

Kolegi Magarić i neki drugi
Ured

VELIMIR KRANJEC, PAVAO MILETIĆ, ŽELJKO BABIĆ,
VLADIMIR CUKOR i BORIS RALJEVIĆ

O HIDROGEOLOŠKIM ISTRAŽIVANJIMA U PODRUČJU GREBAŠTICE I PRIMOŠTENA

S jednim prilogom: karta, profil i dijagrami.

Iznose se rezultati istraživanja podzemne vode u području krša neposredno uz morsku obalu.

UVOD

Područje Grebaštica i Primoštena nalazi se južno-jugoistočno od Šibenika.

Neposredno o geološkoj građi tih predjela pisao je F. Kerner u svojim putnim izvještajima (1897, 1898a, 1898b) i zatim (1902) u tumaču geološke karte Šibenik-Trogir (karta u mjerilu 1 : 75.000). Njegovi radovi sadrže temeljne geološke podatke.

Nakon istraživanja F. Knera proteklo je mnogo vremena u kom nije bilo geoloških radova. Tek nedavno je izvršeno geološko kartiranje područja Šibenik-Rogoznica, o kojem je V. Kranjec izradio izvještaj (1956) i objavio jedan prilog (1959). Na topografskoj podlozi mjerila 1 : 25.000 on je konstatirao promjene u rasprostranjenosti gornjokrednih naslaga i u tektonskom pogledu detaljnije ocrtao oblike uspravnih i kosih bora te oblike reversno rasjednute i ljuskave geološke građe.

U 1962 i 1963 godini detaljno je hidrogeološki snimljeno uže područje Grebaštica i Primoštena, a nakon toga su vršena geofizička mjerenja, istražna bušenja i pokusno crpenje vode. Time su ispitivane mogućnosti korištenja podzemne vode za vodoopskrbu i dobiveni su zanimljivi rezultati obzirom, da su radovi izvođeni u kršu u blizini morske obale. Autori smatraju, da prikupljena hidrogeološka opažanja mogu biti od koristi kod istraživanja u sličnim prilikama, te ih iznose u ovom prilogu.

STRATIGRAFSKI PREGLED

Područje Grebaštica i Primoštena izgrađuju naslage gornje krede, paleogena i kvartara.

Gornja kreda je zastupljena sa dva člana: a) Dolomiti i vapnenci u međusobnoj izmjeni, te pločasti vapnenci (posebno izdvojeni facijes) i b) Rudistni vapnenci (gornji). Ove naslage zauzimaju najveće prostranstvo, a unutar njih se nalaze i najvažnije hidrogeološke pojave.

Paleogene naslage predstavljene su liburnijskim vapnencima, milio-lidnim, alveolinskim i numulitnim vapnencima, te gomoljastim pjesko-vitim i škrljavim laporima. Obzirom na malu ukupnu debljinu milio-lidnih, alveolinskih i numulitnih vapnenaca oni su na karti prikazani zajedno.

Kvartarne tvorevine čine produkti rastrošbe i nanosi: kršje pomiješano sa zemljom crvenicom i humusom.

Gornja kreda

Dolomiti i vapnenci u izmjeni, te pločasti vapnenci. K₁^a

Na sjevernoj strani Grebaštica nalaze se svijetlosivi, sivosmeđi i blije-dožučkasti dolomiti, koji su nejasno uslojeni i gromadasti. Oni se lako troše i mrve u sitnu drobinu i dolomitni pijesak. Učestalost vapnenaca u izmjeni je različita, a također i njihova debljina, jer lateralno i vertikalno prelaze u dolomitične vapnence i dolomite. Vapnenci su gusti, kompaktni i dobro uslojeni.

