

GEOELEKTRIČNE RAZISKAVE NA LJUBLJANSKEM BARJU

Danilo Ravnik

S 4 slikami med tekstem in z 1 sliko v prilogi

Kratka vsebina. Geološki inštitut SAZU je predvidel v letu 1962 raziskovalno vrtino v vzhodnem delu Ljubljanskega barja. Locirati jo je bilo treba tako, da bi dosegla veliko globino, vendar naj ne bi bila predaleč v območju prodnatega nanosa Iške.

To nalogo smo rešili z geoelektričnim sondiranjem po metodi navidezne specifične upornosti. Izmerili smo površino 35 km² in ugotovili mejo med plitvo in globoko ležečo starejšo podlago. Ta meja poteka v dinarski smeri želimeljske prelomnice, na površini pa se sklada s smerjo potokov Želimeljščice in Iščice. Vzhodno od tod leži podlaga do približno 60 m globoko, zahodno od Iščice pa prek 100 m. V globokem delu smo izločili dve depresiji z globinami 140 m in prek 200 m.

Novo vrtino smo locirali med obe depresiji pri Črni vasi in ocenili njeno globino na 120 m. S kasnejšim vrtanjem so zadeli na dolomit 117 m globoko. Dno Ljubljanskega barja je v globokem delu karbonatne sestave, v plitvem pa so specifične upornosti podlage imele vrednosti, ki ustrezajo tako karbonskim kot mezozojskim kameninam.

S to ceneno, hitro in zadosti zanesljivo geofizikalno metodo je treba preiskati celotno Barje in ugotoviti njegovo geološko sestavo in zgradbo. Z nadaljnjimi direktnimi metodami pa bi reševali le posebne naloge in obenem kontrolirali geofizikalne podatke.

Uvod

Dosedanje študije o postanku in razvoju Ljubljanskega barja se opirajo predvsem na geološke podatke njegovega obrobja. Globlje so raziskovali Barje že skoraj pred 110 leti na njegovem zahodnem delu, ko so gradili železniško progo Ljubljana Trst. Ob tej priliki so na območju med Notranjimi Goricami in Preserjem vrtali največ do globine 51,5 m, podlage Barja pa še niso dosegli.

Obsežnejše so sicer raziskave zaradi osuševanja ali agrikulturnih projektov, vendar so te omejene le na globine nekaj metrov. Prav tako obstaja nekaj podatkov, dobljenih pri gradnji raznih gradbenih objektov na Barju, na primer mostov.

Vrtina BV-1, ki so jo na predlog Geološkega inštituta SAZU izvrtali v letu 1959 pri Podpeči v bližini železnice, je v globini 105 m zadela na

dolomitno podlago. Pri tem so bili dobljeni številni podatki, ki so osvetlili nekatere probleme geneze Barja, vendar je bilo zaradi njegove velike površine in neenotne zgradbe potrebno primerjati te podatke še s preiskavami na novih vrtinah.

Geologi so domnevali, da je podlaga najgloblje v centralnem in vzhodnem delu Barja. Zato so v letu 1962 predvideli na tem območju novo vrtino, ki jo je bilo treba postaviti tako, da ne bi prišla preveč v območje peščeno prodnatega nanosa Iške. Taki nanosi so za študij nastanka in razvoja Barja manj zanimivi.

Podatek o največji debelini kvartarnih sedimentov s čim manjšo vsebnostjo peska in proda moremo dobiti z ustrezno geofizikalno metodo. Dosedanje poznavanje električnih lastnosti kvartarnih sedimentov na Barju in predterciarnih kamenin na njegovem obrobju je govorilo v prid uporabe geoelektrične metode navidezne specifične upornosti.

Geološke značilnosti

Ljubljansko barje je okoli 20 km dolga in 7 km široka tektonska udorina, zapolnjena s peščenimi, prodnatimi in glinastimi kvartarnimi sedimenti v debelini več kot 100 m.

