

PRIOLOG RJEŠAVANJU HIDROGEOLOGIJE SJEVERNOG KREKANSKOG SINKLINORIJA

Sa 7 priloga: 1 tabelom, 2 table, 3 karte i 1 profilom

U tuzlanskom ležištu lignita razvijena je intenzivna rudarska djelatnost. Šest aktivnih i jedan zatvoreni rudnik nanizali su se na obodu jednog od triju krekanskih sinklinorija eksploatirajući četiri ugljena sloja. Ugljeni slojevi su prosječno pojedinačno debeli 10–15 m. Geološke rezerve procijenjene su na oko 4 milijarde tona ugljena vrlo dobrog kvaliteta.

Za daljnji razvoj ovog najvećeg jugoslavenskog rudnika ugljena veliku smetnju, gubitke supstance i povećanje proizvodnih troškova uzrokuje podzemna voda nakupljena u pješćanim slojevima. Neposredno pod svakim od donja tri ugljena sloja – pod podinskim, glavnim i I krovnim – nalazi se pješćani sloj deo 30–100 m. Pijesci su zasićeni slobodnom podzemnom vodom. Pod najgornjim ugljenim slojem – II krovnim – nalaze se glinoviti (odnosno laporoviti) sedimenti. U krovini sva četiri ugljena sloja su glinovite (mjestimice glinovito-laporovite) naslage.

U sklopu kompleksnih radova na rješavanju problematike odvodnjavanja ovih vodonosnih pijesaka, koje izvodi poduzeće »Geoistraživanja« iz Zagreba, vrše se obimna i detaljna hidrogeološka istraživanja. Posljednje rezultate ovih istraživanja dat ćemo u slijedećem prikazu.

Vodonosnim pojescima prvi se bavio već F. K a t z e r (1921) obrađujući ležišta ugljena Bosne i Hercegovine, a i kasnije u kratkom izvještaju kod davanja prijedloga za vodoopskrbu grada Tuzle.

Tehnički direktor rudnika Kreke S. Ž i v k o v i ć (1955) iscrpno je prikazao teškoće kod eksploatacije ugljena zbog neodvodnjenih pijesaka i potrebu čim bržeg rješenja problematike odvodnjavanja. Iznio je također dotadašnje hidrogeološke podatke o ležištu i dao sugestije za daljnje istražne radove.

B. F i l i p o v i ć, Marija Marin, S. M i l i v o j e v i ć i M. G l u m a c, dajući geološku podlogu za daljnje radove na odvodnjavanju, dotakli su se i hidrogeoloških odnosa (F i l i p o v i ć, 1957).

1956 godine »Geoistraživanja« su preuzela istražne radove za odvodnjavanje ležišta prema projektima prof. A. Z a m b e l l i j a, V. A b r a m o v i ć a i brojnih stručnjaka iz »Geoistraživanja«. Uz projek-

te izvode se najprije šira, a kasnije detaljna geodetska mjerenja, geološka, hidrogeološka, geofizička, hidrološka, geomehanička istraživanja i studije, te obimna istražna bušenja i ekonomske analize.

Na geološkom kartiranju i hidrogeološkim istraživanjima učestvovalo je – što stalno, a što djelomično – 12 geologa, 4 geološka tehničara i 15 studenata geologije, uz suradnju profesora i asistenata zagrebačkog sveučilišta. Rezultati ovih radova i sugestije o daljnjem usmjeravanju istraživanja iscrpno su dani u godišnjim izvještajima (Miletić & Kranjec, 1957; Miletić, Šarin & Kranjec, 1958; Šarin, Pollak & Posavec, 1960). Rezultati radova iz 1958. i 1959. godine publicirani su u stručnim časopisima (Miletić, 1958; Miletić & Kranjec, 1958), odnosno referirani na Kongresu geologa FNRJ, Miletić & Šarin 1959).

U ovom prikazu korišteni su podaci radova, koje su izvodili ili su surađivali kod izvođenja geolozi V. Babić, Z. Pollak, Č. Plazek, M. Posavec, N. Nowinska, D. Pejčinović, N. Prpić, P. Jovanović i geološki tehničari: V. Medved, P. Marković i O. Matej, pa im se ovom prilikom iskreno zahvaljujemo. Naročito smo zahvalni prof. M. Heraku na stalnoj suradnji i savjetima, a također i kolegama B. Švelu, Z. Eileru, M. Marinu i E. Piršu na korisnoj izmjeni misli. Zahvaljujemo se i R. Martincu, J. Jukiću i E. Križaniću na izradi priloga.

REDOSLIJED ISTRAŽNIH RADOVA

U daljnjem izlaganju ukratko ćemo iznijeti odvijanje istražnih radova namijenjenih rješavanju hidrogeologije istraživanog područja, a koji su se sukcesivno razvijali u skladu s najnovijim saznanjima. Iako su rezultati radova iz 1957. i 1958. g. već publicirani, ovaj prikaz je potreban radi dobivanja cjelovitije slike o hidrogeološkim odnosima u produktivnim naslagama.

Istraživanje sliva rijeke Jale

Radovi su započeli u 1957. godini. Tada je izvršeno geološko kartiranje jalskog sliva na podlozi mjerila 1 : 25.000. Svrha kartiranja bila je prikazati geološku građu sliva i utvrditi mogućnost prodiranja podzemne vode iz starijih naslaga u ugljenonosnu seriju za vrijeme kasnijeg odvodnjavanja. Kartiranjem je ustanovljeno da starije naslage predstavljaju kompleks u kojemu se u stratigrafski vertikalnom pravcu izmjenjuju propusne i debele nepropusne naslage. Zbog takove litološke građe onemogućeno je prodiranje podzemne vode iz starijih sedimenata u produktivnu seriju, ako nema rasjeda.

Da se utvrdi postojanje rasjeda, izvedena su seizmička mjerenja. Vrlo dobri rezultati mjerenja pokazali su da, ako i postoji rasjed u dnu Sjevernog sinklinorija, što je vrlo malo vjerojatno, skok mu je odviše malen da bi kroz rasjednu ravninu mogla komunicirati podzemna voda.

Geofizičari pretpostavljaju da je dvostruki refleks od oba krila sinklinale uzrok anomaliji na seizmičkim dijagramima (Nowinski & Vidović, 1957). Ovim mjerenjem prvi puta je dana približna najveća dubina Sjevernog sinklinorija. Prognozirani je podinski sloj na dubini od preko 800 m. To je kasnije bušenjem i potvrđeno.

Upoznavanjem geološke građe sliva definiran je i hidrogeološki odnos između ležišta ugljena i soli. Iako među njima postoji rasjed, podzemna voda ne može protjecati iz jednog ležišta u drugo, jer ih odijeljuju debeli nepropusni sarmatski sedimenti.

Radovima u 1957. godini utvrđeno je da ugljenonosne naslage predstavljaju izolirani hidrogeološki sistem u odnosu na starije naslage. Zato je trebalo sva istraživanja usmjeriti na ove produktivne naslage.

Istraživanje ugljenonosnih naslaga

U toku 1958. i 1959. godine izvršena je reambulacija dosadašnje geološke karte većeg dijela produktivnog područja na podlozi mjerila 1 : 10.000. Reambulacijom su razjašnjeni neki ranije nedovoljno geološki interpretirani predjeli. Donekle je izmijenjena i koncepcija o tektonskoj strukturi ležišta. Umjesto jednostavnih sinklinala u ležištu dominiraju tri sinklinorija: Sjeverni, Južni, i manji, Zapadni sinklinorij, a u njihovom sklopu nalazi se veći broj manjih ili većih sinklinala.

Uspješnim seizmičkim i geoelektričnim mjerenjima, što ih je izvodilo poduzeće »Geofizika« iz Zagreba, vrlo dobro je prikazana tektonska struktra i raspored ugljenih slojeva pod nanosima rijeka Jale i Spreče (Nowinski & Vidović, 1958; Kovačević, 1959).

Geološkim kartiranjem dokazano je nepostojanje rasjeda u dolini Lukavačke rijeke. Ovo je kasnije potvrđeno geoelektričnim mjerenjem i bušenjem.

Na temelju rezultata dotadašnjih istraživanja ustanovljeno je da se sva četiri ugljena sloja kontinuirano protežu u čitavom Sjevernom i Zapadnom sinklinoriju, te sjeverozapadnom dijelu Južnog sinklinorija. To isto vrijedi za gline iz njihove krovine i pijeske iz podine triju donjih ugljenih slojeva. Ovi se dijelovi možda mjestimice jako istanjuju, ali nigdje potpuno ne isklinjuju. Ne postoje ni rasjedi iole znatnijeg skoka, koji bi omogućili prodiranje podzemne vode iz jednog pješčanog sloja u drugi za vrijeme odvodnjavanja jednog sloja. Prema tome, unutar samih ugljenonosnih naslaga svaki pojedini pješčani sloj predstavlja izoliranu hidrogeološku jedinicu. Zato je kod daljnjih radova glavna pažnja bila obraćena na detaljna ispitivanja svakog pojedinog pješčanog sloja.