U pojasu Primošten-Kruševo, unutar slijeda dolomita i vapnenaca pojavljuje se facijes tanko pločastih i škrljavih vapnenaca, koji su sive, žučkaste i crvenkaste boje (na karti u prilogu, dolomiti i vapnenci u izmjeni imaju oznaku »dv«, a facijes pločastih vapnenaca – »v«). Pojedinačna debljina ovih slojeva varira između nekoliko milimetara do nekoliko centimetara, ali dolaze i deblji slojevi (10–20 cm). Ukupna debljina pločastih naslaga iznosi 40–60 m, a može se zamijetiti glavna skupina tanko pločastih vapnenaca koja leži niže i jedna tanja skupina slojeva koja slijedi naviše. Ova posljednja nema kontinuiranu rasprostranjenost ili se ne zapažaju debelo uslojeni vapnenci, koji obično dijele obje skupine.

U području Grebaštica i Primoštena nalazi se gornji dio dolomitno-vapnenih naslaga (V. K r a n j e c, 1959 str. 39), te nije moguće vidjeti dokle seže čitav slijed ili na kojim slojevima leže ti dolomiti i vapnenci. Dolomitno-vapnene naslage se inače uvrštavaju u gornji cenoman i turon, pa je prema tome vjerojatno, da ovdašnji dio pripada pretežno turonu.

Rudistni vapnenci (gornji). K₁^b

To su petrografski jednolični, bjelkasti, žučkasti i svijetlosmeđi vapnenci, koji se od prethodnih naslaga razlikuju ponajviše debljom usloje-nošću (0,5–2 m). Oni pokazuju osobit reljef krša. Njihove trase na površini se ističu grebenima i brazdama.

Ove vapnenice nazvali smo gornjim rudistnim vapnencima, jer je dio vapnenaca s rudistima uključen u dolomitno-vapnene naslage.

Rudistni vapnenci (gornji) leže konkordantno na dolomitno-vapnenim naslagama i pripadaju pretežno senonu.

Paleogen

Liburnijski vapnenci. PcE

Ovi vapnenci su svijetlosive, smeđe i crvenkaste boje; vrlo čvrsti i gusti te katkad šupljikavi i prekrystalizirani. To su slatkovodno-brakične naslage (liburnijski slojevi u užem smislu), koje se ovdje nalaze u vrlo reduciranom razvoju. Jugoistočno od Primoštena imaju debljinu do 40 m, a u krilima sinklinale Grebaštica svega nekoliko metara ili ih uopće nema na mjestima, gdje alveolinski vapnenci direktno transgresivno leže na gornjokrednim slojevima.

Miliolidni, alveolinski i numulitni vapnenci. E₁₋₂

Miliolidni vapnenci su bijele, smeđe i crvenkaste boje, a pojedini slojevi se međusobno nešto razlikuju, jer se nalaze jedri i čvrsti te mekaniji, brašnasti vapnenci. Miliolidni vapnenci su zapaženi samo jugoistočno od Primoštena (debljina oko 10 m).

Alveolinski vapnenci su slično obojeni kao i miliolidni, ali su redovito manje kompaktni i rijetko se nalaze uslojeni. U njima je vrlo razvijeno lučenje, školjkasto i ovalno odlamanje, pa se na površini karakteristično troše dajući velike množine kršja.

Svijetlosivi, žučkasti i smeđasti numulitni vapnenci su jedri i dobro uslojeni. Nešto drugačiji je samo završni dio, u kojem se zapažaju plavičasti manje tvrdi laporoviti vapnenci.

Ukupna debljina ovih marninskih vapnenaca iznosi najviše oko 180 m.

Miliolidni vapnenci i dio alveolinskih vapnenaca pripada donjem, a drugi dio alveolinskih vapnenaca i numulitni vapnenci srednjem eocenu.

Gomoljasti pjeskoviti i škriljavi lapori. E₂

Na numulitnim laporovitim vapnencima konkordantno leže flišoliki sivoplavi i zelenkasti škriljavi lapori s numulitima i asilinama (srednji eocen). To su prelazni slojevi između numulitnih vapnenaca i fliša, koji na ovom terenu nedostaje.

Povoljan petrografski sastav ovih slojeva u odnosu na prije opisane karbonatne stijene nema nažalost na ovom terenu značajnije hidrogeološke funkcije. Tome je uzrok relativno mala debljina i plitki strukturni položaj. Debljina lapora u središnjem dijelu sinklinale Grebaštica iznosi oko 60 m, a u zoni jugoistočno od Primoštena najviše do 40 m.