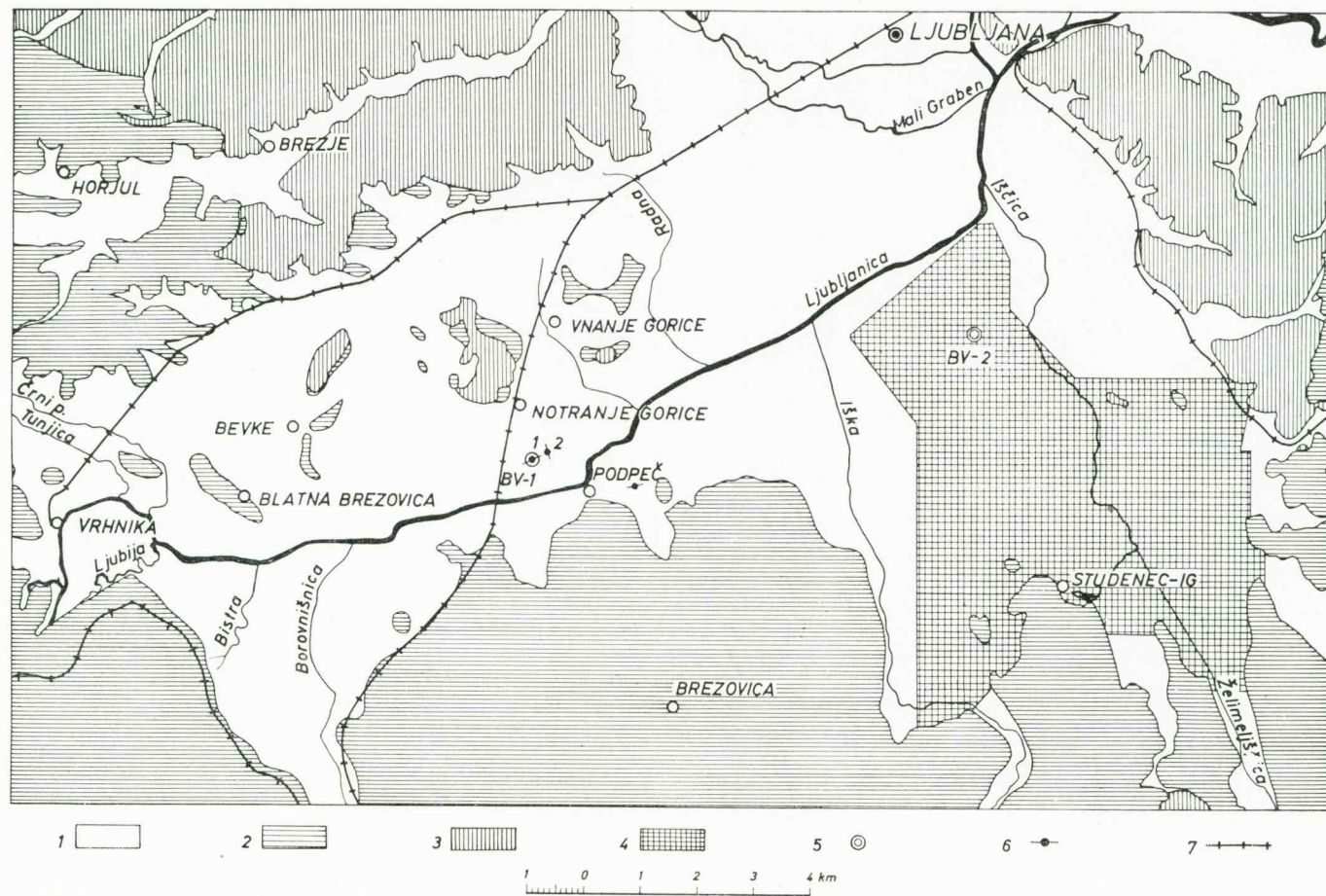
Severno obrobje Barja tvorijo pretežno karbonski skrilavci, peščenjaki in konglomerati, južnega pa sestavljajo triadni in jurski apnenci in dolomiti. Številni osamelci na Barju so sestavljeni delno iz karbonskih delno iz triadnih kamenin.

Tektonsko pripada Barje tako alpskemu kot dinarskemu območju. Številne tektonske črte, ki so ugotovljene na njegovem obrobju, se verjetno nadaljujejo pod barjanskimi nanosi. Ob njih so se izvršila premikanja, ki so oblikovala današnjo Barjansko kotlino.

Na 1. sliki smo prikazali poenostavljeno sliko geoloških razmer na celotnem prostoru Ljubljanskega barja. Upoštevali smo le tiste stratigrafske formacije, katere moremo razlikovati tudi električno.

Metoda navidezne specifične upornosti

Pri metodi navidezne specifične upornosti merimo na zemeljski površini električno upornost s štirimi električnimi poli, razvrščenimi simetrično in premočrtno. Z zunanjsima poloma tvorimo enosmerno električno polje, med notranjsima pa merimo nastalo potencialno razliko. Z izmerjenimi vrednostmi toka in potencialne difference ter z upoštevanjem geometrične razvrstitve elektrod izračunamo specifično upornost. Na njeno velikost ne vplivajo samo geoelektrične lastnosti površinske plasti, temveč tudi kamenin v večjih globinah. V kakšni globini moremo še ločiti dve plasti, je odvisno od njunih geoelektričnih parametrov in od gostote toka v tej globini. Električni parametri, specifična upornost in električna anizotropija, leže za določeno vrsto kamenine v določenem intervalu; na velikost gostote toka v globini pa moremo pri uporabljeni elektrodni razvrstitvi vplivati s spreminjanjem velikosti tokovnega dipola. S tem pa dobimo precej točne geoelektrične podatke o geološki sestavi do določene globine.



Vpliv geoelektrično različnih plasti je integralen. To pomeni, da z meritvami ugotovljena specifična upornost še ne predstavlja vrednosti te električne lastnosti v določeni globini, temveč je to le integralna vrednost specifičnih upornosti vseh plasti do določene globine. Za razliko od prave jo imenujemo »navidezna specifična upornost«, ki je funkcija velikosti vsakokratnega tokovnega dipola. Iz te krivulje pa moremo z raznimi grafoanalitičnimi postopki ugotoviti iskane geometrične in električne parametre, ki karakterizirajo določen geološki vodnik. To so globine do posameznih plasti, njihove debeline in nakloni ter njihove prave specifične upornosti.

Eksaktna interpretacija je možna le tedaj, če so izpolnjeni vsi pogoji za njeno veljavnost. Sestava kamenin v vertikalni in horizontalni smeri mora biti homogena in izotropna, geometrična razdelitev geoloških elementov pa v prostoru enostavna.

