

VODOISTRAŽNI RADOVI
NA TERMALNU VODU SUTINSKIH VRELA
KOD PODSUSEDA KRAJ ZAGREBA

S 5 tabla u prilogu

Nakon sistematskih hidrogeoloških i geofizičkih istraživanja termalnih Sutinskih vrela kod Podsuseda, pristupilo se istražnom bušenju da bi se pronašla mogućnost dubljeg zahvata termalnih voda veće temperature i izdašnosti od postojećih prirodnih izvora.

1. UVOD

U neposrednoj blizini Zagreba, na jugozapadnom dijelu Zagrebačke gore, nalazi se turistički veoma interesantan kraj, poznat pod imenom Sutinskih vrela kod Podsuseda.

Gorjanović-Kramberger D. spomenuo je (1908) da se na početku Sutinske doline nalazi mlačno vrelo s temperaturom od 18° C. Isti autor tu pojavu kao i ostale pojave termalne i sumporne vode okoline Zagreba smatra postvulkanskim pojavama, a veže ih na velike tektonske lomove duž sjeverozapadnog i jugoistočnog podnožja Zagrebačke gore.

Velika blizina Zagreba stavlja to područje u prvi plan kao perspektivno izletišta građana Zagreba. Zbog toga je Turističko društvo »Susedgrad« iz Podsuseda odlučilo, da se na području Sutinskih vrela provedu sistematski istražni radovi na termalnu vodu. Neovisno o provedenim vodoistražnim radovima već je 1960. g. izvršio Hidrometeorološki zavod Hrvatske jednokratno mjerenje kapaciteta i temperature prirodnih izvora.

Vodoistražni radovi su započeli 1962. godine hidrogeološkim snimanjem šireg područja Sutinskih vrela u mjerilu 1 : 10.000, po V. Kranjcu. Pojave izvora termalnih i hladnih voda prikazane su po istom autoru na karti mjerila 1 : 500. O tome radu napisan je poseban izvještaj, koji je kasnije i publiciran (Kranjec, 1963).

G. 1963. nastavlja poduzeće »Geofizika« vodoistražne radove geoelektričnim i geotermičkim ispitivanjima užeg područja termalnih vrela Sutinske doline. Nakon studijske obrade podataka dobivenih hidrogeološkim snimanjem i geofizičkim ispitivanjem (Despotović-Vidović, 1963) pristupilo je isto poduzeće 1964. godine istražnom bušenju radi utvrđivanja mogućnosti zahvata termalnih voda na većoj du-

bini (Pollak, 1964). Smatralo se, da će se na taj način dobiti veća količina termalne vode od one koja izbija u obliku brojnih izvora na površinu.

2. PRIKAZ RADA I ISPITIVANJA

Lokacija prve strukturno-osmatračke bušotine određena je nešto sjevernije od kontakta trijaskih i miocenskih sedimenata, te ima oznaku PTK-1. Broj bušotine znači ujedno i redosljed kojim je vršeno bušenje na ovom i ostalim lokalitetima. Izbušene su 3 strukturno-pijezometarske bušotine od 25–42 m dubine, jedna osmatračka bušotina od 2,5 m, pokusni bunar od 37 m, te eksploatacioni bunar dubine 58 m. Po završetku svake pojedine bušotine izvršena je determinacija nabušenih sedimenata, izvedena ugradnja kaptažnih cijevi. Stanoviti broj uzoraka nabušene jezgre analiziran je paleontološki i petrografski. Nakon završetka čišćenja i osvajanja vodonosnog horizonta započelo se sa ispitivanjem izdašnosti bušotina uz osmatranje na ostalim izvedenim bušotinama i prirodnim izvorima. U toku ispitivanja bušotina PTK-1 i PTB-1 uzimani su uzorci vode za kemijsku, bakteriološku i skraćenu balneološku analizu.

3. HIDROGEOLOGIJA

Prema Kranjcu (1963) preodio oko Podsuseda i Sutinskih vrela izgrađuju naslage trijasa, tercijsara i kvartara.

Trijas je zastupljen gromadastim, drobljivim i pretežno nejasno uslojenim tamno i svjetlosivim dolomitima, koje nalazimo na sjeverozapadnoj strani Goljaka, na mjestima Sutinskih kamenoloma, na Gori, više Sv. Martina i Suhodolu. Tercijarni sedimenti predstavljaju rubne naslage. Oni gotovo opkoljuju trijasku dolomitu, a slijede na njima periklinalno. Imaju raznolik sastav: breče, konglomerati, pješčenjaci, vapnenci i lapori. To su obalne, plitke i dubokovodne taložine. Uz čisto marinske dolaze brakični i slatkovodni slojevi. Tercijar je zastupljen svojim mlađim dijelom (neogen). Kartirane jedinice pripadaju tortonu, sarmatu i panonu. Kvartarne tvorevine – čine holocenske naplavine i nanosi koji dolaze u dolini Dolje potoka i na zaravnjenim površinama (Savska nizina).

Bušotine PTK-1, PTK-2 i PTK-3 nabušile su pod rječnim nanosom trijaski dolomit. Strukturna bušotina sa oznakom PTK-4 locirana je južno od kontakta trijasa i miocena registriranog na površini. Determinacijom jezgre određen je kontakt na tom mjestu na dubini od 33,35 m. Nabušena jezgra je mikropaleontološki i petrografski analizirana. Tercijarni sedimenti su tortonske starosti. Tortonski lapori u blizini transgresivnog kontakta pokazuju obogaćenje kalcijском komponentom. Dolomitični pijesci u bazi tortonske transgresije posjeduju glaukonit, čije prisustvo označava plitkomorsku sredinu sedimentacije. Ispitivanje zaobljenosti zrna dolomitičnih pijesaka govori o slabom transportu tih materijala. U neposrednoj blizini lokacije strukturne bušotine PTK-4 izbušen je bunar PTB-1.