K v a r t a r

Produkti rastrošbe i nanosi Q.

U najnižim dijelovima doline Grebaštice nalaze se nanosi kršja i drobine različitih stijena, koji su pomiješani sa zemljom crvenicom i humusom. U blizini izvora Kanela i Konobe, na sjevernom boku iste doline postoji nekoliko siparišta (dijelom cementirano kršje). Mnogo nanosa nalazi se također u nizu većih vododerina, koje utonjuju prema moru. Taj materijal potječe od povremenih snažnih bujica, a ispod njega proviruju osnovne stijene, tako da te pojave nisu mogle biti posebno označene. Duž glavne ceste istočno od Primoštena nalazi se zaravnjeni predio i nekoliko većih i manjih polja, koja imaju po par desetaka centimetara debeo pokrivač obradive zemlje, pomiješane sa kršjem i crvenicom.

TEKTONIKA

Područje Grebaštice i Primoštena izgrađuje nekoliko bora. Slojevi su većinom nagnuti prema sjevero-sjeveroistoku, što znači, da su bore većinom kose i polegale prema jugo-jugozapadu. Gornjokredni dolomiti i vapnenci tvore glavne uzdignute dijelove, a paleogenski slojevi glavne spuštene dijelove bora. Ti oblici su dijelom krmji, jer su utvrđeni rasjedni i navlačni odnosi.

U predjelu Grebaštice morfologija je u neposrednoj vezi s tektonikom i sastavom naslaga. Bokove doline čine krila sinklinale, a njenu unutrašnjost zapremaju kvrgasti lapori i kvartarni pokrivač. Položaj naslaga je općenito vrlo strm, a paleogenski slojevi u sjevernom krilu sinklinale su dijelom prevrnuti i podvlače se pod gornjokredne naslage. Suglasno tome pojavljuju se na sjevernoj strani kredni dolomiti i vapnenci u obliku asimetrične antiklinale ili se (promatrano u cjelini) pokazuje raskinuta forma bore. U sjeverozapadnom boku doline kredni i paleogenski slojevi stiješnjeni su u nekoliko uskih bora.

Između Primoštena i Kruševa kredne naslage se blago povijaju tvo- reći nekoliko manjih sinklinala i antiklinala. Tamo one čine vrlo široku zonu pretežno zaravnojenog terena s dva veća polja, brojnim vrtačama i malim uvalama. Neposredno uz obalu sjeverno i istočno od Primoštena zapaža se nekoliko oštro urezanih vododerina. Njihova orijentacija je također u vezi s tektonikom i to s određenim sistemima pukotina. Ovdje je erozija bila usmjerena i intenzivnija duž glavnih pravaca raspucanosti.

Sjeverno od široke zone dolomitno-vapnenih naslaga nalazi se isto tako široka zona gornjih rudistnih vapnenaca. Međutim za razliku od prethodnih, oni su pretežno izoklinalno borani. Reljef je ovdje jače razveden i karakteriziraju ga dugačke vododerine i grebeni, koji brazde suglasno s pružanjem slojeva i pukotina. Ovo je osobito zapaženo u zalivu Grebaštice, koji se duboko uvlači u kopno, a u njemu se kao i kod Primoštena nalaze brojni priobalni izvori.

Paleogenski slojevi i gornji rudistni vapnenci jugoistočno od Primoštena grade podinsko krilo velikog reversnog rasjeda - navlake.

HIDROGEOLOGIJA

Pojave slatke vode na istraživanom terenu su vrlo rijetke i jedini je izvor u unutrašnjosti kopna Kanela na sjevernom obodu Grebaštice. On je vezan na klastične taložine, a u hidrogeološkom smislu ima samo lokalno značenje. Površinski tokovi na ovom području su isključivo bujice za vrijeme iakih oborina.