Proučavanje vodonosnih slojeva

Izvršen je čitav niz radova:

Izrađena je hidrogeološka, hidrokemijska i sedimentno-petrografska karta u mjerilu 1 : 10.000 za područje, na kojemu je reambulirana geo-

loška karta. Razmatran je odnos jamskog odvodnjavanja na učestalost i kapacitet izvora. Definiran je hidrogeološki odnos između Sjevernog, kao u prvoj fazi najzanimljivijeg, i ostalih sinklinorija. Izvod se hidrogeološka kartiranja svih jama krekanskih rudnika. Projektirano je preko 60 strukturnih bušotina, pravilno poredanih na obodu i u centru Sjevernog sinklinorija (tabla I i prilozi 3 i 4) od kojih je veći dio izbušen. Bušotine se jezgruju na čitavoj dužini i u njih se ugrađuju cijevi za mjerenje nivoa podzemne vode. Zahtjevani su, a i postizavani, visoki postoci jezgre u nevezanim pijescima iz velikih dubina bušotine (Šarin, Pejčinović, Plazek, 1958–1960). Izvršeno je preko 1.200 granulometrijskih analiza uzoraka pijesaka iz površine i iz jezgre bušotina, te preko 100 specijalnih sedimentnopenetrografskih analiza za utvrđivanje uvjeta taloženja pijesaka.

Kako svaki vodonosni sloj predstavlja izoliranu jedinicu, voda može zaći u pijeske samo poniranjem oborina kao i infiltracijom iz većih površinskih tokova na sektorima, gdje tokovi prelaze preko pijesaka. Utjecaj ovih faktora ispitivali su hidrolozi »Geoistraživanja« (Ivaz & Pirš, 1958; Pirš, 1960).

Nakon dvogodišnjih opažanja dobijeni su elementi vodnog bilansa. Prema tim podacima, 10–20% oborina ponire u podzemlje, tj. 6,5–13 miliona m³ vode. Ovi su podaci samo približni, jer se temelje na kratkotrajnim opažanjima.

Bušenjem oko 60 sasvim plitkih strukturnih bušotina i ugradnjom cijevi za mjerenje razine podzemne vode ustanovljeno je da se iz rijeke Jale vrlo malo vode procjeđuje u pješčane slojeve. Rječni nanos sadrži mnogo glinovite supstance, pa je zato prilično nepropustan u vertikalnom pravcu. Na drugim rijekama nisu izvedena tako detaljna ispitivanja. Ipak, sve bušotine, koje su probušile rječni nanos, utvrdile su znatno prisustvo glinovitih materijala u nanosu. Zato možemo pretpostavljati da je infiltracija i iz drugih tokova u vodonosne pijeske vrlo malena.

Prije svih ovih istraživanja znalo se o vodonosnim slojevima ugljonomosnih naslaga da su to debele naslage uglavnom sitnog pijeska, vrlo nepogodnog za odvodnjavanje zbog malene propusnosti. No nakon navedenih istraživanja uočena je vrlo važna pojava: kod sva tri pješčana sloja postoji pravilna diferencijacija u krupnoći materijala. Pješčani sloj je podijeljen u stratigrafski vertikalnom pravcu na dva dijela. Gornji dio, neposredno pod ugljenom, kojega smo zato nazvali »bliskom podinom«, deo 5–20 m, sastavljen je pretežno iz uložaka krupnijih pijesaka i čak sitnih šljunaka. Donji dio, nazvan »daljom podinom«, tj. preostali dio pješčanog sloja, sastoji se iz sitnih i prašinih pijesaka, koji dalje postaju sve sitniji i postepeno prelaze preko zaglinjenog praha u prašinstu glinu (odnosno lapor) i na kraju u čistu glinu (lapor), što već predstavlja krovinu nižeg ugljenog sloja.

Ova pojava karakteristična je za čitavo područje. Iznimku predstavlja podina I krovnog sloja ugljena na sektoru između Dobrnje i Šikulja, gdje se na kraju dalje podine ponovno javlja zona krupnijih mate-

rijala. Krupnoća materijala nije svagdje jednaka. Na nekim mjestima to su 6–8 m debeli šljunci, a na drugima jedva postoji i najtanji prosljak šljunaka. No bliska podina predstavlja uvijek sedimente koji su znatno krupniji od sedimenata iz dalje podine.

KOEFICIJENTI PROPUSNOSTI PJEŠČANIH SLOJEVA

Zbog važnosti bliske podine kod odvodnjavanja vodonosnog sloja obraćena je njenom proučavanju osobita pažnja. Kod geološkog kartiranja i determiniranja jezgre bušotina pažljivo su izdvajani ulošci s različitom krupnoćom materijala (tabla II). Od bušača su zahtijevani visoki postoci jezgre. Ovdje trebamo napomenuti, da su bušači »Geostrazivanje« uspješno izvršili svoj zadatak, iako uz velike materijalne troškove i gubitke vremena. Postignuti su vrlo dobri rezultati u dobivanju visokog postotka jezgre iz nevezanih, vrlo sipkih pijesaka bliske podine, i to iz velikih dubina.

Iz svih granulometrijskih analiza izračunati su koeficijenti propusnosti uložaka prema jednadžbi: $k = 0,36 d^{2,8}$, gdje je efektivni promjer zrna (d_e) = d_{20} , tj. predstavlja onaj promjer otvora sita kroz kojeg može proći samo 20% najsitnijih frakcija nekog uzorka (Justin, Hinds, Creager, 1944). Ova jednadžba sasvim odgovara krekanskim pijescima zbog njihovog posebnog rasporeda sitnijih i krupnijih frakcija unutar istog uzorka.

Rezultati računanja pokazali su, da su koeficijenti propusnosti bliske podine uglavnom veći od 10^{-3} cm s^{-1} , dok su kod dalje podine mnogo manji – od 10^{-5} do nešto iznad 10^{-4} cm s^{-1} . Prema tome, propusnosti bliske i dalje podine razlikuju se za nekoliko desetaka puta. Na nekim lokalitetima propusnosti se razlikuju i za nekoliko tisuća puta. Takvi su, npr. pijesci I krovnog sloja istočno od Lipnice, te pijesci glavnog sloja na sektoru od Lukavca do Bukinja i dr.

Daljnjom obradom izračunati su srednji koeficijenti propusnosti (k_{sr}) bliske podine prema jednadžbi:

$$k_{sr} = \frac{k_1 I_1 + k_2 I_2 + \dots + k_n I_n}{I_1 + I_2 + \dots + I_n} \quad (\text{cm sek}^{-1})$$

gdje su I_1, I_2, \dots, I_n debljine uložaka sedimenata različite krupnoće, a k_1, k_2, \dots, k_n odgovarajući koeficijenti propusnosti izraženi u cm s^{-1} (Bogomolov & Silin-Bečkurin, 1955). Ova jednadžba vrijedi za protjecanje vode u pravcu paralelnom sa slojnim plohami.

Kod pijesaka pod I krovnim slojem ugljena izvršeni su proračuni za intervale od 8, 10 i 15 m, a za pijeske pod glavnim slojem ugljena za intervale od 5, 8 i 10 m (tabela). Pijesci pod ovim potonjim slojem su tanji, a tanja im je i bliska podina, pa su zato i intervali kraći. Položaj intervala nije strogo fiksiran neposredno pod slojem ugljena. Odabrani

su intervali u kojima se nalaze najpropusniji materijali, bez obzira na eventualnu manju udaljenost od ugljena. Postoje, naime, lokaliteti, gdje najkrupniji dio bliske podine nije baš neposredno pod ugljenom nego je nekoliko metara od njega udaljen. Kako je sloj bliske podine kontinuiran, slobodno smo mogli birati najpovoljniji njegov dio. U predjelu između Dobrnje i Šikulja, gdje se pojavljuju krupni sedimenti osim neposredno pod ugljenom još i na kraju dalje podine, interval je odabran u gornjem sloju, uz sloj ugljena.

Na isti smo način izvršili proračune za izdanke pijeska i za jezgru bušotina.

U podini II krovnog sloja ugljena nema vodonosnih pijesaka. Podinski sloj ugljena nije svugdje eksploabilan zbog velikog sadržaja jalovih uložaka, pa investitor (Rudnici lignita Kreka) namjerava njegovo odvodnjavanje razmotriti kasnije. Zato su ovi proračuni izvršeni samo za pijeske pod I krovnim i glavnim slojem ugljena, jer su i sva ispitivanja, koja izvodi poduzeće »Geoistraživanja«, koncentrirana na ova dva sloja.

Bilo je teškoća kod obrade površinskih uzoraka zbog korištenja samo prirodnih izdanaka. Mjestimice je otkrivena čitava bliska podina (tabla II), dok je drugdje otvoreno tek nekoliko metara podine. Zbog toga kod mnogih površinskih lokaliteta nemamo podatke za duže intervale. Želeći na istoj karti prikazati srednju propusnost pijesaka iz površinskih profila i iz bušotina, na karti smo prikazali srednje propusnosti najmanjih intervala: za glavni sloj 5 m, a za I krovni 8 m (prilozi 5 i 6).