Značajnu ulogu na ispitivanom području imaju tektonski procesi, kojima je kod geološkog istraživanja posvećena osobita pažnja. Snimane su pukotine na nekoliko karakterističnih lokaliteta, te izrađeni dijagrami pukotina. Kranjec (1963) smatra da je sama dolina tektonskog porijekla, a izvori pukotinski, tj. oboje je vezano na odnosne rasjede. Svi izvori se pojavljuju u dnu doline – vododerine, na određenoj lomnoj liniji i samo unutar rasprostranjenosti dolomita, koji su ovdje osobito poremećeni (prevrnuti) i raspucani.

Jaka razlomljenost trijaskih dolomita zapažena je na jezgri pri bušenju svih istražnih bušotina.

Sve sedimentne stijene, koje su zastupljene na užem području vodoistražnih radova, mogu se prema hidrogeološkim karakteristikama podijeliti u nekoliko hidrogeoloških jedinica:

- vodonepropusni sedimenti – lapori i laporoviti vapnenci tortona;
- izmjena vodopropusnih i vodonepropusnih sedimentata – rječni nanos holocena;
- vodopropusni sedimenti – razlomljeni dolomiti trijasa.

Na tabli II je prikazan hidrogeološki profil istraživanog područja.

Područje izvorišta Sutinskih vrela je zastupljeno sa dva vodonosna horizonta (holocenski depozit i trijaski dolomit). Osmatračkom bušotinom PTP-1 kaptiran je rječni nanos, čija podzemna voda ima slobodnu površinu. Nivo podzemne vode nalazio se u vrijeme ispitivanja na dubini od 0,70 m, u odnosu na kotu terena.

Na ostalim bušotinama nabušen je pod rječnim depozitom vodonosni dolomit. Tim je bušotinama kaptirana ukliještena podzemna voda arteškog tipa. Statički nivo ukliještene podzemne vode nalazi se na ispitivanim bušotinama u prosjeku 7 m iznad kote tla. Na tabli I prikazana je situacija istražnih bušotina. Za cijelo vrijeme istraživanja vršeno je mjerenje izdašnosti izvora, te registriranje temperature vode i zraka. Posebno je promatrana temperatura potoka Dolje uzvodno i nizvodno od izvorišta termalne vode.

Na tabeli III dajemo grafički prikaz tih odnosa.

Iz dijagrama se može vidjeti da izvorište tople vode bitno utiče na promjenu temperature vode površinskog toka. Prema tome, značajan je udio dubljih termalnih voda u prihranjivanju površinskog toka Dolje potoka.

Uz registriranje temperatura zraka i vode vršeno je i mjerenje izdašnosti prirodnih izvora i izvedenih bušotina u periodu od 18. III do 29. IV 1964. Radi bolje preglednosti daju se ti podaci tabelarno.

Podaci o prirodnim izvorima:

Broj izvora	Kapacitet (l/sek)	Srednja temperatura (°C)
2	2,3	17,0
3	1,8	18,8
4	1,5	18,5
5	3,5	19,0
6	0,9	20,5
7	1,4	21,0
8	2,1	22,4
Ukupno:	13,5 l/sek	

Podaci o podzemnoj vodi na bušotinama:

Oznaka bušotine	Kapacitet (l/sek)	Srednja temperatura (°C)
PTK-1	9,8	21,9
PTK-2	5,0	20,6
PTK-3	1,0	22,1
PTK-4	1,0	24,2
PTB-1	6,0	24,2
Ukupno:	22,8 l/sek	T _{sr} : 22,3°C

Iz navedene tabele se razabire da bušotine PTK-4 i PTB-1, a to znači bušotine kojima je nabušena termalna voda sa dobro izolirajućom krovinom miocenskih lapora imaju znatno više temperature od termalnih voda koje su nabušene u dolomitima kroz rječni nanos.

Prema balneološkoj klasifikaciji, kojom je limitirana donja granica za termalne vode sa 20° C, proizlazi da se termalnim mogu smatrati od prirodnih izvora samo lokacije izbijanja tople vode označene br. 6-8. Ukupni njihov kapacitet iznosi 4,4 l/sek.

Ukupni kapacitet nabušene termalne vode iznosi 22,8 l/sek, a to znači gotovo pet puta više od ukupnog kapaciteta prirodnih izvora termalne vode.

Termalne vode iz većih dubina vodonosnih dolomita probijajući se prema površini zalaze u rječni nanos te na mjestima tanjeg holocenskog nepropusnog pokrivača izbijaju na površinu stvarajući izvore. O intenzitetu miješanja toplih voda sa hladnima rječnog nanosa ovisi konačna temperatura izvora. Njihova temperatura oscilira (0,5–1,2° C), dok u manjoj mjeri osciliraju temperature nabušenih podzemnih voda sjeverno od kontakta trijas–miocen (0,3–0,9° C), a gotovo konstantne su temperature podzemnih voda trijaskih dolomita zaštićenih nepropusnim tortonskim sedimentima. (Oscilacije temperature do 0,3° C.) Mora se spomenuti, da se ovi podaci odnose na jedan kraći vremenski period u kojemu su vršena istraživanja.

Vidimo da su maksimalne temperature nabušene podzemne vode 24,2° C. Srednja godišnja temperatura zraka u Zagrebu prema podacima Hidrometeorološkog zavoda iznosi 11,6° C. Ako pretpostavimo geotermički gradijent od 3° C na 100 m dubinskog intervala, dobit ćemo da termalna voda dolazi sa dubine od 400 m. Ta dubina je vjerojatno veća, jer je posve sigurno, da se podzemna voda na svom putu prema površini postepeno hladila.

