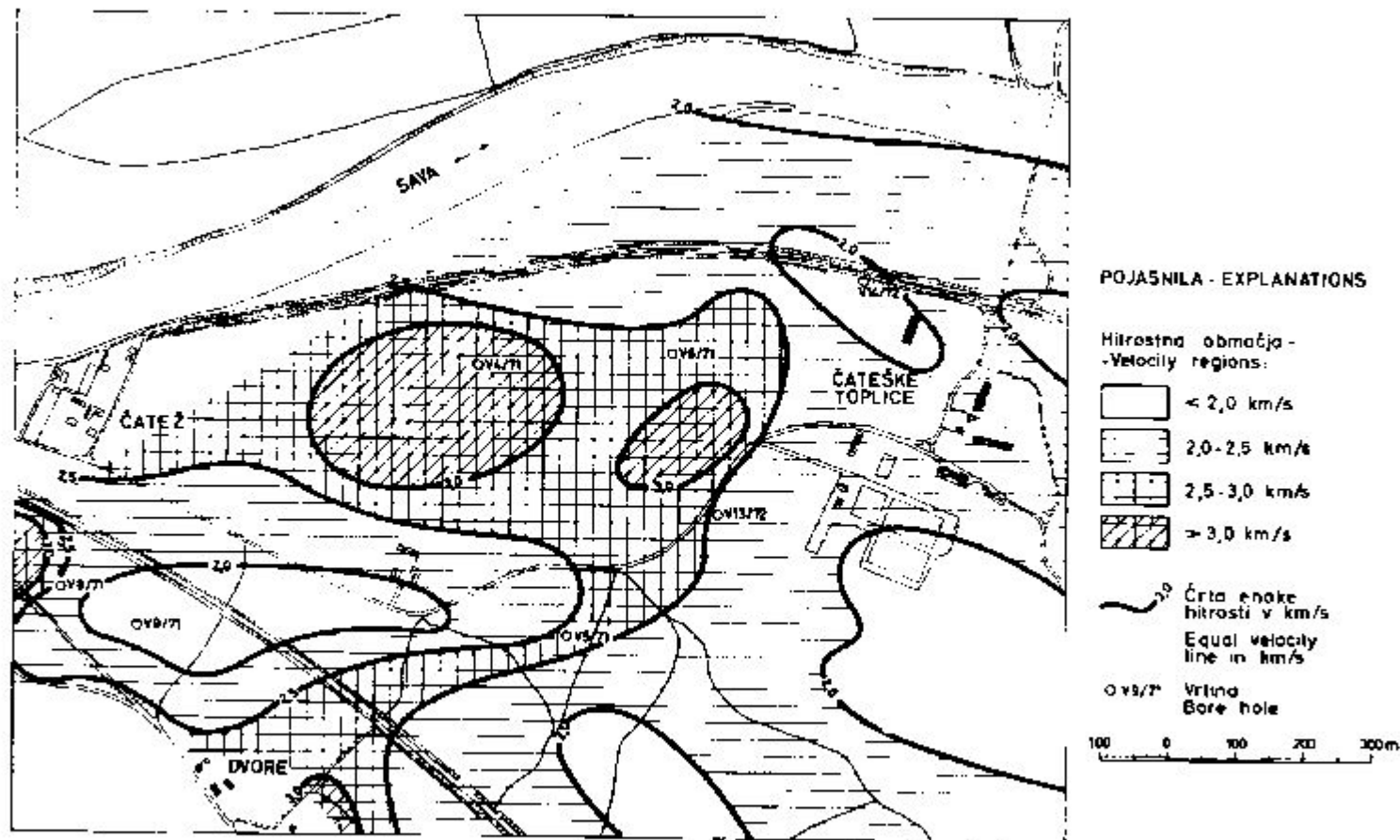
Z geoelektričnim sondiranjem in profiliranjem po metodi navidezne specifične električne upornosti in s plitvo refrakcijsko seizmiko smo ugotovili, da je na večjem delu Čateškega polja kvartarni zasip debel 6 do 13 m, kar se ujema s podatki vrtanja. Raziskave so dalje pokazale, da sestoji terciarna podlaga kvartarja na večjem, vzhodnem delu Čateškega polja iz laporja, oziroma peščenega laporja, medtem ko je sestava manjšega, zahodnega dela bolj pestra; tu najdemo peščenjak, litotamnijski apnenec, konglomerat, glino in lapor.