Na karti propusnosti pijesaka glavnog sloja možemo uočiti vrlo veliku propusnost bliske podine na sektoru između Bukinja i Lukavca (prilog 5). Kod 5-metarskog intervala prevladuju srednje propusnosti iznad $2 \cdot 10^{-2} \text{ cm s}^{-1}$! Ne trebamo se obazirati na lokalitet broj 85. To je bušotina G-2, a njom je nabušen glavni sloj ugljena na dubini od 430 m. Postoji vjerojatnost da su nevezani krupniji materijali mogli i ispasti iz jezgrene cijevi kod njenog tako dugog izvlačenja od dna bušotine do površine. U tome bi slučaju stvarna propusnost mogla biti i veća.

Uopće moramo računati na to, da zbog istog razloga podaci iz bušotina pokazuju možda nešto manje propusnosti nego što one ustvari i jesu.

U predjelu između Tuzle i Lipnice i na sjeverozapadnom kraju sinklinorija grupirani su lokaliteti s nešto većom propusnošću nego u ostalom području.

Bliska podina I krovnog sloja ugljena manje je propusna nego kod glavnog sloja (prilog 6). Nema ni onako cjelovitog pojasa veće propusnosti, kakav je bio kod glavnog sloja. Ipak se izdvaja lokalitet br. 8 s najvećom zabilježenom propusnošću. To su 6–8 m debeli gotovo jednoliki sitnozrni šljunci (tabla II).

Postoje i tri predijela s vrlo dobrom propusnošću. To je već spomenuto područje između Tuzle i Lipnice, zatim uže područje oko Dobrnje i sjeverno od Bukinja.

UTJECAJ BLISKE PODINE NA ODVODNJAVANJE VODONOSNIH SLOJEVA

Prema dosadašnjim radovima S. Živkovića (1955) i projektirana »Geoistraživanja« prihvaćena su dva načina odvodnjavanja: jedan površinski – dubokim bunarima širokog promjera, s crpljenjem vode pomoću dubinskih crpki i drugi jamski utisnim filtrima, tj. plitkim bušotinama bušenim iz jamskih prostora, s izbacivanjem vode iz jame na površinu pomoću običnih crpki.

Istražni radovi, koji se upravo izvode u području Lipnice, pokazat će upotrebljivost prvog načina, tj. njegovu rentabilnost i efikasnost. Potrebno će biti izvesti tehničke i ekonomske analize i drugog načina, da se može odabrati bolje rješenje.

Kada ne bi postojala bliska podina, tj. zona krupnijeg materijala neposredno pod ugljenom, efikasnost i rentabilnost jamskog odvodnjavanja bile bi vrlo malene. Jeftini i jednostavni utisni filtri mogu se utisnuti samo nekoliko metara u pješčani vodonosni sloj. Zato im je malena aktivna površina. Kada bi i naslage, u koje je ugrađen filter, bile slabo propusne, iz takvog utisnog filtra istjecala bi malena količina vode. Akcioni radius tog podzemnog drena bio bi malen. Time bi se smanjila brzina odvodnjavanja, a i troškovi jedinice volumena izvađene vode. Ovo je vrlo važno, jer je sa površine područja nemoguće odvodnjavati sa strmim nagibima slojeva, kao što je slučaj s vertikalnim slojevima u predijelu između Tuzle i Lipnice (rudnik Moluhe). Vadenjem desetak i više metara debelog sloja ugljena, bez zasipavanja praznog prostora, izaziva znatna zarušavanja gornjih naslaga (nad otkopom). Ovakva zarušavanja kod strmih, ili čak uspravnih, slojeva proizvela bi za rušavanje gornjih dijelova bunara a time potpuno onemogućila crpljenje.

Bez obzira na način odvodnjavanja (s površine ili iz jame) postoje dvije metode snižavanja razina podzemne vode: sniženje cjelokupne razine u sinklinoriju, što su upočetku zastupali projektanti prof. A. Zambelli i V. Abramović, ili djelomično (lokalno) sniženje u užem području oko nekih jamskih otkopnih polja, što zastupa projektant B. Švel.

U sadašnjoj situaciji smatramo, trebat će neko vrijeme primijeniti uglavnom posljednju metodu zbog toga, što dubine jama krekanskih rudnika nisu ujednačene. Postoje jame, koje još nisu ni započele vaditi ugljen, a i takove koje se nalaze preko 100 m pod najnižom površinskom kotom a preko 300 m pod najvišim vrhovima brežuljaka u Sjevernom sinklinoriju. U plitkim jamama još duže vremena problem odvodnjavanja ne će biti tako akutan, kao u dubljim. Kod lokalnog odvodnjavanja bunari ili utisni filtri morat će se potpuno prilagodavati rudarskim radovima, morat će ih pratiti na svim lokalitetima, bez obzira na propusnost naslaga. Na taj će način ovakvo odvodnjavanje biti vrlo skupo, zbog malih količina izvađene vode po jednom crpnom uređaju.

S vremenom, kada se dubine jama barem donekle izravnaju, potrebno je prići cjelokupnom, masovnom odvodnjavanju na čitavom obodu Sjevernog sinklinorija. Ovome je u prilog međusobna izoliranost svakog

pojedinih sloja, zatim postojanje propusne bliske podine na području čitavog sinklinorija i postojanje predijela, gdje je bliska podina znatno propusnija nego na drugim mjestima (vidi karte propusnosti). U toj fazi eksploatacije ugljena bit će potrebno kombinirati djelomično sa cjelokupnim snižavanjem razine, zbog onih manjih razlika u dubinama jama, koje će ipak postojati. Ali glavni dio podzemne vode crpsti će bunari grupirani u predijelima, gdje je bliska podina mnogo propusnija nego drugdje. Na taj način će se iz jednog bunara (a to će vjerojatno biti upravo bunari, a ne utisni filtri) crpsti velike količine vode a time će troškovi odvodnjavanja biti smanjeni.

Postojanje bliske podine vrijedno je i zato, što je omogućeno odvodnjavanje dubljih dijelova ležišta ugljena. Prije poznavanja strukture pješćanih slojeva planiralo se bunarima probušiti čitav vodonosni sloj, sve do nepropusne podloge. Kod postojanja propusnijih naslaga neposredno pod ugljenom dovoljno je ugraditi filtre samo u njih. Tada se bunar može locirati bliže centru sinklinorija, a time je omogućeno, da se ugljeni sloj nabuši u većoj dubini. Treba imati na umu, da bušaće garniture za izradu bunara širokog promjera, koje sada postoje, mogu izbušiti najviše 300–350 m duboki bunar. Čim je ugljeni sloj dublje nabušen, tim se kod crpljenja može niže spustiti dinamički nivo vode u bunaru, a tim su veće i količine crpljene vode u jedinici vremena; tj. manji su troškovi odvodnjavanja.

Još je jedna prednost postojanja bliske podine. Znamo, da je bliska podina propusnija barem za nekoliko desetaka puta, a nekoliko puta tanja od ostalog dijela pješćanog sloja. Kod intenzivnog masovnog (cjelokupnog) odvodnjavanja razina podzemne vode će u njoj biti niža nego u daljoj podini. Na taj način je neposredno uz ugljen pijesak odvodnjen na većoj dubini. To je vrlo pogodno za normalno eksploatairanje ugljene supstance. Rudaru je bitno, da na otkopima pijesci neposredno uz ugljen ne budu zasićeni slobodnom vodom, koja može prodrijeti u jamske prostore. U tom slučaju je sasvim nevažno, što je razina podzemne vode u daljoj podini viša od jamskih radova. Slobodna podzemna voda iz dalje podine polako će se procjeđivati u zonu bliske podine, a kroz nju vrlo brzo do crpnih uređaja. Ako crpni uređaji budu stalno aktivni, ovakovo stanje se ne će poremetiti i ne će biti smetnja kod vađenja ugljene supstance.

ZAKLJUČAK

U ovom prikazu iznijeli smo rezultate posljednjih hidrogeoloških istraživanja, koja su izvedena u okviru kompleksnih istražnih radova na odvodnjavanju krekanskih vodonosnih pijesaka, što ih izvodi poduzeće »Geoistraživanja« iz Zagreba.

Ukratko smo prikazali i rezultate ranijih istraživanja- da bi se mogao pratiti njihov slijed, a time dobiti i cjelovita slika o hidrogeološkim odnosima u Sjevernom krekanskom sinklinoriju.

Detaljnim istražnim radovima uočeno je postojanje diferencijacije pješćanog sloja. Neposredno pod ugljenom nalazi se zona, nazvana

»bliskom podinom« nekoliko puta tanja, ali zato nekoliko desetaka puta propusnija od ostalog dijela pješčanog sloja, koji je nazvan »daljom podinom«. Na osnovi preko 1200 granulometrijskih analiza uzoraka pijesaka s površine i iz jezgre bušotina i pomoću iskustvene jednadžbe izračunati su za te uzorke koeficijenti propusnosti. Daljnjim računom dobiveni su srednji koeficijenti propusnosti najpropusnijeg dijela bliske podine.