U okviru vodoistražnih radova vršena su i orijentacijska hidrokemijska ispitivanja. Svi analizirani uzorci pokazuju da se po svom kemijskom sastavu vode veoma malo razlikuju.

Radi bolje preglednosti dajemo neke karakteristične vrijednosti kemijskih analiza tabelarno:

Komponenta kemijske analize	Analizirani objekat				
	PTB-1	PTK-1	PTK-2	PTK-3	Izvor 3
Isparni ostatak (mg/l)	443,0	300,0	456,0	421,0	418,0
Ukupna tvrdoća (°dh)	19,3	19,3	20,8	20,7	21,2
pH	7,3	203,8	7,4	7,2	7,2
Kalcijum ion (mg/l)	207,5	139,3	221,2	216,8	231,4
Magnezijum ion (mg/l)	135,4	7,3	151,1	154,4	147,3
Klorid ion (mg/l)	6,9	5,9	5,9	4,9	4,9
Sulfat ion (mg/l)	44,1	36,0	34,9	42,2	51,8

Vode su male mineralizacije, kalcijsko-magnezijsko-karbonatnog tipa sa nešto povišenom količinom sulfat iona, dakle podzemne vode čiji sastav govori o dolomitičnom vodonosnom horizontu. Karakterističan odnos CaCO_3 (54%) i MgCO_3 (46%) komponente sadržane u dolomitu nije održan i u vodi Sutinskih vrela. CaCO_3 komponenta je naglašenija, iako je topljivost dolomita veća od kalcita. To se može objasniti time što je dolomit snažno izlomljen, pun pukotina koje su sekundarno djelomično ispunjene CaCO_3 supstancom. Isparni ostatak analiziranih uzoraka kreće se od 300 do 456 mg/l. Ukupna tvrdoća u °dh ima vrijednosti 19,3–21,2. Prema Klutovoj skali to su dosta tvrde vode. Kao nadopuna kemijskim analizama izvršeno je orijentacijsko balneološko ispi-

tivanje. Svi analizirani uzorci bušotina i prirodnih izvora pokazuju malu radioaktivnost – u prosjeku 1,80 MJ. Iznimku čini prirodni izvor označen br. 6 čija je radioaktivnost 18,0 MJ. Ponovljena balneološka analiza dala je iste rezultate.

Može se pretpostaviti da, iako su dolomiti razlomljeni, ipak do tog izvora postoji manje-više posebni hidraulički sistem. Kako po međunarodnoj klasifikaciji jedino tu vodu možemo klasificirati u red radioaktivnih voda, ta je pojava vrijedna pažnje za narednu fazu istražnih radova.

4. PODZEMNA HIDRAULIKA

Termalna voda istraživanog područja se nalazi pod pritiskom, te je zbog toga provedeno ispitivanje bušotina sa tri različita pritiska uz odgovarajuće izdašnosti (Tabla IV). Takav način ispitivanja proveden je i zbog toga, jer je postojala mogućnost da se, u slučaju sniženog dinamičnog nivoa ispod kote tla, bitno poremeti hidrogeološka ravnoteža, koja postoji između hladnih i termalnih podzemnih voda na području Sutinskih vrela. Na ovaj je način ispitana strukturna bušotina PTK-1 i bušeni bunar PTB-1. Ovdje se daje prikaz ispitivanja bunara PTB-1. Tabelarno po fazama ispitivanja to izgleda ovako:

	Sniženje s (m)	Izdašnost Q (l/sek)	Spec. izdašnost q (l/sek/m ²)
I faza ispitivanja	2,20	2,0	0,93
II faza ispitivanja	4,70	4,1	0,86
III faza ispitivanja	7,20	6,0	0,83

Kao baza za te podatke poslužilo je neprekidno registriranje izdašnosti nivoa i temperature zraka i vode u toku ispitivanja. Na tabli IV dat je grafički prikaz navedenih vrijednosti u zavisnosti o vremenu. Iz tog dijagrama se razabire kako dnevne oscilacije temperature uopće ne utiču na konstantnost temperature nabušene podzemne vode.

Isti podaci koristili su se kod izrade dijagrama izdašnosti i specifične izdašnosti u zavisnosti o ostvarenom sniženju za podzemne vode pod pritiskom. Tablom V prikazana je grafički ta zavisnost. Na navedenom prilogu se razabire idealan, gotovo teoretski oblik krivulje izdašnosti i specifične izdašnosti karakterističan za arteške vode. Bunar PTB-1 ispitivan je uz maksimalno sniženje do ušća ugrađenih cijevi, što se u ovom slučaju podudara sa kotom terena.

Međusobni uticaj ispitivanih bušotina. Uska Sutinska dolina uslovlila je relativno malu međusobnu udaljenost ispitivanih

bušotina. Za vrijeme ispitivanja bunara PTB-1 opažani su i ostali vodni objekti.

Kod ispitivanja trećom fazom, kod koje je dinamički nivo na PTB-1 bio za 7,2 m niži u odnosu na statički nivo, registrirano je sniženje na bušotini PTK-1 od 0,20 m. Ti podaci upućuju na to da će se ukupna izdašnost pojedinačno eksploatiranih bušotina nešto razlikovati od ukupne izdašnosti pri paralelnom crpljenju bušotina. Zbog dobivanja generalne slike o međusobnom uticaju bušotina dajemo orijentacijski proračun po metodi M. E. Aljtovskog (1962), jer paralelno ispitivanje nije bilo provedeno.