Če hočemo zgoraj omenjene električne parametre prevesti v geološke podatke, moramo ugotoviti specifične upornosti vseh tistih geoloških vodnikov, ki sodelujejo pri oblikovanju geoelektričnega profila terena. To izvedemo z merjenji specifičnih upornosti na izdankih, v vrtinah ali na jedrih iz vrtin. Najboljše podatke dobimo, če izvedemo vse tri vrste meritev; meritve samo na jedrih pa dajo manj zanesljive rezultate.

Da bi mogli z interpretacijo geoelektričnih meritev na površini podati čimbolj verno sliko razmer v globini, moramo poleg rezultatov samih meritev upoštevati še geološki profil območja in izkušnje na podobnih problemih. Zato podatkov interpretacije ne smemo ocenjevati le s stališča direktnih raziskovalnih metod, ki nam dajo podatek za točno določeno mesto v zemlji s poljubno natančnostjo (vrtina, rov, izkop), temveč predstavljajo povprečno sliko geoloških razmer, ki se pri normalnih pogojih le malo razlikujejo od stvarnega stanja. Toda v primeru, da so posamezne plasti neenakomerno razvite in če poleg tega nastopa še zelo komplicirana geološka zgradba, je interpretacija težavna.

Geoelektrični problem

Geoelektrični profil na Barju smo ugotovili z dvema sondama navidezne specifične upornosti ob vrtini BV-1 pri Podpeči (1. sl.).

Na obeh sondah se jasno kaže prisotnost visoko uporne karbonatne podlage. Čeprav sta sondi med seboj oddaljeni 200 m, sta si po obliki enaki, globina pa je na sondi 2 za nekaj metrov manjša kot na sondi 1. Na prvi sondi interpretirana globina do podlage je znašala 99 m, kar je

1. sl. Situacija Ljubljanskega barja (Geologija, poenostavljeno po Rakovcu)

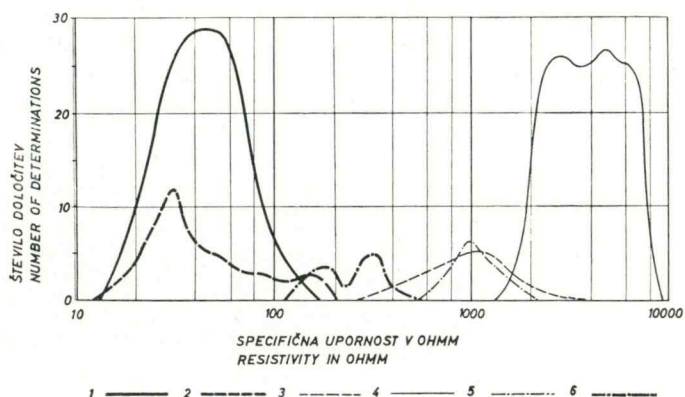
Fig. 1. Sketch map of Ljubljana moor

Geološko in geoelektrično različne kamenine
Geologically and geoelectrically different rocks

1 Kvarter (glina, pesek, prod, šota), Quaternary (clay, sand, gravel, peat); 2 Mezozoik (apnenec, dolomit), Mesozoic (limestone, dolomite); 3 Paleozoik (glinasti skrilavec, pesčenjak, konglomerat), Paleozoic (clay shale, sandstone, conglomerate); 4 Geoelektrično izmerjeno območje, Geoelectrically surveyed area; 5 Vrtina, Borehole; 6 Posamezna geoelektrična sonda, Single geoelectrical sounding; 7 Železniška proga, Railway

za 6 0/0 manj, kot kažejo podatki vrtanja. Temu je vzrok nejasen prehod kvartarnih sedimentov v sprva nekompaktno dolomitno podlago. Kljub temu je rezultat zadovoljiv. Kvartarni sedimenti imajo v površinski plasti nekoliko višjo upornost kot v večjih globinah, kjer prevladuje čista ali peščena glina. V glavnem so po vsej globini razmeroma enakomerne sestave.

Za kvantitativno interpretacijo potrebne vrednosti pravih specifičnih upornosti kamenin smo dobili s plitvim geoelektričnim sondiranjem na



2. sl. Variacijske krivulje specifičnih upornosti kamenin na vzhodnem delu Ljubljanskega barja

Fig. 2. Curves of rocks resistivity changes on the eastern part of Ljubljana moor

1 Humus, glina, pesek, prod (recentna površinska plast), Humus, clay, sand, gravel (recent surface layer); 2 Melj, glina, pesek, prod (kvartar), Silt, clay, sand, gravel (Quaternary); 3 Čist pesek in prod (kvartar), Pure sand and gravel (Quaternary); 4 Apnenec, dolomit (triada), Limestone, dolomite (Triassic); 5 Laporni apnenec, skrilavec (triada, werfen), Marly limestone, shale (Triassic, Werfenian); 6 Glinasti skrilavec, peščenjak (karbon), Clay shale, sandstone (Carboniferous)

obrobju Barja, z merjenjem jeder iz vrtine BV-2 ter delno pri interpretaciji samih sond na Barju. Rezultate šestih električno različnih kamenin smo prikazali na 2. sliki v obliki variacijskih krivulj specifičnih upornosti. Njihove vrednosti se med seboj toliko razlikujejo ali pa si sledijo v takem zaporedju, da jih moremo pri terenskih meritvah še razločiti. Kot vidimo, specifične upornosti niso ozko omejene stalnice, temveč pripada določenemu geološkemu vodniku običajno precej širok upornostni interval. Ti intervali se med seboj celo prepletajo. Široki intervali in prekrivanje za interpretacijo niso ugodni. S tem se zmanjša točnost in zanesljivost interpretacije, ki pa ostane običajno še vedno v dopustnih mejah.