Na kartama su nanese srednje propusnosti za intervale od 5 i 8 m za glavni i I. krovni sloj, a u tabelama i za još veće intervale (za glavni sloj: 8 i 10 m, a za I. krovni sloj za 10 i 15 m).

Izdvojena su područja u kojima je bliska podina daleko propusnija nego u ostalom dijelu sinklinorija.

U daljnjem izlaganju prikazana je važnost postojanja bliske podine za odvodnjavanje ležišta.

U prvom redu, da nema tog vrlo propusnog sloja neposredno pod ugljenom, bilo bi u priličnoj mjeri onemogućeno odvodnjavanje utisnim filtrima, a takav način je jedino moguć kod vrlo strmih slojeva, kakvi su u predjelu između Tuzle i Lipnice.

U slučaju povoljnih rezultata kod prve pokusne faze odvodnjavanja, kod masovnog (cjelokupnog) odvodnjavanja na čitavom obodu sinklinorija na područjima relativno još veće propusnosti bliske podine moći će se koncentrirati bunari, koji će znatno jeftinije crpsti vodu, a time i postepeno spuštati razinu podzemne vode čitavog sinklinorija.

Zbog svoje manje debljine a veće propusnosti nivo podzemne vode bit će u bliskoj podini niži nego u daljoj za vrijeme masovnog odvodnjavanja. To će omogućiti, da se neposredna podina ugljena čim prije odvodni, a time i omogućiti nesmetano vadenje ugljene supstance.

Primljeno 8. VII. 1960.

*»Geoistraživanja«
Zagreb, Kupška 2*

LITERATURA

- Bogomolov, G. V. & Silin-Bekčurin, A. I., 1955: Specijalnaja Hidrogeologija. Moskva.
- Filipović, B., 1957: Izvještaj uz gelošku kartu... Arhiv Rudnici lignita - Kreka, Tuzla.
- Ivaz, M. & Pirš, E., 1958: Hidrološka obrada 1 - Kreka, Arhiv »Geoistraživanja«, Zagreb.
- Justin, J. D., Hinds, J. & Creager, W. P., 1944: Engeneering for dams. New York.
- Katzer, F., 1921: Die fossilen Kohlen Bosniens und der Hercegovina. Bd. 2, Sarajevo.
- Kovačević, S., 1959: Geoelektrička ispitivanja u dolini rijeke Jale i Spreče. Arhiv »Geofizika«, Zagreb.

- Miletić, P. & Kranjec, P., 1957: Geološki izvještaj 1 - Kreka. Arhiv »Geoistraživanja«, Zagreb.
- Miletić, P., Šarin, A. & Kranjec, V., 1958: Geološki izvještaj 2 - Kreka. Arhiv »Geoistraživanja«, Zagreb.
- Miletić, P., 1958: Hidrogeološki odnosi u Tuzlanskom bazenu - Sliv rijeke Jale. Rudarsko-metalurški zbornik, br. 4, pp. 417-427, Ljubljana.
- Miletić, P. & Kranjec, V., 1958: O geološkim odnosima u slivu rijeke Jale. Geološki vjesnik, 12, pp. 219-233, Zagreb.
- Miletić, P. & Šarin, A., 1959: Pregled hidrogeoloških odnosa Tuzlanskog bazena i susjednih područja. Referat održan na 3. Kongresu geologa FNRJ, Budva. (U tisku).
- Nowinski, A., 1958: Seizmička ispitivanja ugljenog bazena Kreka. Arhiv, »Geofizika«, Zagreb.
- Nowinski, A. & Vidović, N., 1957: Geofizička ispitivanja - Kreka. Arhiv »Geofizika«, Zagreb.
- Pirš, E. 1960: Hidrološka obrada 2-Kreka. Arhiv »Geoistraživanja«, Zagreb.
- Šarin, A., Pejčinović, D. & Plazek, Č. 1958-1960: Dokumentacija strukturnih, ispitnih, satelitskih i plitkih bušotina. te pokusnih bunara, 21 svezak. Arhiv »Geoistraživanja«, Zagreb.
- Šarin, A., Pollak, Z. & Posavec, M., 1960: Geološki izvještaj 3-Kreka. Arhiv »Geoistraživanja«, Zagreb.
- Živković, S., 1955-1956: Tekući pijesak lignitskog bazena Kreke i mogućnost njegovog odvodnjavanja i skrućivanja. Tehnika, br. 6, pp. 841-864, br. 7, pp. 1035-1040, br. 8 pp. 1084-1092, br. 9, pp. 1263-1273, Beograd.

ANTE ŠARIN and PAVAO MILETIĆ

ADDENDUM TO THE SOLUTION OF THE HYDROGEOLOGICAL PROBLEMS IN THE NORTHERN SYNCLINORIUM, KREKA

The coal deposits in the Tuzla basin with some 4 billion tons of coal is in fact the most important coal basin in Yugoslavia. Four coal seams are now under exploitation. Each one of the three lower seams is directly underlain by a 30-100 m thick sand layer. The sands are saturated with ground water. The exploitation of coal is rather expensive and difficult at greater depths because of considerable protective coal plates remaining in the footwall of exploited seam in order to prevent the ground water gushing into the mine.

In order to solve the problem of drainage the sand layers, complex exploration works are carried out by »GEOISTRAŽIVANJA« - Zagreb. In the frame of these works a geological mapping of the Jale River drainage area was executed, together with a hydrogeological investigation of the coal-bearing zone. The results obtained by the above mentioned work as well as by a geophysical survey proved that each sand layer is in fact an isolated hydrogeologic unit. Each one of them can be drained and observed separately and independently, without any regard to other sand layers.

A hydrogeologic, hydrochemical and sedimentary-petrographic mapping was made, accompanied by drilling of over 60 boreholes regularly located along the rim of the northern part of the Tuzla coal-basin, which is now under the exploitation.

More than 1200 granulometric analysis were made of sand taken from the surface and from the boreholes.

The obtained results showed after all that the sand layers are heterogeneous. Each sand layer consists of two parts: an upper part, which is directly under the coal, called »the nearer footwall«, and a lower part called »the farther footwall«. The thickness of the nearer footwall ranges on an average from 5 to 20 m. This footwall is composed of numerous medium and coarse-grained sand inclusions and small-grained gravel. The farther footwall is an almost homogeneous layer of fine-grained to silty sand, which at greater depths near the lower coal seam alters gradually to a clayey silt, a silty clay, and finally a pure clay or marl respectively. Such a distribution of sands reigns all over the explored area and is valid for all the three sand layers.

On the basis of the granulometric composition the permeability coefficients were calculated. It was stated that the nearer footwall is many times – in certain locations even several thousand times – more permeable than the farther footwall. The mean permeability coefficient of the nearer footwall is higher than 10^{-3} cm sec⁻¹. Tables and maps showing the mean permeability of the nearer footwall were made, and areas were separated where the nearer footwall is particularly permeable.

The further context shows the importance of the nearer footwall for drainage of the water-bearing strata.

By placing well filters in the zone of the nearer footwall larger amounts of water may be obtained from one well, thus cutting down the costs of drainage operations.

In the case of absence of this more permeable zone, it would be almost impossible to drain the water-bearing horizon by means of a cheap and simple impressed filters placed from the underground mining workings into the nearer footwall. Such filters can only be placed a few meters into the water-bearing horizon, and therefore their efficiency is rather small.

But there are the areas with steep inclined layers, which can be dewatered only by means of impressed filters. For example the area between Tuzla and Lipnica where the beds are even vertical.

Existence of the zones where nearer footwall is more permeable than it is the average permeability over the all area enable the concentration of wells. Such a concentration of the wells would produce a cheap and rapid depression of the underground water level in this area.

Owing to the smaller thickness and much higher permeability of the remaining part of the sand layer the water table in the nearer footwall will be much lower than in the farther footwall. This is very favorable and enable exploitation of the coal seams in the deeper portion of the coal basin.

Received 8. 07. 1960.