Veći je broj priobalnih izvora i vrulja. Nalazimo ih duž čitave obale, ali su najzapaženije one pojave, koje su koncentrirane u nekoliko skupina, sjeverno i istočno od Primoštena i u zalivu Grebaštice (mjesto izvora su označena na karti). Te pojave nikada ne presuše i stoga upućuju na postojanje stalnih zaliha podzemne vode u unutrašnjosti. Ostalo je prema tome pitanje mjesta i načina kaptaze podzemnih voda, koje se ovako slobodno gube u more.

Spomenute pojave se nalaze u dijelovima terena izgrađenim gotovo isključivo od karbonatnih stijena gornje krede. Mjestimice ima nešto klastičnog nanosa u odnosnim uvalama, ali on nema značenja, zbog male debljine i ograničene rasprostranjenosti. Sjeverno od pojava izvora u zalivu Grebaštice dolaze eocenski klastični sedimenti. Međutim ni oni u dotičnom slučaju nemaju nikakve važnije hidrogeološke uloge, zbog nepovoljnih strukturnih odnosa; udaljeni su nekoliko stotina metara i slijede navise u sinklinalnom položaju s dnom sinklinale iznad nivoa mora (Geofriz. izvj., 1962). Isti sedimenti su jugoistočno od Primoštena u povoljnijem tektonskom odnosu, ali se plitko podvlače pod starije gornjokredne vapnenice. Prema tome, postavljeni hidrogeološki problem trebalo je dalje rješavati u okviru karbonatnih stijena gornje krede, u njihovom tektonskom položaju i stanju.

Obzirom na litološke karakteristike gornjokrednih naslaga moglo se prema iskustvu naslutiti, da su izmjenične naslage dolomita i vapnenaca, te osobito pločasti, škrljavci vapnenici, relativno manje propusni od debelo uslojenih rudistnih vapnenaca. To se kasnije pokazalo kao tačno.

U širem području antiklinorija istočno od Primoštena pločasti i škrljavci vapnenici izbijaju na površinu u tjemenu niza sekundarnih antiklinala. U terenu bližem obali, tj. u uvali Porat, ti vapnenici čine jedinstvenu prostranu zonu, a prema sjeveru sve više utonjuju (profil I-II, u prilogu). Takva tektonska situacija, uz gornje relativno stepenovane hidrogeološke karakteristike, objašnjava nam pojave izvora. Priobalni izvori u uvali Porat izbijaju iz škrljavih vapnenaca, pa se zapažaju u manjem broju i po kapacitetu su slabiji. Međutim, pojave u Podadragi nalaze se u dolomitno-vapnenim naslagama, pa su ti izvori brojniji i jači; u Podadragi relativno nepropusnije škrljave taložine dolaze u osnovi dolomitno vapnenih naslaga.

Dalje se postavlja pitanje, zašto su pojave priobalnih izvora Podadrage brojnije i jače od onih u Grebaštici, kad je uvala Grebaštice mnogo prostranija i dublje se nastavlja u kopno. Radi odgovora na to pitanje i dobivanja općenito boljeg uvida u okolnosti pojavljivanja izvora izvršeno je sistematsko mjerenje pukotina u užim dijelovima terena kod Primoštena i Grebaštice.

U zaleđu Podadrage registrirano je prevladavanje uzdužnih pukotina generalnog pružanja istok-zapad (X dijagram, u prilogu). Na taj način je omogućeno dotjecanje podzemne vode iz unutrašnjosti i njeno usmjerenje prema moru. Tome doprinosi pogodan sinklinalni položaj dolo-mitno-vapnenih naslaga i tonjenje pločastog facijesa vapnenaca u zoni od Prhova prema zapadu. U sekcijama bliže obali Podadrage zabilježeni su drugačiji sistemi pukotina (jedini je izuzetak VII. dijagram). Tamo čak nešto prevladava generalni pravac sjever-jug nad prije spomenutim istok-zapad. U ovdašnjim tektonskim i morfološkim okolnostima takve pukotine koncentriraju tokove sa bokova.