Pomembno vlogo pri velikostnem redu upornosti ima voda, ki zlasti vpliva na vrednosti pri visoko upornih kameninah. Specifične upornosti raznih voda na Barju znašajo pri 18° C od 20 do 40 ohmm.

Za rešitev postavljene naloge je važen jasen kontrast med kvartarnimi sedimenti in mezozojsko oziroma karbonsko podlago. Diferenciacija podlage v apneno, dolomitno, skrilavo werfensko ali skrilavo karbonsko kamenino je možna. Vendar je zato potrebno še več meritev na posameznih petrografskih različnih stratigrafske serije plasti ter detajlnejše sondiranje.

Rezultati terenskih meritev

Geoelektrične meritve smo začeli na vzhodnem delu Barja, kjer naj bi bila locirana vrtina. Približno v vozliščih kilometrske mreže smo na površini 35 km² izmerili 50 geoelektričnih sond z razdaljo 1 do 6 km med tokovnimi elektrodama. Poleg tega smo predvsem na obrobju sondirali še na 17 stališčih. Te sonde so bile plitve in so rabile le za ugotovitev specifičnih upornosti posameznih vrst kamenin.

Primerjava geoelektričnih sond iz vzhodnega dela Barja s sondami pri Podpeči je pokazala, da je geoelektrična sestava kvartarja in njegove podlage na vzhodnem delu bolj heterogena.

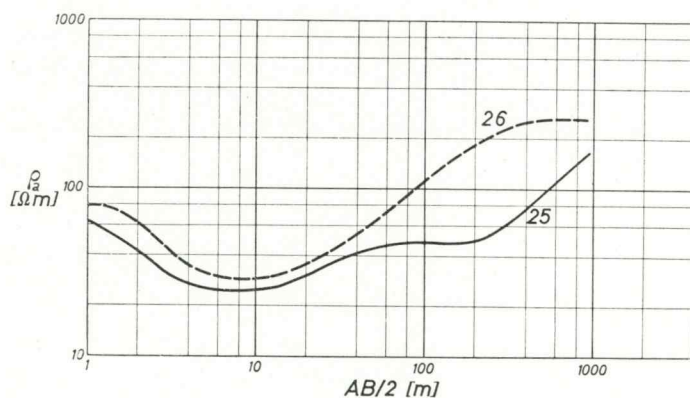
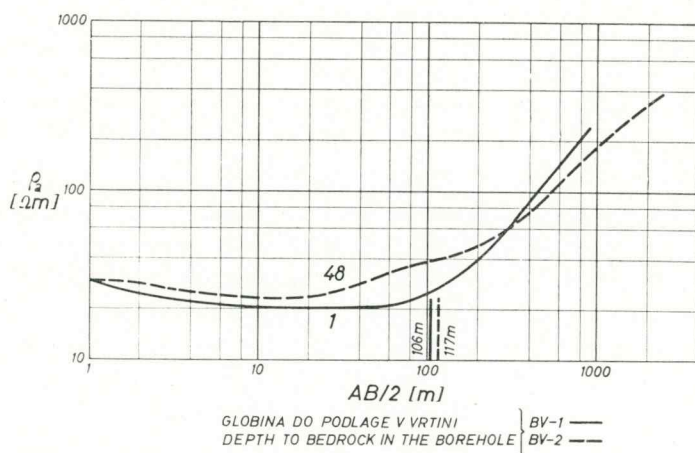
V obliki krivulj sondiranja se več ali manj jasno kaže vpliv sestave sedimentov. Vse terenske krivulje smo razvrstili v razne tipe, ki se med seboj razlikujejo po številu plasti in njihovih parametrih. 3. in 4. slika kažeta nekaj najbolj značilnih geoelektričnih sond.

Največ je zastopan štiriplastni tip krivulje, ki ga predstavljata na primer sondi 18 (4. sl.) in 25 (3. sl.). Niso pa redki tudi primeri dvo-, tro- in celo pet- ter šestplastnih tipov. Skupno vsem krivuljam sondiranja je navadno jasno izražen vpliv podlage, ki je bodisi karbonatna, bodisi glinasto skrilava. Iz njihove oblike lahko sklepamo, ali leži podlaga globoko ali plitvo in ali je sestavljena iz kompaktnih apnencev oziroma dolomitov ali iz karbonskih glinastih skrilavcev in peščenjakov. Krivulje sondiranja peščeno prodnatega vršaja Iške imajo drugačno obliko kot le delno peščeni glinasti sedimenti ostalega dela Barja. Isto velja tudi za plitvo ležeče plasti, ki so ali glinaste, peščeno glinaste ali prodnate.