»Geoistraživanja«
Zagreb, Kupaska 2

Tabela - Table

Redni broj Item	Površinska točka Location No.	Bušotina Borehole	Srednji koeficijenti propusnosti Mean coefficient of permeability					
			Pijesci pod glavnim ugljenim slojem Sands under the main coal seam			Pijesci pod I. krovnim ugljenim slojem Sands under the 1st roofwall coal seam		
			Intervali Intervals			Intervali Intervals		
			5 m	8 m	10 m	8 m	10 m	15 m
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	74					$5,9 \cdot 10^{-2}$	$4,8 \cdot 10^{-2}$	$3,4 \cdot 10^{-2}$
2	86					$2,6 \cdot 10^{-2}$	$1,9 \cdot 10^{-2}$	$1,4 \cdot 10^{-2}$
3	1552					$1,3 \cdot 10^{-2}$	$1,0 \cdot 10^{-2}$	$7,9 \cdot 10^{-2}$
4	1473					$1,2 \cdot 10^{-2}$	$1,2 \cdot 10^{-2}$	$1,1 \cdot 10^{-2}$
5	1670					$1,1 \cdot 10^{-2}$	$1,0 \cdot 10^{-2}$	$8,6 \cdot 10^{-2}$
6	1618					$6,3 \cdot 10^{-2}$		
7	1737					$4,1 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-2}$	$8,9 \cdot 10^{-2}$
8	818					$1,7 \cdot 10^{-2}$	$1,3 \cdot 10^{-2}$	
9	1348					$1,3 \cdot 10^{-2}$	$1,1 \cdot 10^{-2}$	$4,3 \cdot 10^{-2}$
10	1291					$5 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2}$	
11	2148					$6,1 \cdot 10^{-2}$		
15	73		$2 \cdot 10^{-1}$	$1,3 \cdot 10^{-2}$	$1,2 \cdot 10^{-2}$			
16	15		$5,5 \cdot 10^{-2}$					
17	185		$1,2 \cdot 10^{-1}$	$7,8 \cdot 10^{-2}$	$6,3 \cdot 10^{-2}$			
18	249		$4 \cdot 10^{-2}$	$3,5 \cdot 10^{-2}$	$3,4 \cdot 10^{-2}$			
19	430		$4,8 \cdot 10^{-1}$	$3,6 \cdot 10^{-1}$	$2,5 \cdot 10^{-1}$			
20	1816		$3,2 \cdot 10^{-3}$					
21	1912		$8,9 \cdot 10^{-3}$					
22	1880		$1 \cdot 10^{-2}$	$1,2 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$			
23	2642		$2,9 \cdot 10^{-2}$	$2,1 \cdot 10^{-2}$	$1,9 \cdot 10^{-2}$			
24	1736		$1,5 \cdot 10^{-3}$					
25	1310		$6,6 \cdot 10^{-3}$	$3,6 \cdot 10^{-3}$	$2,9 \cdot 10^{-3}$			

Sarin i Miletić: Prilog hidrogeologiji Kreke

Redni broj Item	Površinska točka Location No.	Bušotina Borehole	Srednji koeficijenti propusnosti Mean coefficient of permeability					
			Pijesci pod glavnim ugljenim slojem Sands under the main coal seam			Pijesci pod I. krovnim ugljenim slojem Sands under the 1st roofwall coal seam		
			Intervali Intervals			Intervali Intervals		
			5 m	8 m	10 m	8 m	10 m	15 m
1	2	3	4	5	6	7	8	9
26	1226		$1,1 \cdot 10^{-1}$	$8,6 \cdot 10^{-2}$	$7,9 \cdot 10^{-2}$			
27	2012		$5,3 \cdot 10^{-3}$	$3,4 \cdot 10^{-3}$	$2,8 \cdot 10^{-3}$			
28	2391		$1,3 \cdot 10^{-3}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$				
29	2161		$2,5 \cdot 10^{-2}$					
40		G-69				$8,2 \cdot 10^{-3}$	$7,5 \cdot 10^{-4}$	$6,2 \cdot 10^{-4}$
41		G-66				$1,8 \cdot 10^{-3}$	$1,9 \cdot 10^{-3}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$
42		G-65				$3,3 \cdot 10^{-4}$	$2,8 \cdot 10^{-4}$	
43		G-62				$5,2 \cdot 10^{-2}$	$4,2 \cdot 10^{-2}$	$2,9 \cdot 10^{-3}$
44		PO ⁵ / ₄				$2,1 \cdot 10^{-3}$	$1,9 \cdot 10^{-3}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$
45		G-59				$4,6 \cdot 10^{-4}$		
46		G-57				$2,5 \cdot 10^{-3}$	$2,1 \cdot 10^{-3}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$
47		G-55				$3,3 \cdot 10^{-3}$	$3,1 \cdot 10^{-3}$	$3,3 \cdot 10^{-3}$
48		G-53				$1,1 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$
49		G-45				$3,5 \cdot 10^{-2}$	$2,9 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
50		G-43				$7,8 \cdot 10^{-4}$	$6,4 \cdot 10^{-4}$	$5,3 \cdot 10^{-4}$
51		G-44				$3 \cdot 10^{-3}$	$2,8 \cdot 10^{-3}$	$2,6 \cdot 10^{-3}$
52		G-41	Aritmetička sredina vrijednosti iz bušotina*: G-41 i PB-1			$1,6 \cdot 10^{-3}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$
		Pb-1				$2,2 \cdot 10^{-2}$	$1,9 \cdot 10^{-2}$	$1,4 \cdot 10^{-2}$
		PO-1'				$1,2 \cdot 10^{-2}$	$1,1 \cdot 10^{-2}$	$7,4 \cdot 10^{-3}$
		Pb-2				$5,9 \cdot 10^{-4}$	$3,8 \cdot 10^{-4}$	$3,5 \cdot 10^{-4}$
		PO-1 ¹ / ₂				$6,3 \cdot 10^{-2}$	$5,1 \cdot 10^{-2}$	$3,4 \cdot 10^{-2}$
		PO-1 ² / ₂				$3,2 \cdot 10^{-4}$	$2,6 \cdot 10^{-4}$	
		PO-1 ³ / ₂				$6,1 \cdot 10^{-4}$	$5,4 \cdot 10^{-4}$	
		PO-1 ⁴ / ₂				$9,1 \cdot 10^{-3}$	$7,3 \cdot 10^{-3}$	$4,3 \cdot 10^{-3}$

* Algebraic mean of values from the boreholes No. G-41 and PB-1.

Redni broj Item	Površinska točka Location No.	Bušotina Borehole	Srednji koeficijenti propusnosti Mean coefficient of permeability					
			Pijesci pod glavnim ugljenim slojem Sands under the main coal seam			Pijesci pod I. krovnim ugljenim slojem Sands under the 1st roofwall coal seam		
			Intervali Intervals			Intervali Intervals		
			5 m	8 m	10 m	8 m	10 m	15 m
1	2	3	4	5	6	7	8	9
53		PO-1	Aritmetička sredina vrijednosti iz bušotina: Bb-2, PO- ¹ / ₁ , PO- ¹ / ₂ , PO- ¹ / ₄ , PO- ¹ / ₈			1,5 · 10 ⁻²	1,2 · 10 ⁻²	9,7 · 10 ⁻³
81		G-71	2,4 · 10 ⁻³	1,6 · 10 ⁻³	1,4 · 10 ⁻³			
82		G-70	1,9 · 10 ⁻³	1,8 · 10 ⁻³	1,5 · 10 ⁻³			
83		G-68	1,8 · 10 ⁻³	1,4 · 10 ⁻³	1,2 · 10 ⁻³			
		PO- ⁴ / ₁	1,9 · 10 ⁻²	1,5 · 10 ⁻²	1,3 · 10 ⁻²			
		PO- ⁴ / ₄	4,3 · 10 ⁻²	4,6 · 10 ⁻²	4,4 · 10 ⁻²			
84		PO-4	3,1 · 10 ⁻²	3,1 · 10 ⁻²	2,8 · 10 ⁻²	Aritmetička sredina vrijednosti iz bušotina: PO- ⁴ / ₁ , PO- ⁴ / ₄		
85		G-2	1,5 · 10 ⁻⁴	1,1 · 10 ⁻⁴	9,5 · 10 ⁻⁵			
86		G-7	2,3 · 10 ⁻³	2,1 · 10 ⁻³	2 · 10 ⁻³			
87		G-63	5,8 · 10 ⁻²	3,7 · 10 ⁻²	2,9 · 10 ⁻²			
88		G-17	9,4 · 10 ⁻³	9,9 · 10 ⁻³	8,5 · 10 ⁻³			
89		G-60	1,9 · 10 ⁻¹	1,4 · 10 ⁻¹	1,2 · 10 ⁻¹			
90		G-58	6,5 · 10 ⁻¹	7,3 · 10 ⁻¹	6,2 · 10 ⁻¹			
91		G-84	3,2 · 10 ⁻³	2,7 · 10 ⁻³	2,3 · 10 ⁻³			
92		G-54	1,4 · 10 ⁻³	1,4 · 10 ⁻³	1,7 · 10 ⁻³			
93		G-51	8 · 10 ⁻³	5,6 · 10 ⁻³	4,8 · 10 ⁻³			
		PO- ³ / ₁	1,2 · 10 ⁻³	1,2 · 10 ⁻³	1,2 · 10 ⁻³			
		PO- ³ / ₄	7,3 · 10 ⁻⁴	4,9 · 10 ⁻⁴	3,9 · 10 ⁻⁴			
94		PO-8	9,7 · 10 ⁻⁴	8,4 · 10 ⁻⁴	8,9 · 10 ⁻⁴	Aritmetička sredina vrijednosti iz bušotina: PO- ³ / ₁ , PO- ³ / ₄		
95		G-46	3,3 · 10 ⁻³	2,9 · 10 ⁻³	2,9 · 10 ⁻³			
96		PO- ³ / ₈	1,2 · 10 ⁻²	9,2 · 10 ⁻³	8,1 · 10 ⁻³			
97		G-39	1,5 · 10 ⁻²	1,2 · 10 ⁻²	9,8 · 10 ⁻³			
98		G-72	1,3 · 10 ⁻²	1 · 10 ⁻²	8,1 · 10 ⁻³			

TABLA — PLATE I

Slika 1. Bušača garnitura Craelius B-3 na dubokoj strukturnoj bušotini G-2 i garnitura Aquadrill na satelitskoj bušotini PO-3/5 – pokusno polje br. 3, sjeverno od Bukinja.