Za proračun međusobnog uticaja bit će korišćene slijedeće vrijednosti:

Oznaka bušotine	Izdašnost Q' (1/sek)	Sniženje s (m)	Spec. izdašnost q' (1/sek/m')	Sniženje (t) za crpljenje PTB-1 (m)
PTK-1	$Q_1' = 9,8$	$s_1 = 6,60$	$q_1' = 1,40$	0,20
PTB-1	$Q_2' = 6,0$	$s_2 = 7,20$	$q_2' = 0,83$	

Koeficijent smanjenja izdašnosti iznosi:

$$\alpha_1 = \frac{t}{s_2} = 0,028$$

$$\alpha_2 = \frac{t}{s_1} = 0,03$$

Budući da su vrijednosti α_1 i α_2 bliske, koristiti će se veća a to je $\alpha_2 = 0,03$. Uvrštavajući tu vrijednost dobit ćemo:

$$q_1'' = q_1' (1 - \alpha_2) = 1,40 (1 - 0,03) = 1,36 \text{ l/sek};$$

$$q_2'' = q_2' (1 - \alpha_2) = 0,83 (1 - 0,03) = 0,80 \text{ l/sek}.$$

Kod sniženja od 6,0 m na oba bunara, što se može ostvariti postojećom konstrukcijom bunara, biti će im izdašnost:

$$Q_1'' = s \cdot q_1'' = 6,0 \cdot 1,36 = 8,2 \text{ l/sek};$$

$$Q_2'' = s \cdot q_2'' = 6,0 \cdot 0,80 = 4,8 \text{ l/sek}.$$

$$\text{Ukupno: } 13,0 \text{ l/sek}.$$

Kada kod paralelne eksploatacije bušotina ne bi bilo međusobnog uticaja, bila bi ukupna izdašnost:

$$\Sigma Q' = 6,0 \cdot 1,40 + 6,0 \cdot 0,83 = 13,4 \text{ l/sek}.$$

Na račun uzajamnog djelovanja smanjena je ukupna izdašnost promatranih bušotina za

$$100 \frac{13,4 - 13,0}{13,4} = 3\%$$

Kako međusobna udaljenost bušotina PTK-1 i PTB-1 iznosi 51 m, procentualno smanjenje izdašnosti je veoma mala vrijednost. Nepogodno je samo to što je dolina Sutinskih vrela prilično uska, te ne dozvoljava veći broj eksploatacionih bunara na dovoljnoj udaljenosti. Manja međusobna udaljenost bunara bez sumnje bi uvjetovala veći procenat smanjenja ukupne izdašnosti na eksploatacionom polju.

5. PREGLED REZULTATA

Determinacijom nabušenih sedimenata te odgovarajućim mikropaleontološkim i petrografskim analizama dokazano je, da se na području izvorišta pod rječnim nanosom nalaze u kontaktu razlomljeni dolomiti trijasa sa laporima i vapnencima tortona.

Utvrđena su dva vodonosna horizonta. Prvi predstavlja plitku podzemnu vodu rječnog nanosa, dok drugi znači dublju podzemnu vodu. Intenzitetom miješanja, hladnih plitkih voda rječnog nanosa i termalnih dubljih voda, dirigirana je temperatura prirodnih termalnih izvora.

Statički nivo podzemne vode rječnog nanosa slobodne površine nalazio se u vrijeme istraživanja na dubini od 0,70 m, u odnosu na razinu tla. Prirodni termalni izvori vrše znatan uticaj na promjenu temperature vode potoka Dolje (porast temperature od cca 5° C).

Drugi vodonosni horizont razlomljenih trijaskih dolomita ima uklještenu podzemnu vodu arteškog tipa. Nabušena podzemna voda tog horizonta ima pritisak, koji je uslovio da se statički nivo nalazi 7 m iznad kote terena.

Osnovna ispitivanja hidrogeoloških svojstava vodonosnog horizonta termalne vode vršena su na dvije bušotine. Prvom (PTK-1) je kaptiran vodonosni sloj odmah pod rječnim nanosom. Slobodnim istjecanjem na visini od 0,68 m iznad tla postignuta je izdašnost od 9,8 l/sek uz temperaturu od 21,8° C. Drugom bušotinom (PTB-1) kaptiran je vodonosni horizont – trijaski dolomit, pod nepropusnim laporovitim pokrivačem miocena. Slobodnim istjecanjem u razini tla postignuta je izdašnost od 6,0 l/sek uz temperaturu od 24,2° C. Specifična izdašnost PTK-1 iznosi 1,40 l/sek/m', dok je na bunaru PTB-1 0,83 l/sek/m'. Teoretskom obradom na bazi pokusnog crpljenja bunara PTB-1 dobijen je računom međusobni uticaj svih bušotina. Kod istovremene eksploatacije uz sniženje od 6,0 m predviđeno je smanjenje ukupne izdašnosti od 3%. Ukupni kapacitet svih prirodnih izvora iznosi 13,7 l/sek. Po balneološkoj klasifikaciji, gdje je donja granica za hipotermalne vode 20° C, ukupni kapacitet vode prirodnih izvora iznosi 4,6 l/sek, dok prema pojedinačnoj izdašnosti svih bušotina ukupni kapacitet iznosi 22,8 l/sek sa srednjom temperaturom 22,3° C.

Vode iz bušotina veoma se malo razlikuju po svom kemijskom sastavu od vode prirodnih izvora. Voda Sutinskih vrela može se smatrati hipo-

termalnom, a pripada kalcijsko-magnezijsko-karbonatnom tipu podzemnih voda, karakterističnih za vode dolomitičnih stijena. Te su vode niske mineralizacije (300–456 mg/l) i male radioaktivnosti (1,8 MJ). Prirodni izvor br. 6 ima radioaktivitet od 18 MJ, te se jedino taj izvor može tretirati kao radioaktivan.

Vjerojatno je da će za korištenje termalne vode trebati veće količine od postignutih, a to bi se moglo postići bušenjem novih bunara. Kod toga treba u svakom slučaju računati sa jačim međusobnim uticajem bunara, jer je dolina Sutinskih vrela veoma uska. Ne bi trebalo ispustiti iz vida niti pojavu radioaktivnog prirodnog izvora (označenog brojem 6), te provesti njegovu kaptažu. U svakom slučaju bi, prije stalnog korištenja termalne vode, trebalo sa strane kompetentnih institucija odrediti širi i uži zaštitni rajon.