Vse geoelektrične sonde smo kvantitativno interpretirali po indirektni metodi, kjer smo upoštevali že poznane geološke (geološki profil vrtine, splošni geološki podatki) in električne (specifične upornosti) podatke. Pri interpretaciji smo uporabljali teoretične modelne krivulje iz literature, povečini pa smo jih konstruirali sami po aproksimativni metodi.

Rezultat te interpretacije je bila globina do predkvartarnega dna Ljubljanskega barja oziroma njegov relief (5. sl.). Mestoma je bilo mogoče sklepati tudi o sestavi podlage (triada ali karbon). Kot kaže variacijski diagram (2. sl.), lahko električno razlikujemo skrilavo karbonsko in karbonatno triadno podlago. Pri zadnji pa bi mogli morebiti izločiti še werfenske plasti. Za nedvoumno diferenciacijo podlage, posebno tam, kjer leži globoko, je treba razmike med tokovnimi elektrodami še povečati. Pri tem pa predpostavljamo, da je debelina podlage velika v primerjavi z nanosi nad njo.

Takoj ob zaključku terenskih del smo predlagali lokacijo za vrtino BV-2 pri Črni vasi (5. sl.). Izbrali smo jo po približni interpretaciji sond,



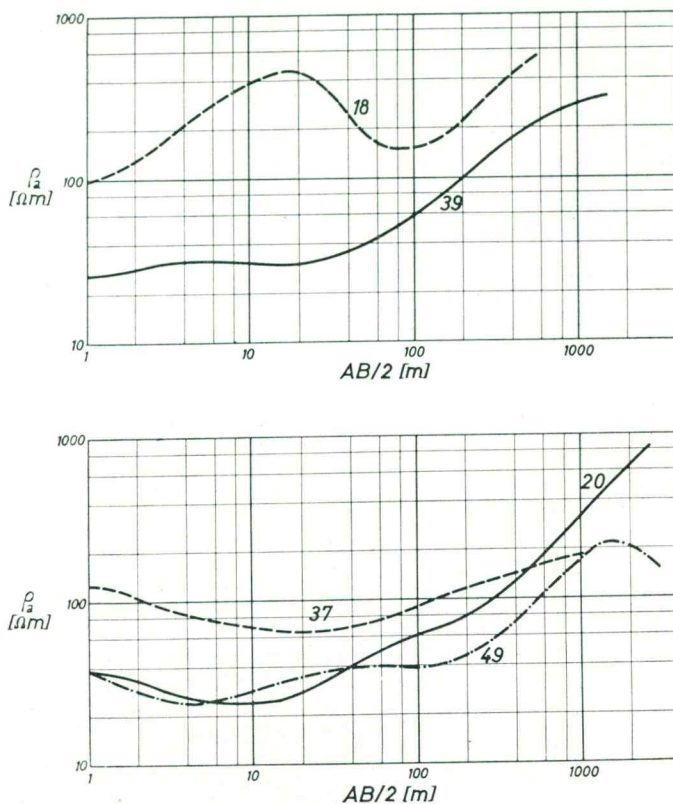
3. sl. Značilne krivulje geoelektričnih sond na Ljubljanskem barju

Fig. 3. Characteristic geoelectrical soundings on the Ljubljana moor

$\frac{AB}{2}$ — polovična razdalja med tokovnimi elektrodama
 Half distance between current electrodes
 ρ_a — navidezna specifična upornost
 Apparent resistivity

ležečih severno od Iške Loke, in ocenili globino do podlage na približno 120 m. Kasneje izvrtana vrtina je zadela na dolomitno podlago pri 117 m.

Glede na obe sondi (1 in 48), katerih interpretacija je bila kontrolirana z vrtnimi podatki, tudi napaka v določitvi globine podlage na ostalih sondah ne bo presegla več kot $\pm 10\%$. Večje napake pa niso izključene med posameznimi sondami, kajti razdalja 1 km med merilnimi stališči je pri takih geoloških razmerah za zanesljivo interpolacijo pre-



4. sl. Značilne krivulje geoelektričnih sond na Ljubljanskem barju

Fig. 4. Characteristic geoelectrical soundings on the Ljubljana moor

$\frac{AB}{2}$ — polovična razdalja med tokovnimi elektrodama
 Half distance between current electrodes
 ρ_a — navidezna specifična upornost
 Apparent resistivity

velika. Sonde na vrtinah smo narisali v diagramu 3. slike. Zraven smo z vertikalno črto označili globino do podlage, ugotovljeno z vrtanjem.

Na prehodu iz plitvega dela Barja zahodno od Grmeza v depresijo onstran Iščice smo izmerili sonde 25 in 26 (3. sl.). Prva je plitva z verjetno karbonsko podlago, druga je globlja; njeno podlago pa sestavljajo apneni ali dolomiti. Sonda 18 (4. sl.) kaže, kako izrazit je vpliv peščenega prodnatega vršaja Iške. Pri sondi 20 pa so kvartarni sedimenti precej homogeni in le proti dnu nekoliko bolj peščeni ter ležijo na debeli apneni podlagi.