Fig. 1. Drilling rig Craelius B-3 drilling the deep exploration borehole G-2 and Aquadrill rig drilling the Satellite borehole PO-3/5 – experimental field No 3, North of Bukinje.

(Foto P. Jovanović)

Slika 2. Pijesci pod podinskim ugljenim slojem, sjeverno od Dobrnje

Fig. 2. Sands below the footwall coal seam, North of Dobrnja

(Foto Z. Pollak)



TABLA - PLATE II

Slika 3. Bliska podina I. krovnog ugljenog sloja u Delić potoku, istočno od Lipnice
Fig. 3. The nearer footwall of the I. roofwall coal seam in Delić creak, East of Lipnica.

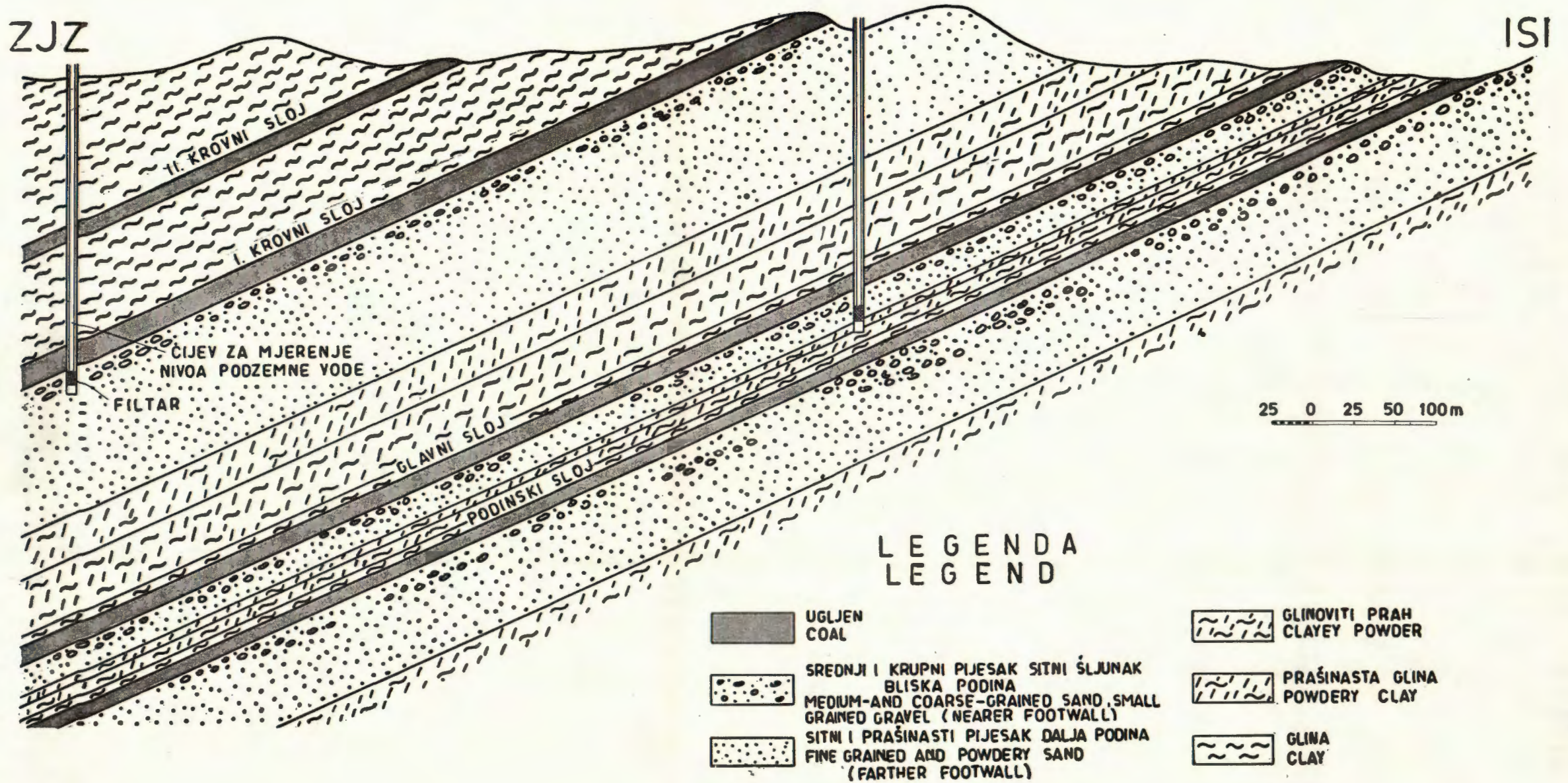
(Foto I Vlašić)




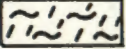

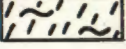
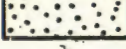
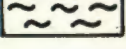
SKICA POLOŽAJA OBODNIH BUŠOTINA
 SKETCH OF LOCATIONS OF BOREHOLES ALONG THE AIM

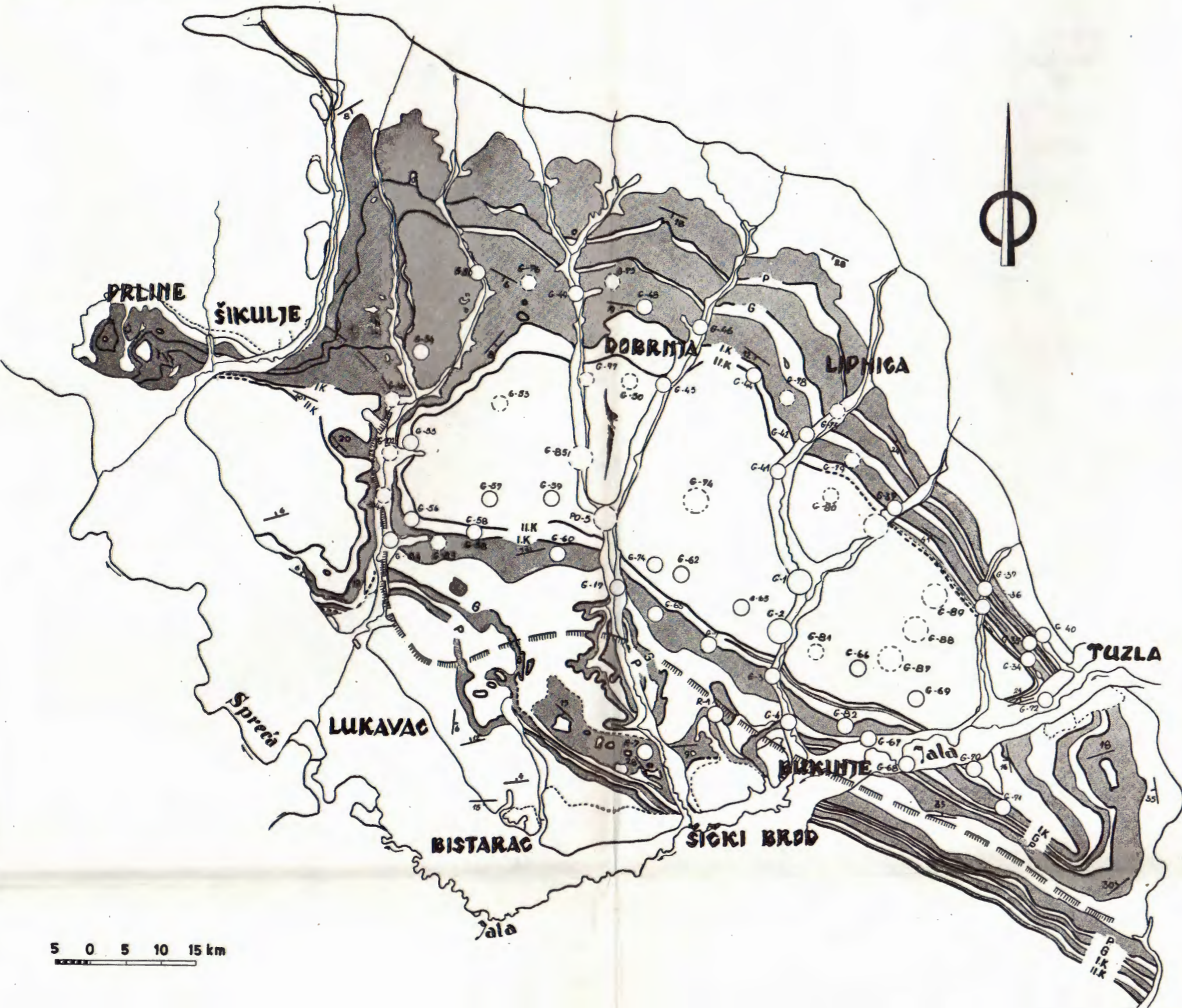
Sarin i Miletić: Prilog hidrogeologiji Kreke