Na kraju zahvaljujemo svima koji su nam omogućili da se ovaj rad objavi, posebno Turističkom društvu »Susedgrad« i poduzeću »Geofizika«. Za korisne savjete napose zahvaljujemo dr inž. V. Kranjcu, mr inž. A. Magdaleniću te inž. N. Vidović-Despotović, kao i suradnicima Balneološkog instituta u Zagrebu.

Primljeno 5. 11. 1965.

»Geofizika«
Zagreb. Kupuska 2

LITERATURA

- Aljto vski, M. E. 1962: Spravočnik gidrogeologa. Gosgeoltehzdat – Moskva.
Despotović - Vidović, N., 1963: Geofizička ispitivanja – Sutinska vrela. Fond dokumenata »Geofizika« Zagreb.
Gorjanović - Kramberger, D., 1908: Tumač geološkoj karti Zagreb. Geološka karta Zagreb. Zagreb.
Kranjec, V., 1963: Sutinska vrela – hidrogeološki izvještaj. Geol. vjesn. 17. Zagreb.
Pollak, Z., 1964: Vodoistražni radovi – Termalna Sutinska vrela. Podsused. Fond dok. »Geofizika« – Zagreb.

Z. POLLAK and M. ZGAGA

HYDROGEOLOGICAL INVESTIGATIONS OF THE THERMAL WATER OF SUTINSKA VRELA IN PODSUSED AREA NEAR ZAGREB

Not far from Zagreb, near Podsused, there are well known thermal springs – Sutinska vrela.

The »Susedgrad« Tourist Office, Podsused, organized systematic hydrogeological investigations which were carried out by The »Geofizika« enterprise, Zagreb. The purpose of these investigations was to find out the best kind of thermal underground water catchment.

When geological and geophysical works were over, the drilling of four wells began, whose depth ranged from 25.0 m. to 27.50 m. Core samples were analysed in order to get some more data about paleontological and petrographical characteristics of the sediments, and a contact between Trias's cracher dolomites and Miocen's marls, under

fluvial drift, was determined. Each bore hole was treated as an observation well, to collect data about the underground water conditions. By means of these investigations, it was possible to define two underground water horizons.

The shallow one is connected with the fluvial deposit, has an unconfined water table, the temperature of this underground water is below 20° C, and the water table is 0.70 m under the surface.

The deeper one has a confined water table with ground water pressure of some 7 m above surface. This artesian water has temperature up to 24.2° C.

Basic examination of ground water hydrology was carried out on two wells (PTK-1 and PTB-1). The influence between both wells was estimated theoretically. The reduction of total yield during their parallel pumping was 3%.

The total capacity of 7 most important natural springs was 13.7 l/sec, while the total capacity of the drilled wells with artesian overflow was 22.8 l/sec and 22.3° C in average.

The chemical composition of analysed ground water samples was very similar. The ground water of the investigated area belongs to Ca^{++} , Mg^{++} , CO_3^- - kind of water with low mineralization (300-456 mg/l) and a slight radioactivity (1.8 MU). An exception is the natural spring No. 6, which excels in its radioactivity (18 MU). It can be foreseen that in the future the needs on artesian thermal ground water will exceed the present yield. This implies new well drilling in the Sutinska vrela valley. With extended exploration an increase of mutual influence among the wells can be expected.

Received 5th November, 1965.

Enterprise »Geofizika«
Zagreb, Kupaska 2

TABLA - PLATE I

Situacija istraživanog područja

1. granica između dolomita i lapora (granica pokrivena holocenom); 2. položaj sloja; 3. kaptirani izvor; 4. izvor, bunar; 5. strukturno-pijezometrijska bušotina; 6. pokusni bunar; 7. osmatračka bušotina; 8. lokacija mjerenja temperature potoka, A-A hidrogeološki profil.

Situation in the Investigated Area

1. boundary between dolomite and marl (boundary covered with holocen); 2. strike and dip of bedding; 3. spring with captage; 4. spring, well; 5. structural-piezometric borehole; 6. test well; 7. observation boreholes; 8. location of measuring temperature of brook; A-A hydrogeological profile.