Med Babno gorico in karbonskim obrobjem ležeča sonda 37 (4. sl.) nesporno kaže na karbonsko podlago. Sonda 39, izmerjena 2 km južneje, je v prvem približku dvoplastna, podlaga pa ima tudi tu še razmeroma

nizko upornost. Bolj komplicirano sestavo imajo sedimenti na sondi 49, kjer se pod visoko upornostno podlago pojavlja kamenina nizke upornosti in precejšnje debeline. Mogoče je temu vzrok tektonsko spremenjena kamenina prelomne cone. Razen sonde 49 pa kažeta v tem delu Barja na nizko uporno sestavo dna še dve sondi med Iško Loko in Studencem.

Primerjava vseh treh globokih sond 20, 48 in 49 (3. in 4. sl.) jasno priča o električno, skoraj verjetno pa tudi o geološko različni sestavi podlage.

Na raziskanem ozemlju moremo jasno ločiti območje, kjer leži podlaga razmeroma plitvo (do 60 m). To je območje vzhodno od Želimeljščice in Iščice. Nasprotno je dno Barja zahodno od te črte okoli 150 m globoko, v bližini Ljubljane pa celo prek 200 m. Vzhodni rob te depresije se ujema s smerjo podaljška želimeljskega preloma, ki poteka v dinarski smeri ravno na meji med plitvo in globoko ležečo podlago.

Specifična upornost podlage na sondah vzhodno od Iščice in Želimeljščice je nižja kot na sondah zahodno od tod, na nekaterih mestih pa celo enaka upornosti, ki ustreza karbonskim skrilavcem. Tako nizke upornosti opazamo skoro na vseh sondah v trikotu Grmez—Babna gorica—Škofljica—Studenec—Iščica.

Plasti čistega proda zaznavamo na geoelektričnih sondah le približno do črte, ki poteka pod vasjo Matena, nekoliko nad Iško Loko, v rahlem loku prečka cesto Ljubljana—Ig in zavije proti vasi Ig. V sondah severno od tod opazamo še peščeno prôdnate sedimente, vendar leže nekoliko globlje in so pomešani z meljem in glino.

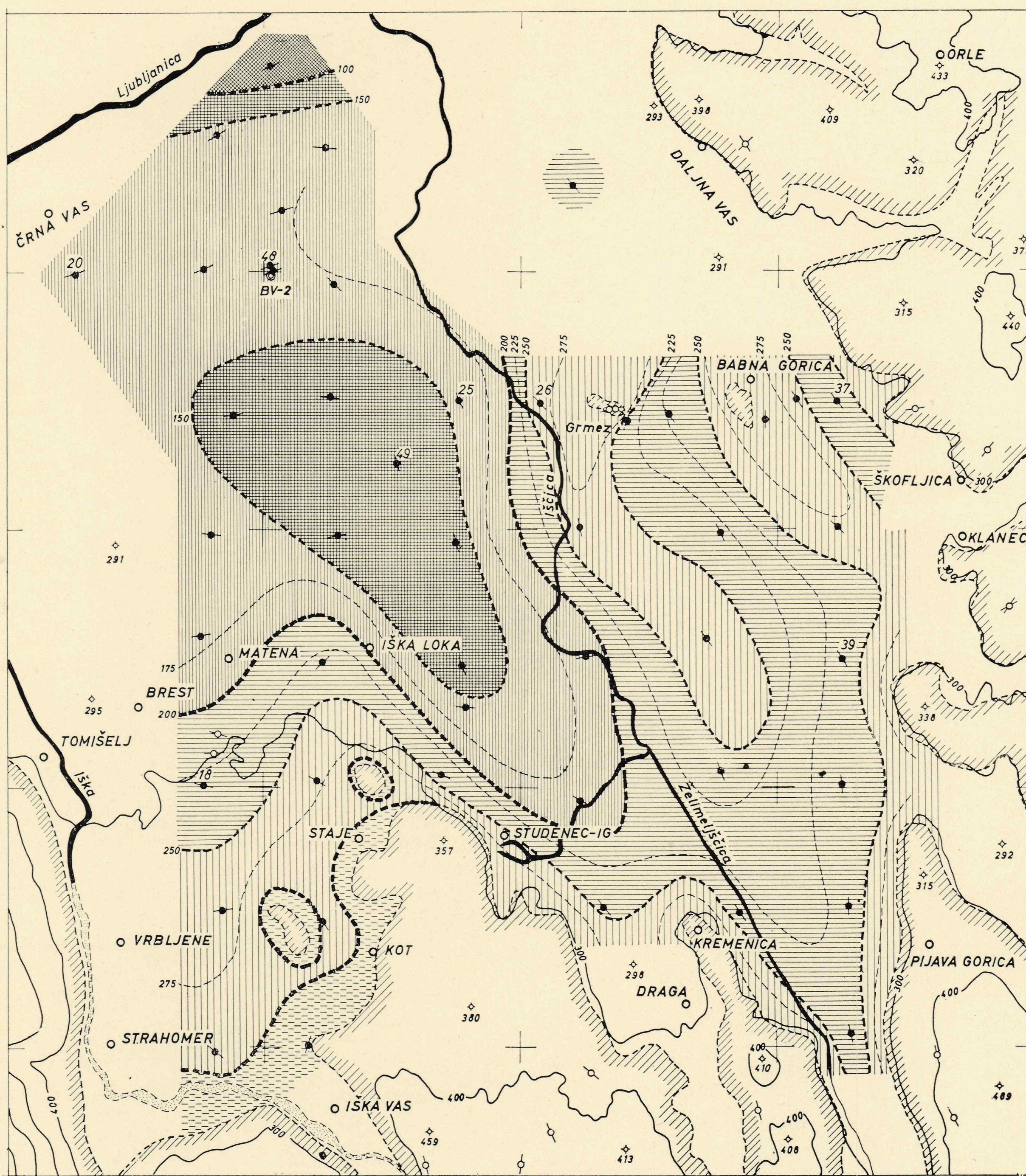
Zaključki

Na vzhodnem delu Ljubljanskega barja smo z metodo navidezne specifične upornosti ugotovili obliko in globino predterciarne podlage.