TABLA III - PLATE III



LEGENDA
 LEGEND

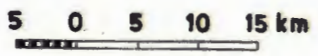
- | | | | |
|---|--|---|----------------------------------|
|  | UGLJEN
COAL |  | GLINOVITI PRAH
CLAYEY POWDER |
|  | SREDNJI I KRUPNI PIJESAK
BLISKA PODINA
MEDIUM-AND COARSE-GRAINED SAND,
SMALL GRAINED GRAVEL (NEARER FOOTWALL) |  | PRAŠINASTA GLINA
POWDERY CLAY |
|  | SITNI I PRAŠINASTI PIJESAK
DALJA PODINA
FINE GRAINED AND POWDERY SAND
(FARTHER FOOTWALL) |  | GLINA
CLAY |



LEGENDA
LEGEND

- PIJESAK
SAND
- IZDANCI UGLJENIH SLOJEVA
OUTCROPS OF COAL SEAMS
- PRETPOSTAVLJENI IZDANCI UGLJENIH SLOJEVA
SUPPOSED OUTCROPS OF COAL SEAMS
- GEOLOŠKA GRANICA
GEOLOGICAL BOUNDARY
- PRETPOSTAVLJENA GEOLOŠKA GRANICA
SUPPOSED GEOLOGICAL BOUNDARY
- GRANICA SJEVERNOG SINKLINORIJA PREMA
ZAPADNOM I JUŽNOM
BOUNDARY BETWEEN THE NORTHERN, AND WESTERN, AND
SOUTHERN SYNCLINORIUMS
- BUŠOTINA, DUBINA DO 350 m
BOREHOLE, DEPTH DOWN TO 350 m
- BUŠOTINA, DUBINA PREKO 350 m
BOREHOLE, DEPTH EXCEEDING 350 m
- PROJEKTIRANA (NEIZBUŠENA) BUŠOTINA
NOT ACCOMPLISHED BOREHOLE
- BUŠOTINA SA UGRAĐENOM CIJEVI ZA MJERENJE
NIVOVA PODZEMNE VODE
PIEZOMETRIC BOREHOLE FOR MEASUREMENT OF
GROUND WATER TABLE
- PAD SLOJEVA
DIP OF STRATA

II.K. = II. KROVNI, I.K. = I. KROVNI, G = GLAVNI I P = PODINSKI UGLJENI SLOJ
II.K. = II ND COAL SEAM OF THE HANGING WALL, I.K. = I ST COAL SEAM OF
THE HANGING WAL, G = MAIN COAL SEAM AND P = FOOTWAL COAL SEAM



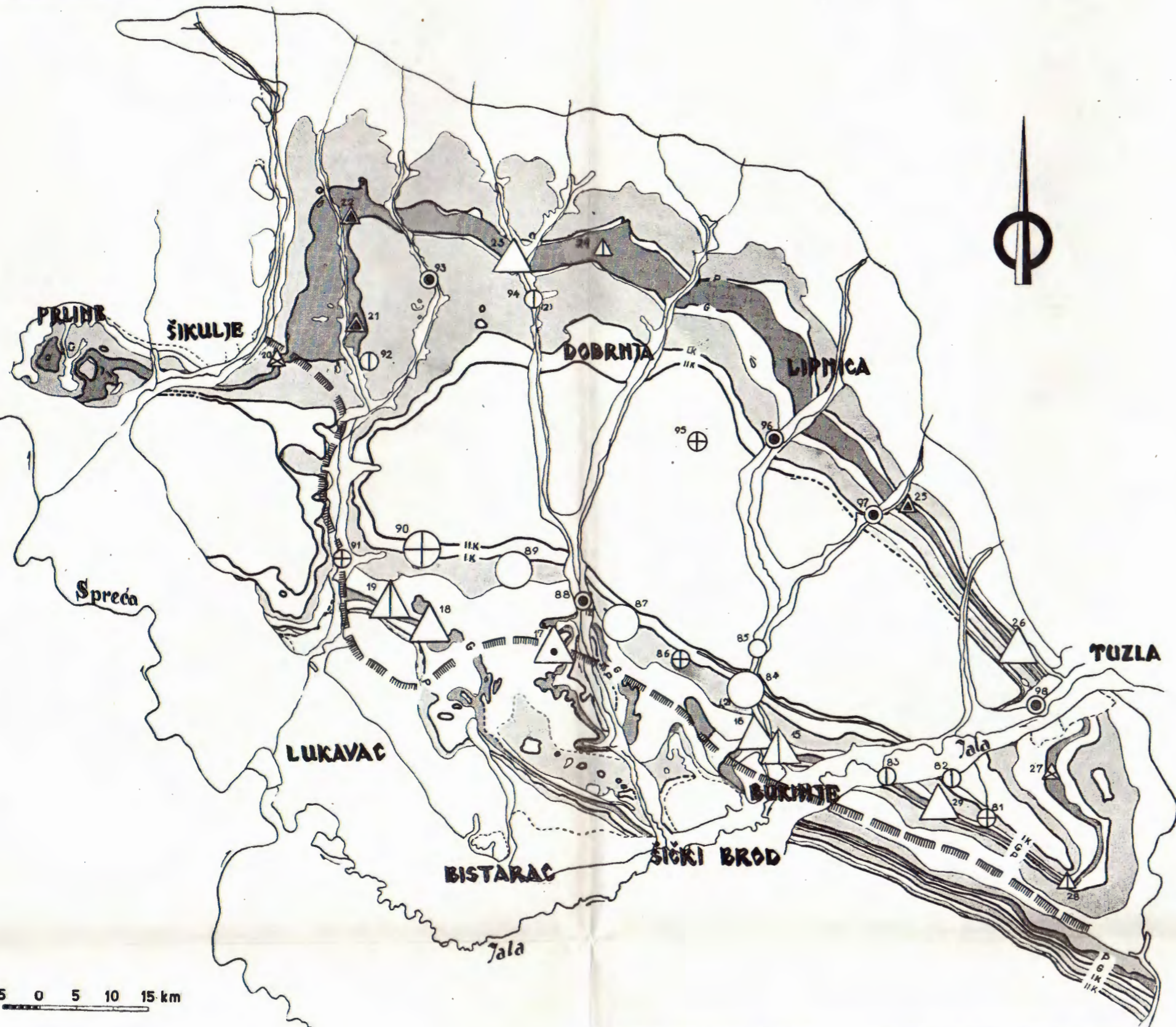
KARTA BUŠOTINA - SJEVERNI SINKLINORIJ - KREKA
MAP OF BOREHOLES - NORTHERN SYNCLINORIUM - KREKA

Crtali: J. Jukić i E. Križanić

GEOISTRAZIVANJA - ZAGREB

LEGENDA
LEGEND

- PIJESAK POD GLAVNIM UGLJENIM SLOJEM
SAND UNDER THE MAIN COAL SEAM
 - PIJESAK POD OSTALIM UGLJENIM SLOJEVIMA
SAND UNDER THE OTHER COAL SEAM
 - IZDANCI UGLJENIH SLOJEVA
OUTCROPS OF COAL SEAMS
 - PREPOSTAVLJENI IZDANCI UGLJENIH SLOJEVA
SUPPOSED OUTCROPS OF COAL SEAMS
 - GEOLOŠKA GRANICA
GEOLOGICAL BOUNDARY
 - PREPOSTAVLJENA GEOLOŠKA GRANICA
SUPPOSED GEOLOGICAL BOUNDARY
 - GRANICA SJEVERNOG SINKLINORIJA SA ZAPADNIM I JUŽNIM
BOUNDARY BETWEEN THE NORTHERN, AND WESTERN, AND SOUTHERN
SYNCLINORIUMS
 - UZORCI IZ BUŠOTINA S REDNIM BROJEM (94) I BROJEM BUŠOTINA(2)
AKO JE VRIJEDNOST DOBIVENA IZ GRUPE BUŠOTINA
SAMPLES UNDER NUMBER(2) FROM THE BOREHOLES UNDER NUMBER(94)
IF THE VALUE HAS BEEN OBTAINED FROM A GROUP OF BOREHOLES
 - POVRŠINSKI UZORCI - SAMPLES FROM THE SURFACE
- | | |
|--|--|
| | $< 2 \cdot 10^{-4}$ $k_{sp} [cm \cdot sek^{-1}]$ |
| | $2 \cdot 10^{-4} - 5 \cdot 10^{-4}$ |
| | $6 \cdot 10^{-4} - 2 \cdot 10^{-3}$ |
| | $2 \cdot 10^{-3} - 6 \cdot 10^{-3}$ |
| | $6 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 10^{-2}$ |
| | $2 \cdot 10^{-2} - 6 \cdot 10^{-2}$ |
| | $6 \cdot 10^{-2} - 2 \cdot 10^{-1}$ |
| | $2 \cdot 10^{-1} - 6 \cdot 10^{-1}$ |
| | $6 \cdot 10^{-1} - 2 \cdot 10^0$ |
| | $> 00 \cdot 2 \cdot 10^0$ |
- SREDNJI KOEFICIJENT PROPUSNO-
STI (k_{sp}) PJEŠČANOG SLOJA DEBLJINE
5 m KOJI SE NALAZI U SKLOPU BLISKE
PODINE POD GLAVNIM UGLJENIM SLOJEM.
MEAN PERMEABILITY COEFFICIENT (k_{sp}) OF THE
SAND LAYER 5m THICK EXTENDING WITHIN THE
ZONE OF THE NEARER FOOTWAL UNDERLYING DI-
RECTLY THE MAIN COAL SEAM OF THE HANGING
WALL