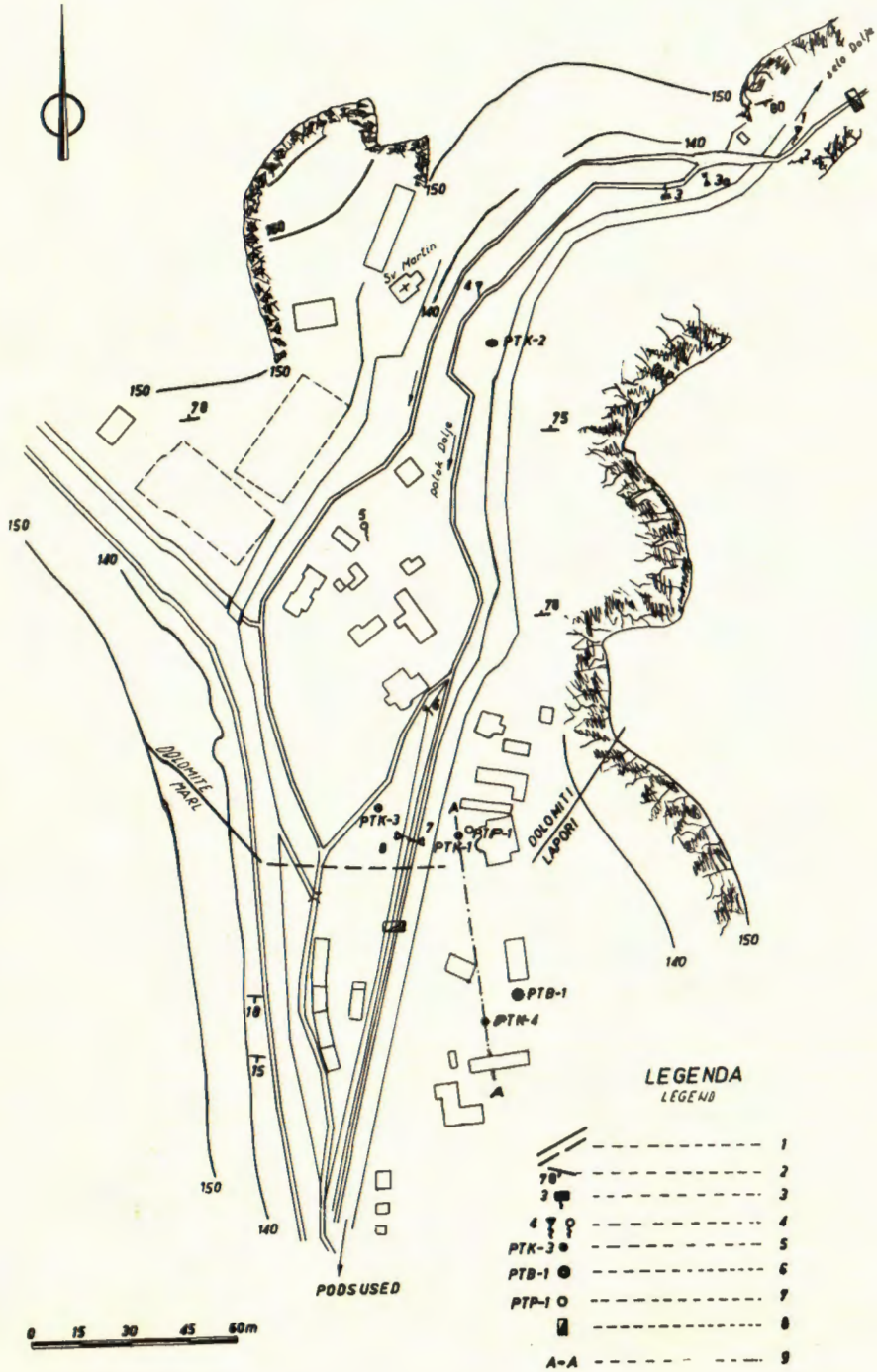
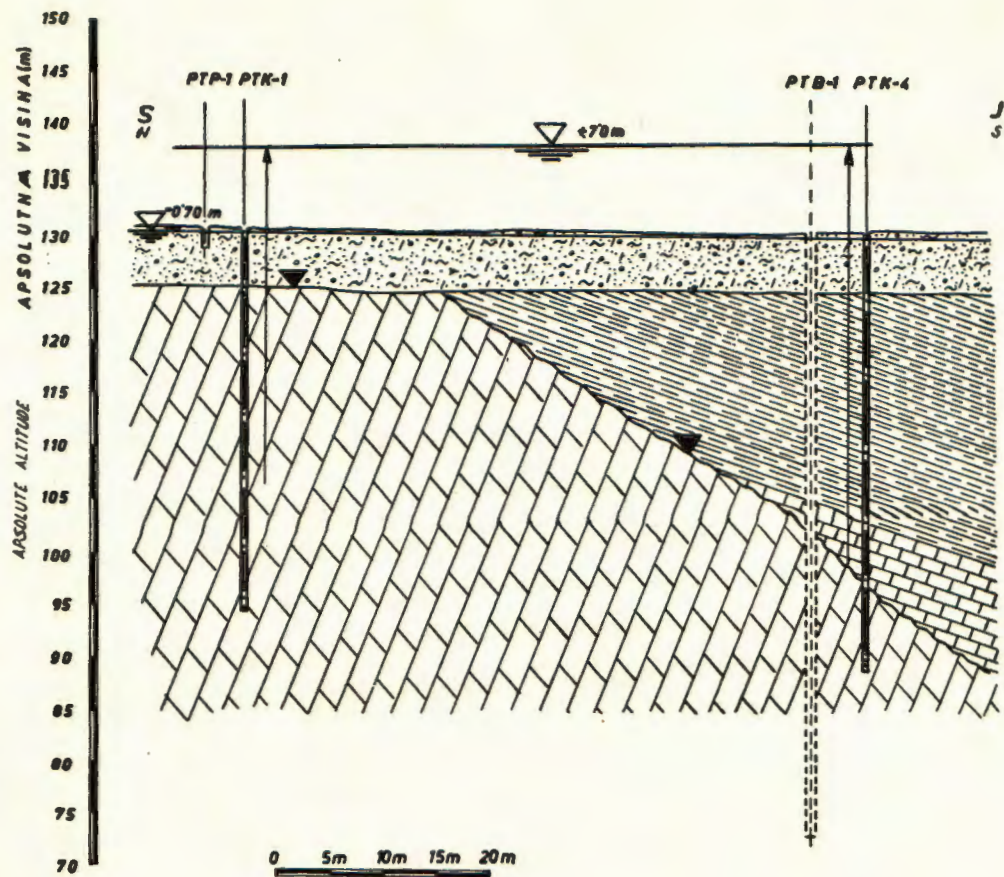


TABLA - PLATE II

Hidrogeološki profil Sutinskih vrela - Podsused
Hydrogeological Profile of Sutinska vrela - Podsused



LEGENDA

LEGEND

-  šljunak, pijesak, gline
(slabo vodopropusna)
gravel, sand, clay - (weakly pervious)
-  Lapir
(vodonepropusna)
Marl - (impermeable)
-  Vapnenac laperevit
(vodonepropusna)
Marly limestone - (impermeable)
-  Dolomit
(vodopropusna)
Dolomite - (pervious)
-  Tektonsko erozijska
diskordanca
tectonic unconformity
-  podzemne vode
ground water static level
-  krevina vodomosnih
horizonta
hanging wall of water bearing
horizon