Na raziskanem ozemlju smo locirali vrtino BV-2 pri Črni vasi, ki je dosegla podlago pri 117 m. To se dobro ujema z interpretacijo geoelektrične sonde v bližini vrtine.

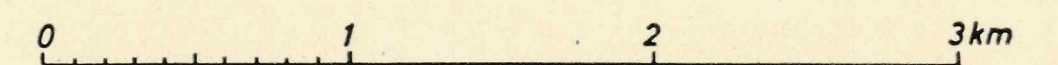
Na reliefu podlage moremo razlikovati dvoje območij. Vzhodno od Iščice in Želimeljščice je dno Barja do približno 60 m globoko. Njena specifična upornost leži v glavnem med vrednostmi, ki ustrezajo karbonskim, manj pa triadnim sedimentom. Zahodno od Iščice ter severno od črte Matena—Iška Loka je podlaga prek 100 m globoko. Na tem območju smo izločili dve depresiji. Prva leži med Iško Loko in vrtino BV-2 ter je globoka približno 140 m, druga pa se pričenja severno od vrtine in se razprostira proti Ljubljani. Tu so globine večje in presegajo celo 200 m. Podlago globokega dela sestavljajo karbonatne kamenine. Izjemoma opazamo na treh sondah tega območja zmanjšanje njene upornosti, kar si razlagamo z morebiti tektonsko spremenjeno kamenino. Vzhodni rob depresij in globokega dela se na splošno ujema z dinarsko smerjo želimeljske prelomnice. Prej omenjene sonde pa leže ravno v tej smeri.

Kvartarni sedimenti zahodno od Iščice so sestavljeni bolj heterogeno kot vzhodno od nje. Pri prvih je v dolnjem delu vedno opazno povišanje specifičnih upornosti, kar je v zvezi s prisotnostjo peščeno prôdnatih



5. SL
FIG. 5

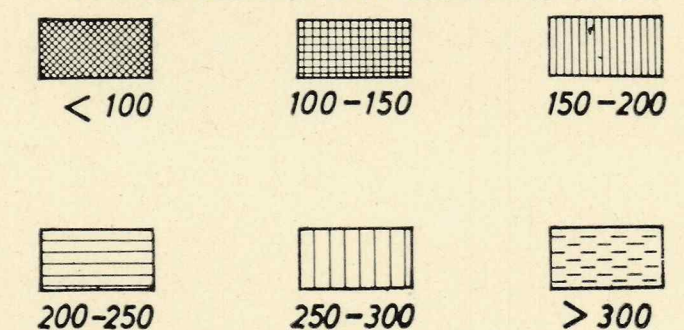
RELIEF PODLAGE
VZHODNEGA DELA LJUBLJANSKEGA BARJA
THE BEDROCK RELIEF
OF THE EASTERN PART OF LJUBLJANA MOOR



- GEOELEKTRIČNA SONDA
GEOELECTRICAL SOUNDING
- GEOELEKTRIČNA SONDA NA IZDANKIH V OBROBJU
LJUBLJANSKEGA BARJA
GEOELECTRICAL SOUNDING ON OUTCROPS IN THE
BORDERLAND OF LJUBLJANA MOOR
- ⊙ VRTINA
BOREHOLE
- //// MEJA MED KVARTARNIMI IN STAREJŠIMI KAMENINAMI
BORDERLINE BETWEEN QUATERNARY AND PRE-QUATERNARY ROCKS

- 100 m ——— IZOHIPSE PODLAGE
- 50 m ——— CONTOUR LINES OF BEDROCK
- 25 m ———

POVPREČNE NADMORSKE VIŠINE PODLAGE V METRIH
AVERAGE ELEVATIONS OF BEDROCK IN METERS



sedimentov. Sonde pri Podpeči kot sonde vzhodno od Iščice take sestave nimajo ali pa je izražena le v manjši meri. Vpliv visoko upornostnega vršaja Iške je zaznaven z geoelektričnimi merjenji na vsem terenu od južnega obrobja Barja do vasi Matena in Iška Loka.

Napaka v določitvi globin do podlage na posameznih geoelektričnih sondah verjetno ne bo preseгла $\pm 10\%$, kar dokazujeta interpretaciji sond na obeh vrtinah.

Geofizikalna metoda navidezne specifične upornosti je dala zadovoljive rezultate. Z nadaljevanjem teh meritev na Barju bi dobili koristne podatke o njegovi geološki sestavi in zgradbi, ki bi rabili tudi za projektiranje nadaljnjih raziskovalnih del.

GEOELECTRIC EXPLORATION OF THE LJUBLJANA MOOR

The Ljubljana Moor is a 20 km long and 7 km wide fault basin located south of Ljubljana and filled up with an over 100 m thick bed of clay, sand, and gravel.