U uvali Grebaštica mikrotektonska situacija je gotovo suprotna onoj u Podadrugi. Iz priložena četiri dijagrama vidi se, da su maksimumi pružanja pukotina u sekcijama bliže moru (I i III dijagram) paralelni s pružanjem te uvale, dok su dalje u unutrašnjosti približno okomiti na nju (II i IV dijagram). Takav raspored pukotina može imati dvojaku posljedicu u gornjem dijelu te zone: 1) više koncentriran dotok vode s bokova prema osi doline i 2) nešto usporen tok podzemne vode duž gornjeg dijela doline. Obje posljedice su povoljne, pa se tako u gornjem dijelu doline može računati na izvjesne stalno prisutne količine vode. Međutim za razliku od prilika u Podadrugi, ovdašnja podzemna voda otječe u daljnjem nastavku doline odvojenim uzdužnim pukotinama. Osim toga ovdje nema ni nekog pogodnog povijanja naslaga. Duž uvale protežu se rudistni vapnenci (gornji), koji čine južno krilo sinklinala Grebaštica.

Prema izloženim pojedinostima, makro- i mikrotektonski podaci su omogućili objašnjenje izbijanja jačih priobalnih izvora u Podadrugi u odnosu na one u Grebašticu, a time je jasnije ukazano i na pravac slijedećih istraživanja.

U daljnja istraživanja uključena su geoelektrična ispitivanja metodom sondiranja i istražno bušenje. Obje metode, prvo geoelektrična, a zatim bušenje, trebale su dati konačne odgovore o postojanju podzemne vode u već zacrtanim dijelovima terena: u zaleđu Primoštena i u uvali Grebaštica.

Geoelektričnim ispitivanjem u zaleđu Primoštena izdvojene su dvije zone, u kojima postoje povoljni fizički uvjeti za nakupljanje podzemne vode. Jedna se nalazi u jugoistočnom produžetku uvale Porat, a druga istočno od Podadrage (odnosne zone su označene na karti). U uvali Grebaštica geoelektričnim ispitivanjem ustanovljen je dubok prodor morske vode u kopno (što je potpuno u skladu s mikrotektonskom situacijom na dijagramima I. i III.), a dalje u unutrašnjosti ograničena je zona s povoljnim uvjetima za formiranje rezervi slatke podzemne vode.

Unutar tako izdvojenih zona provedena su istražna bušenja. Ona su bila intenzivnija u Grebašticu, gdje su izrađene tri bušotine: GB-1, GB-2 i GB-3. S druge strane, u Primoštenu je izrađena samo jedna bušotina: P-1, jer je izvođenje istraživanja u njegovom zaleđu bilo skopčano sa znatnim teškoćama. Kod toga se prvenstveno misli na potrebu, da se izbjegne zona miješanja slane i slatke vode, a ta je zahtijevala povlačenje lokacije za istražno bušenje dublje u kopno. Međutim ovdje se kopno

na vrlo kratkoj relaciji naglo izdiže od obale prema unutrašnjosti, pa je bilo nužan izbor dublje bušotine.

Bušotina GB-1: nadmorska visina (kota) ušća bušotine, 36,18 m; dubina bušotine, 60,00 m; završni profil bušotine, 8⁵/₈ cola; ugrađeni filter od 34,85 do 39,73 m; dubina do vode, 34,00 m.

Bušotina GB-2: n. v. ušća buš., 30,77 m; dub. buš., 50,00 m; završni profil buš., 8⁵/₈ cola; ugrađeni filter od 27,00–32,18 m; dubina do vode, 29,10 m.

Bušotina GB-3: n. v. ušća buš., 59,03 m; dub. buš., 64,00 m; završni profil buš., 8⁵/₈ cola; ugrađeni filter od 56,00–61,00 m; dubina do vode, 41,60 m.

Bušotina P-1: n. v. ušća buš., 132,92 m; dub. buš., 160,00 m; završni profil buš., 305 mm; ugrađeni filter od 141,75–157,75 m; dubina do vode, 129,00 m.