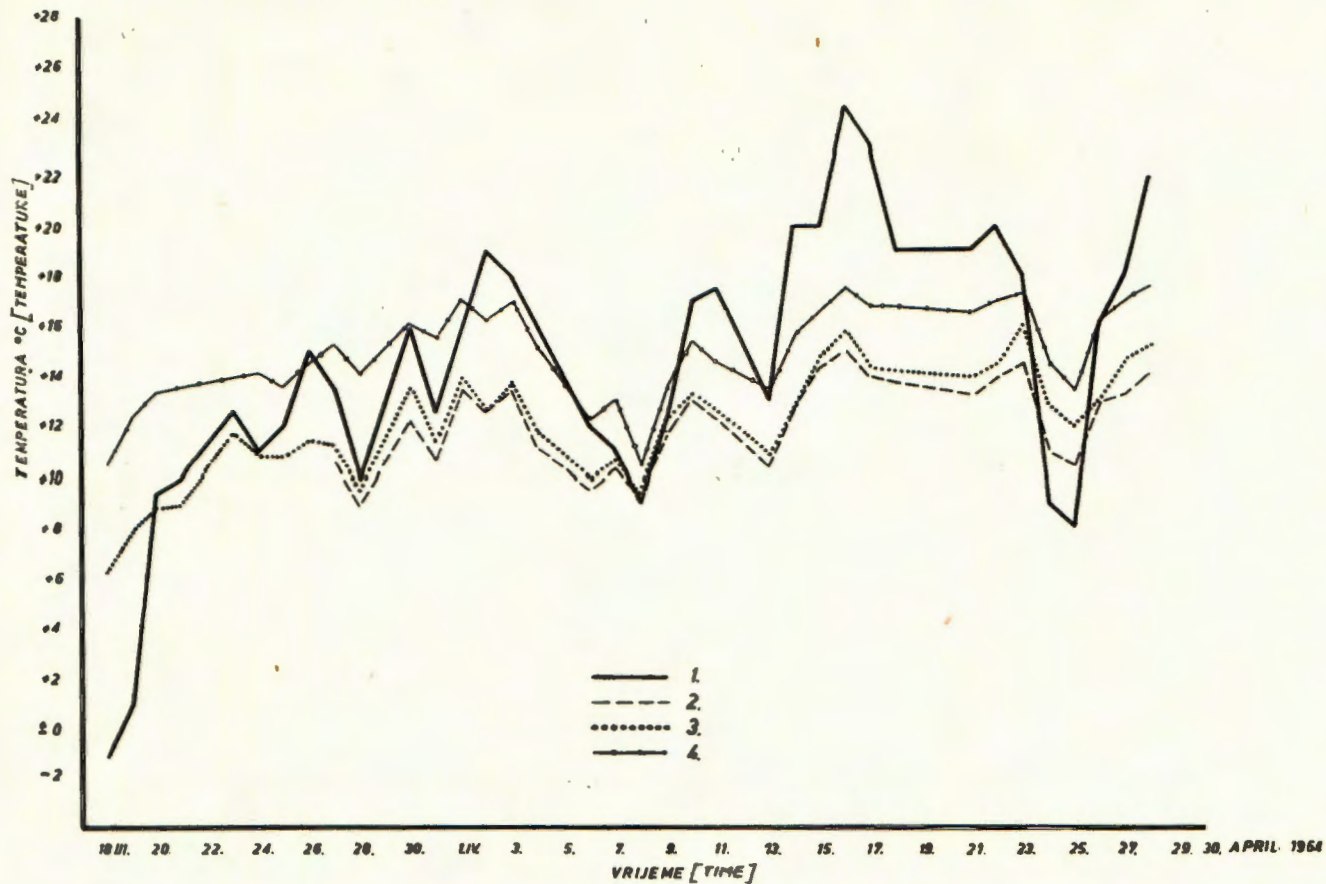
TABLA - PLATE III

Prikaz oscilacija temperatura zraka i vode potoka Dolje kod Sutinskih vrela - Podsused

1. temperatura zraka; 2. temperatura potoka 320 m uzvodno od kontakta tercijar-trijas; 3. temperatura potoka 250 m uzvodno od kontakta tercijar-trijas; 4. temperatura potoka 50 m nizvodno od kontakta tercijar-trijas.

Report on the Temperature Fluctuation of the Air and Water of the Dolje Brook by Sutinska vrela - Podsused

1. temperature of the air; 2. temperature of the brook 320 m. upstream from contact tertiary-trias; 3. temperature of the brook 250 m. upstream from contact tertiary-trias; 4. temperature of the brook 50 m. downstream from contact tertiary-trias.