The northern borderland of the Moor consists of Carboniferous shales, sandstones, and conglomerates while the southern borderland is built up of Triassic and Jurassic limestones and dolomites. The numerous monadnocks scattered all over the Moor are likewise built of these rocks (Fig. 1).

Tectonically the Moor belongs to the Alpine-Dinaric region. The numerous tectonic lines occurring along its margin continue most probably under the Moor sediments. The earth movements along these lines are responsible for the present-day configuration of the Ljubljana Moor.

The hitherto carried out studies on the origin and development of the Ljubljana Moor based on the geological data compiled for its borderland. A more complete investigation was made in the western part of the Moor, when some 110 years ago the railroad line Ljubljana—Trieste was built. At that time the deepest borehole drilled 51,5 m but no bedrock was struck upon. More extensive investigations have been carried out in connection with the reclamation and agricultural projects, but these have reached the depth of few meters only.

The borehole BV-1 at Podpeč drilled in 1959 at the suggestion of the Geological Institute at the Slovene Academy of Sciences and Arts reached the dolomitic bedrock at the depth of 105 m. During this work numerous data were obtained which cleared up some aspects of the genesis of the Moor, but the great expanse and the heterogeneous structure of the Moor called for a comparison of these data with those obtained on the basis of new boreholes.

Geologists supposed the bedrock was the deepest in the central and eastern part of the Moor. In 1962 a new borehole was suggested to be drilled in this region in such a place, where no sand and gravel deposits of the Iška river could be touched. These deposits are of a minor importance for the study of the genesis of the Moor.

The greatest thickness of the Quaternary sediments containing the smallest amount of sand and gravel, can be obtained by an adequate

geophysical method. The appreciable differences between the electrical properties of the Quaternary sediments of the Moor and those of the pre-Tertiary rocks of its borderland spoke in favour of the application of the apparent resistivity method.

On the surface of 35 sq. km 50 electrical soundings set up at a distance of one kilometer from each other, were measured by the resistivity method using Schlumberger's electrode configuration. Seventeen additional electrical soundings set up mainly in the borderland were used for the resistivity determination of the pre-Tertiary rocks. The results of the above mentioned measurements, the resistivity determinations on core samples from borehole BV-2, and partly the data interpreted from the electrical sounding curves were used for the construction of the resistivity variation curves of all those geological conductors forming the geoelectric pattern of the investigated area (Fig. 2).

A comparison of the electrical soundings from the eastern part of the Moor with the sounding curves at Podpeč showed that the geoelectrical section of the eastern part is more heterogeneous than that of the region of borehole BV-1.

Among the geoelectrical field curves obtained by electrical sounding the four-layer type was most frequent although cases of less than four layer and even more layered types were not rare. Figs 3 and 4 show some most significant cases. Common to all sounding curves is usually a clearly expressed influence of the bedrock which is either carbonaceous or clayey shaly.

All electrical soundings were interpreted by the indirect grapho-analytic method using either the theoretical model graphs found in the literature or curves plotted by author on the basis of the approximation method.

Fig. 3 represents the two electrical soundings (set up) at the boreholes and their depths to the bedrock which agree satisfactorily with the results obtained by the geoelectric method. The location of borehole BV-2 was determined by geoelectric measurements.

The pre-Tertiary Moor bedrock can be divided into two parts. East of the Iščica river and the Želimeljščica river the bedrock is at the depth of about 60 m. Its resistivity, generally, corresponds with the resistivities of Carboniferous rather than Triassic sediments. West of the Iščica river and north of the villages Matena and Iška Loka the bedrock is lying considerably deeper. In this region two depressions were determined, the one situated between Iška Loka and borehole BV-2 is about 140 m deep. The other one beginning north of the borehole and extending towards the Ljubljana river exceeds the depth of 200 m. The deeper part of the bedrock consists of carbonaceous rocks. The eastern margin of the depressions and of the deeper part, generally, corresponds with the Dinaric direction of the Želimlje fault.

The high resistivity of the alluvial fan of the Iška stream was recorded by geoelectrical measurements all over the region from the southern margin of the Moor to the villages Matena and Iška Loka.

The error in the determination of the bedrock depths at each electrical sounding will probably not exceed ± 10 percent as proved by the interpretation of the soundings at the two boreholes.

The apparent resistivity method yielded satisfactory results. A proceeding of these measurements in the Moor would, no doubt, yield valuable data on its geological composition and structure which in turn might be used for a basis of future investigation projects.

LITERATURA

Buser, S., 1961, Stratigrafija in tektonika južnega obrobja Ljubljanskega barja. Arhiv Geološkega zavoda, Ljubljana.

Kalenov, E. N., 1957, Interpretacija krivih vertikalnega električeskoga zondiranja, Moskva.

Rakovec, I., 1955, Geološka zgodovina ljubljanskih tal, V. knjiga Zgodovine Ljubljane, Ljubljana.

Rakovec, I., 1959, Poročilo o rezultatih vrtine med Notranjimi Gorami in Podpečjo na Ljubljanskem barju, SAZU, Ljubljana, 1959.

Compagnie Générale de Géophysique, Abaques de sondage électrique, Geophysical Prospecting, 1955.