Na sve četiri bušotine izvršena su probna crpljenja i to u X i XI mjesecu 1963 godine, kada je u ovim krajevima kulminirala sušna sezona. Odnosi kapaciteta i sniženja nivoa vode te promjena saliniteta prikazani su na dijagramima (u prilogu) i neće se posebno opisivati. Ovdje se daju samo završni rezultati:

Na bušotini GB-1: crpna količina (Q) iznosila je 2,5 l/sek; vrijeme crpljenja od 30. IX–10. XI; porast saliniteta od 310 na 350 mg Cl/l; sniženje vodostaja za 0,2 m. Kapacitet je bio ograničen mogućnostima crpke (crpenje u Grebaštici izvršeno je klipnom crpkom kapaciteta 2,5 l/sek).

Na bušotini GB-2: Q = 2,5 l/sek; vrijeme crpenja od 19. X–20. X, ukupno 36 sati; porast saliniteta od 550 na 620 mg Cl/l. Nije registrirano sniženje vodostaja, što znači, da je i ovdje kapacitet bio ograničen mogućnostima crpke.

Bušotina GB-3 je napuštena kao neproduktivna. Crpnom količinom od 0,3 l/sek nivo vode se je naglo obarao. Salinitet je bio 56 mg Cl/l.

Bušotina P-1 crpena je maksimalnom količinom od 0,42 l/sek, u vremenu od 24. X–1. XI. Porast saliniteta bio je od 160 na 210 mg Cl/l, a sniženje nivoa 15 m.

ZAKLJUČAK

Hidrogeološka istraživanja u području Grebaštice i Primoštena vršena su u nekoliko navrata, 1962 i 1963 godine. To je bio postepeni rad, koji je omogućio sukcesivno i višestrano upoznavanje litološkog sastava, tektonske građe i hidrogeoloških pojava.

Objašnjene su pojave triju glavnih skupina priobalnih izvora.

Najjači izvori se nalaze u uvali Podadruga, jer u njenom zaleđu postoji pogodna mikrotektonska situacija za dotok podzemne vode, a uz samu obalu odgovarajuća druga situacija, u kojoj se vrši usporavanje i koncentracija prispjelih tokova. Usmeravanju dotoka i koncentraciji uveliko doprinosi i ovdajšnja sinklinalna struktura i litološki sastav gornjokrednih naslaga.

Prema mikrotektonskim podacima iz Grebaštice, podzemna voda se može također smatrati usporenom i moguće su pojave njenog sakuplja-

nja, ali se takve prilike nalaze u gornjem dijelu uvale. U dijelu uvale bliže obali prevladavaju pukotine paralelne s pružanjem uvale, koje omogućuju odvojeno otjecanje. Tako su priobalni izvori u Grebaštici nešto slabiji od onih u Podadrugi.

Izvori u uvali Porat su kapacitetom najslabiji, jer izbijaju iz pločastih i škriljavih vapnenaca, koji su relativno najnepropusnije karbonatne stijene na ovom području.

Geoelektričnim ispitivanjem potvrđena su gornja zapažanja i dobiveni daljnji rezultati, na kojim su osnovane lokacije istražnih bušotina.

U Grebaštici su bušena tri bunara, od kojih su dva (GB-1 i GB-2) dala ukupno 5 l/sek vode, dok je treća bušotina bila negativna. Za vrijeme ispitivanja prvog bunara salinitet je bio maksimalno 350 mg Cl/l, a drugog 620 mg Cl/l. Obje vode odgovaraju u nuždi za upotrebu u sušnim krajevima, osobito ako se zajedno miješaju.

Prema dosadašnjim pozitivnim rezultatima može se zaključiti, da bi ova istraživanja trebalo nastaviti. Potrebno bi bilo izvršiti duža i kontinuirana crpenja na obje produktivne bušotine u Grebaštici. U daljnjem radu se ne bi smjela zanemariti ni zona Primoštena, samo na osnovu jedne bušotine. Ta zona je sigurno značajna obizrom na velike količine vode, koje se javljaju u uvali Podadruga.

Primljeno 23. 1. 1965.