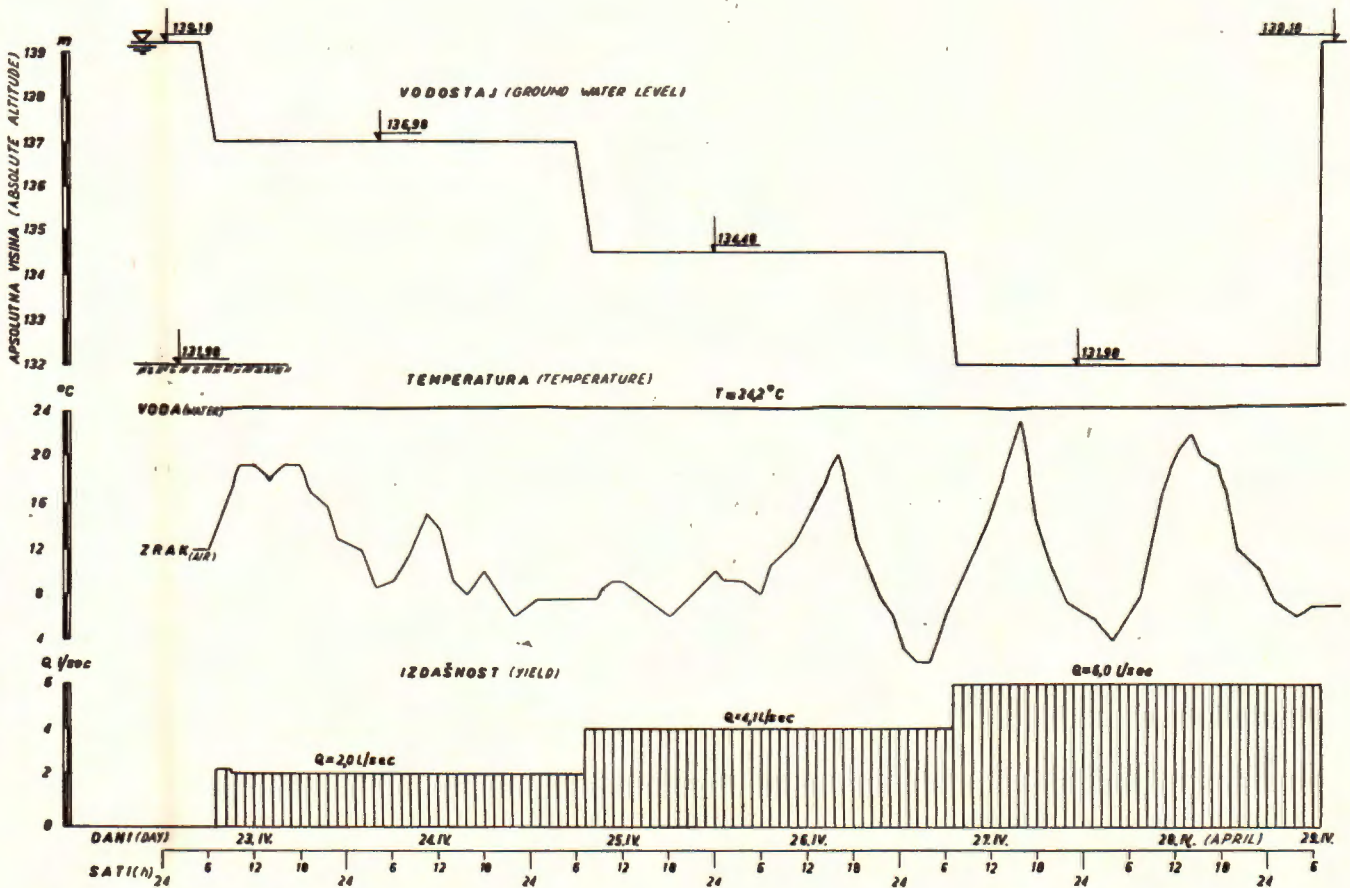
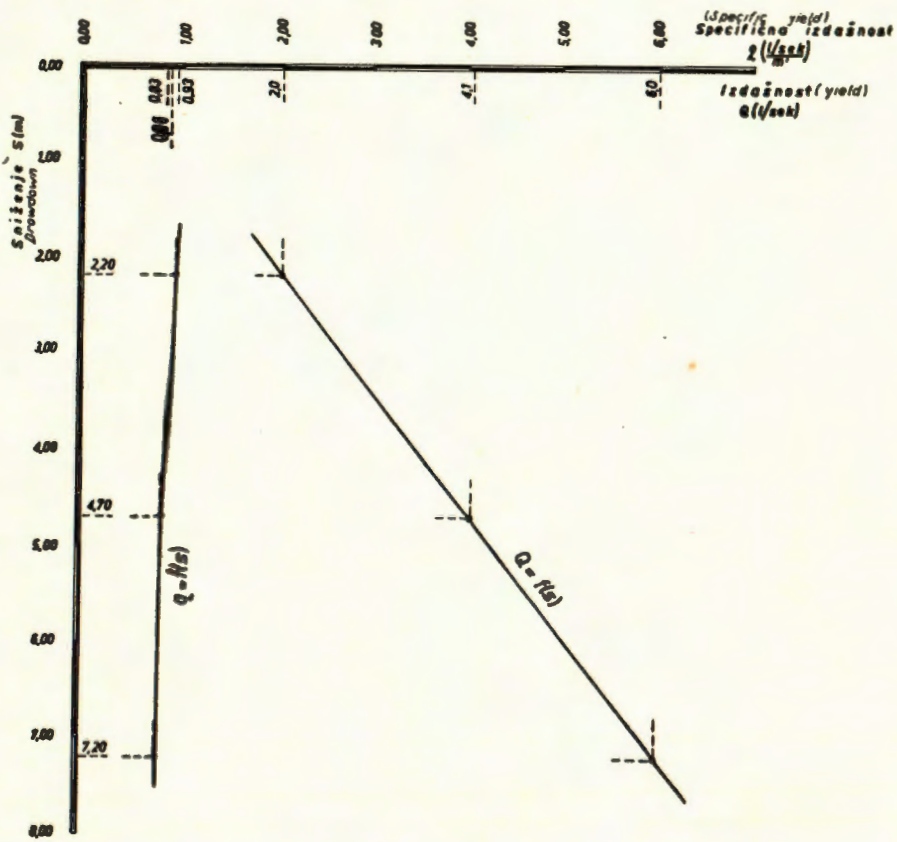


Diagram ispitivanja bunara PTB-1 (Diagram of the Well Testing PTB-1)



Ovisnost izdašnosti i specifične izdašnosti o sniženju u bunaru PTB-1.

Dependence of the Yield and specific Yield on the Drawdown on the Well PTB-1