5 0 5 10 15 km

KARTA PROPUSNOSTI BLISKE PJEŠČANE PODINE GLAVNOG
UGLJENOG SLOJA - SJEVERNI SINKLINORIJ - KREKA
MAP OF PERMEABILITY NEAR SANDY FOOTWALLS OF THE
MAIN COAL SEAM OF THE HANGING WALL
NORTHERN SYNCLINORIUM - KREKA

Obradili: inž. A. Šarin i inž. V. Babić
Crtali: J. Jukić i E. Križanić

GEOISTRAZIVANJA - ZAGREB

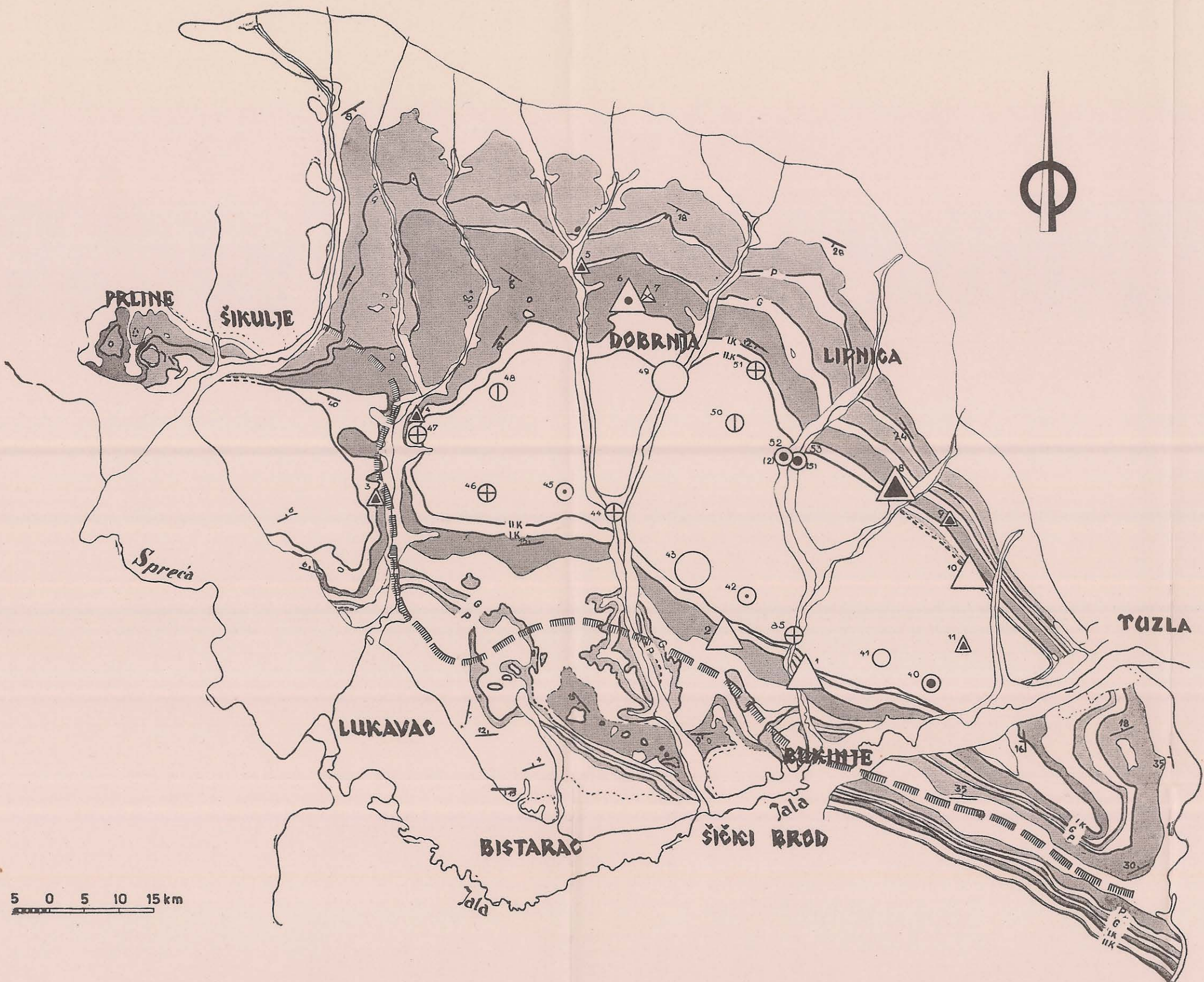
LEGENDA
LEGEND

- PIJESAK POD I. KROVNIM UGLJENIM SLOJEM
SAND UNDER THE 1ST COAL SEAM OF THE HANGING WALL
- PIJESAK POD OSTALIM UGLJENIM SLOJEVIMA
SAND UNDER THE OTHER COAL SEAMS
- IZDANCI UGLJENIH SLOJEVA
OUTCROPS OF COAL SEAMS
- PRETPOSTAVLJENI IZDANCI UGLJENIH SLOJEVA
SUPPOSED OUTCROPS OF COAL SEAMS
- GEOLOŠKA GRANICA
GEOLOGICAL BOUNDARY
- PRETPOSTAVLJENA GEOLOŠKA GRANICA
SUPPOSED GEOLOGICAL BOUNDARY
- GRANICA SJEVERNOG SINKLINORIJA SA ZAPADNIM I JUŽNIM
BOUNDARY BETWEEN THE NORTHERN, AND WESTERN, AND
SOUTHERN SYNCLINORIUMS
- PAD SLOJEVA - DIP OF STRATA
- UZORCI IZ BUŠOTINA S REDNIM BROJEM (52) I BROJEM BUŠOTINA (2) AKO JE VRIJEDNOST DOBIVENA IZ GRUPE BUŠOTINA
SAMPLES UNDER NUMBER (2) FROM THE BOREHOLES UNDER
NUMBER (52) IF THE VALUE HAS BEEN OBTAINED FROM
A GROUP OF BOREHOLES
- POVRŠINSKI UZORCI
SAMPLES FROM THE SURFACE

		k_{sr} [cm sek ⁻¹]
		< OD 2·10 ⁻⁴
		2·10 ⁻⁴ - 6·10 ⁻⁴
		6·10 ⁻⁴ - 2·10 ⁻³
		2·10 ⁻³ - 6·10 ⁻³
		6·10 ⁻³ - 2·10 ⁻²
		2·10 ⁻² - 6·10 ⁻²
		6·10 ⁻² - 2·10 ⁻¹
		2·10 ⁻¹ - 6·10 ⁻¹
		6·10 ⁻¹ - 2·10 ⁰
		> OD 2·10 ⁰

SREDNJI KOEFICIJENT PROPUSNOSTI (k_{sr}) PJEŠČANOG SLOJA DEBLJINE 8 m KOJI SE NALAZI U SKLOPU BLISKE PODINE POD I. KROVNIM UGLJENIM SLOJEM. MEAN PERMEABILITY COEFFICIENT (k_{sr}) OF THE SAND LAYER, 8 m THICK EXTENDING WITHIN THE ZONE OF THE NEARER FOOTWALL UNDERLYING DIRECTLY THE 1ST COAL SEAM OF THE HANGING WALL.

II.K = II. KROVNI, I.K = I. KROVNI, G = GLAVNI i P = PODINSKI UGLJENI SLOJ
II.K = II ND COAL SEAM OF THE HANGING WALL, I.K = 1ST COAL SEAM OF THE HANGING WALL, G = MAIN COAL SEAM, AND, P = FOOTWALL COAL SEAM.



KARTA PROPUSNOSTI BLISKE PJEŠČANE PODINE I. KROVNOG UGLJENOG SLOJA - SJEVERNI SINKLINORIJ - KREKA
MAP OF PERMEABILITY NEAR SANDY FOOTWALLS OF THE I-ST COAL SEAM OF THE HANGING WALL NORTHERN SYNCLINORIUM - KREKA

Obradili: inž. A. Šarin i inž. V. Babić
Crtali: R. Martinec i J. Jukić