Prehodi med geoelektrično niže in više upornostnimi območji ter med conami z različnimi seizmičnimi hitrostmi kažejo na prelome, ki omogočajo prodiranje tople vode iz globine. Vrtini V-13-72 in V-14-72, izvrtani v geofizikalno določenih prelomnih conah, sta bili pozitivni. Poudariti je treba, da se nahajata obe vrtini zunaj prejšnjega ožjega vrletnega območja.



Sl. 5. Hitrost longitudinalnega valovanja v nekaterih kameninah

Fig. 5. Compression wave velocities for some rocks



Sl. 6. Karta hitrosti longitudinalnega valovanja
Fig. 6. Compression wave velocity map

Sorazmerno plitva geofizikalna slika raziskovanega ozemlja kaže, da se termalni vodonosniki nedaleč od znanega vrelnega območja ali končajo, ali pa se spuste proti severovzhodu v večjo globino. Če velja slednje, kar je mogoče sklepati na podlagi izsledkov hidrogeoloških raziskav, bi bilo smotno nadaljevati z raziskovalnim vrtnjem od vrelnega območja proti severu, oziroma severovzhodu, kjer moremo pričakovati v večjih globlinah vodo z višjo temperaturo.

Geophysical Exploration of the Čatež Thermal Springs Area

Janez Lapajne

Geološki zavod Ljubljana, Parmova 33

The results of geophysical exploration, carried out during 1970 and 1971 in the Čatež thermal springs area, are discussed. By electrical resistivity methods and by shallow refraction seismics the thickness of the Quaternary gravel deposits, as well as the lithological properties of the underlying beds were determined. Low resistivities and low longitudinal seismic velocities corresponded to marl or sandy marl and clay; high values mainly to Lithothamnion limestone, sandstone, conglomerate, and marly limestone with chert. Six shallow bore holes were drilled to check the results of the geophysical survey and to gather necessary geological information to avoid ambiguity in the geophysical interpretation. The most important result of the geophysical exploration, however, was the determination of faulted zones, where thermal water could rise from the bedrock. The results of drilling in the geophysically indicated faulted zones were very satisfactory.

In 1970 and 1971 the Geological Survey of Ljubljana surveyed the Čatež thermal springs area by geophysical methods. Resistivity sounding and profiling and shallow refraction seismics were used. The purpose of the detailed geophysical exploration was to determine the thickness of the Quaternary gravel deposits and to map several rock units of the underlying beds as a function of their physical properties, the emphasis being on the last.

To enable the interpretation the physical parameters of rocks, resistivity and seismic velocity were measured on the outcrops and on the bore-hole cores. The data are shown in Fig. 1 and Fig. 5. The shallow bore holes V-4/71, V-5/71, V-6/71, V-7/71, V-8/71, and V-9/71 were drilled to check the results of the geophysical survey and to gather necessary geological information to avoid the ambiguity in geophysical interpretation.

The geoelectrical sounding curves and refraction travel-time curves showed that Čatež field is covered by a 6 to 13 meters thick Quaternary gravel deposit, in a good accordance with the drilling logs. The interpretation of the geophysical profiles (Fig. 2) and maps (Figs. 3, 4, and 6) shows the lithological composition of the underlying rocks, and what is even more important, the zones of shattered rocks. Low resistivities correspond to marl or sandy marl and clay, high resistivities to Lithothamnion limestone, sandstone, conglomerate, and marly

limestone with chert. The geoelectric and seismic discontinuities indicate faulted zones being favourable for thermal water occurrences. The results of drilling in the geophysically indicated faulted zones (bore holes V-13/72 and V-14/72) were very satisfactory.

Literatura

Ivanković, J., Nosan, A. 1973, Hidrogenologija Cateških Toplic. *Geologija* 16, Ljubljana.

Lapajne, J. 1971, Geofizikalne raziskave na Cateškem polju v letih 1970—1971. Arhiv Geološkega zavoda, Ljubljana.

Nosan, A. 1973, Termalni in mineralni vreli v Sloveniji. *Geologija* 16, Ljubljana.