*Institut za geološka istraživanja, Zagreb
Kupska 2.*

LITERATURA

- Kerner, F., (1897): Reisebericht aus der Gegend im Südosten von Sebenico. Verh. geol. R. A. Nr. 8. Wien.
- Kerner, F., (1898a): Die geologischen Verhältnisse der Mulden von Danilo und Jadrtovac bei Sebenico. Verh. geol. R. A. Nr. 2. Wien.
- Kerner, F., (1898b): Über das Küstengebiet von Capocosto und Rogošnica. Verh. geol. R. A. Nr. 9 und 10. Wien.
- Kerner, F., (1902): Erläuterungen zur geologischen Karte Sebenico-Trau. Geol. Reichsanst. Wien.
- Kranjec, V., (1959): Prilog geologiji područja Šibenik-Vinišće. Geol. vjesnik, 12, Zagreb.

Iz fonda stručnih dokumenata

- Kranjec, V., (1956): Geološko kartiranje područja Šibenik-Rogošnica. Izvj. Arhiv Inst. za geol. i rud. Zagreb.
- Babić, Ž. i Rajčević, B., (1962): Geološka i hidrogeološka istraživanja područja istočno od Primoštena. Izvj. Arhiv Inst. za geol. i rud. Zagreb.
- »Geofizika«, (1962): Geoelektrična ispitivanja. Grebaštica, kraj Šibenika. Izvj. Arhiv poduz. »Geofizika«. Zagreb.
- »Geofizika«, (1962a): Geološko-strukturno i hidrološko bušenje. Teren Grebaštica. Izvj. Arhiv poduz. »Geofizika«. Zagreb.
- Babić, Ž. i Miletić, P., (1963): Geološka i hidrogeološka istraživanja u dolini Grebaštice. Izvj. Arhiv Inst. za geol. i rud. Zagreb.
- »Geoistraživanja«, (1963): Vodoistražni radovi u području Grebaštica-Primošten. Probno crpljenje. Izvj. Arhiv poduz. »Geoistraživanja«, Zagreb.

V. KRANJEC, P. MILETIĆ, Ž. BABIĆ,
V. CUKOR and B. RALJEVIĆ

ABOUT HYDROGEOLOGICAL INVESTIGATIONS IN THE AREA
OF GREBAŠTICA AND PRIMOSTEN (DALMATIA)

There are two reasons why the exploitation of fresh water are very difficult in the karst region of the Adriatic coast. The first one is that the jointing and karstification of rocks are excessively irregular and the location of a well is always connected with the risk of drilling a dry hole or obtaining a very poor yield. The second is the danger of the salinization of fresh water arising from the vicinity of the sea.

An investigation for groundwater in the area of the tourist town of Primošten, under the above-mentioned conditions, is described in the preceding paper. Combined investigations, including geological mapping, analysis of microtectonic features, geoelectric measurements, and exploratory drilling, have been performed in this area (see suppl. No 1).

The existence of sinclinal and anticlinal folding was established in Upper Cretaceous limestones and dolomites. As a result of such a structure, and by means of fine sheeted limestones intercalated in Upper Cretaceous rocks, as well as of a pattern of fissures, the groundwater flows are concentrated in the direction of the Grebaštica and Podadruga bays.

Geoelectrical investigations performed on the mentioned locations made it possible to select the sites for drilling on both locations. Four wells were drilled there: three at Grebaštica and one at Primošten. The wells at Grebaštica are about 50-60 m. deep. The well GB-3 was abandoned as a dry one, but the other two produced 2.5 l/sec. of water each. The salinity was 300 mg. Cl/l in GB-1 and 620 mg. Cl/l in GB-2, and the decrease of groundwater level was inconsiderable and amounting to 0.2 m. Both yields were limited by the capacity of the pump.

The well P-1 at Primošten is 160 m. deep and the depth to water is 129 m. It produced 0.42 l/sec of fresh water with a decrease of 15 m. of the groundwater level. This indicates clearly that the selected location has been a poor one.

The fresh water investigations at Primošten and Grebaštica cannot be regarded as complete, but taking into consideration the particular conditions of exploration and exploitation, it can be concluded that the performed works have given good results.

Received 23th January 1965.

*Institute of Geological Research,
Zagreb, Kupaska 2*