

Speleoronilačka istraživanja izvora Rječine

Mladen Kuhta

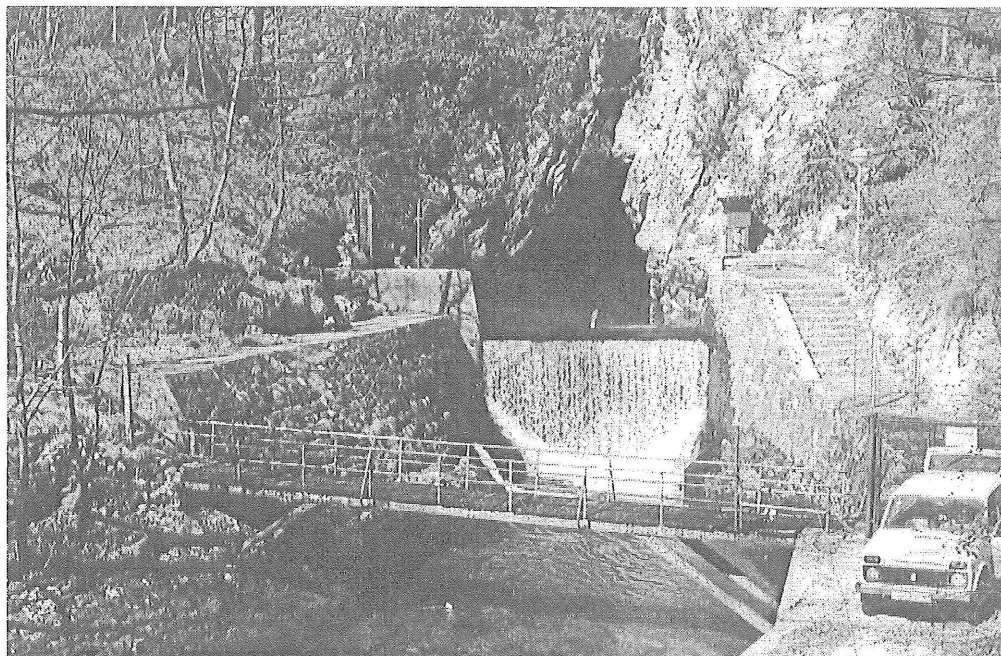
Uvod

Izvor Rječine jedan je od najvećih izvora na području dinarskog krša. Nalazi se približno 10 km sjeverno od grada Rijeke, oko 2 km uzvodno od naselja Kukuljani, na kraju živopisnog kanjona istoimenog vodotoka. S obzirom na visoku kotu izvora (325.24 m n.m.), što omogućava korištenje slobodnog pada te značajne količine izuzetno kvalitetne podzemne vode, izvor Rječine koristi se za javnu vodoopskrbu Rijeke još od 1915. godine. Od toga vremena do danas stalno se nastoji poboljšati način zahvata vode radi premošćenja sušnog razdoblja. Razmišljanja su bila usmjerena od izgradnje brane, odnosno povećanja kote uspora izvora, do potpuno suprotnog rješenja, odnosno precrpljivanja samog izvora. U novije vrijeme istraživanja su usmjerena na proučavanje geometrije i dinamike podzemnog akvifera u širem zaleđu izvora, te na eventualno zahvaćanje podzemnih voda u dubini karbonatnog masiva.

U sklopu do sada provedenih radova, više je puta istraživana i morfologija podzemnih kanala izvora Rječine, pri čemu su značajnu ulogu imala i speleoronilačka istraživanja.

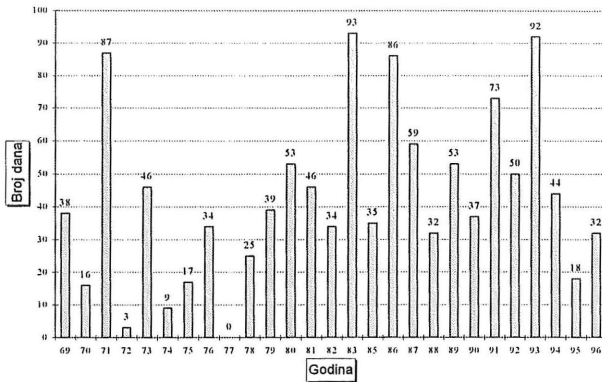
Geološki okvir geneze

Izvor Rječine formiran je na kontaktu dobro propusnih karbonatnih naslaga strukturne jedinice Navlaka Rječine i nepropusnih klastičnih naslaga iz strukture Klana - Lopača, odnosno uz navlaku eocenskih i krednih vapnenaca na najmlade fliške naslage. Kontakt karbonata i fliša na cijelom je terenu jasno morfološki naznačen strmim, često vertikalnim odsjecima terena. Uslijed pojačane erozije u području samog izvora, ovdje je to posebno izraženo. Karbonatne naslage strmo se uzdižu oko 250 m nad izvorom, tvoreći impozantan amfiteatar. Dolina



Izvor Rječine

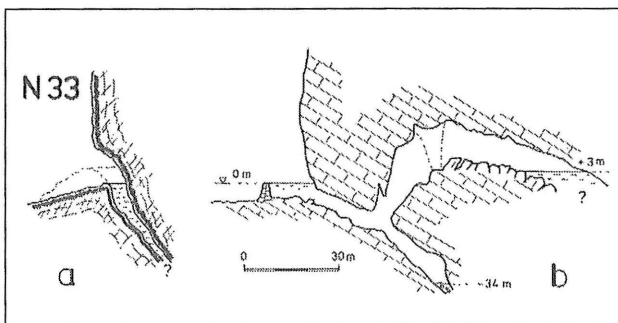
Foto: M. Kuhta



Slika 1. Pregled godišnjeg broja dana bez preljeva na izvoru Rječine

Rječine duboko je usječena u fliške naslage i predstavlja erozijsku bazu šireg područja. U prilog njenom postupnom spuštanju govore ostaci riječnih terasa na bokovima kanjona kao i dijelovi podzemnih kanala kroz koje je nekad izbijala voda, prisutnim na stijenama iznad izvora, sve do kote od 550 m n.m.

Geomorfologija šireg prostora izravna je posljedica litoloških karakteristika zastupljenih naslaga, strukturne građe, hidrogeoloških osobina stijena te hidroloških i klimatskih prilika. Proces modeliranja reljefa potrebno je promatrati dinamički, kroz vremensku dimenziju, a sadašnje stanje samo je trenutni odraz interakcije endogenih i egzogenih procesa. Materijalni tragovi u obliku morfoloških pojava i mlađih sedimenata (riječne doline, podzemne pojave, riječne terase i sl.) omogućavaju nam djelomičnu rekonstrukciju geomorfološkog razvoja terena, a što je posebno važno, daju uvid u genezu



Slika 2. a - Skica izvora Rječine u zapisniku Cluba Alpino Italiano iz 1928. godine
b - Topografski profil izvora Rječine snimljen tijekom crpljenja 1971. godine

danas prisutnih hidrogeoloških odnosa i dinamiku podzemnih voda.

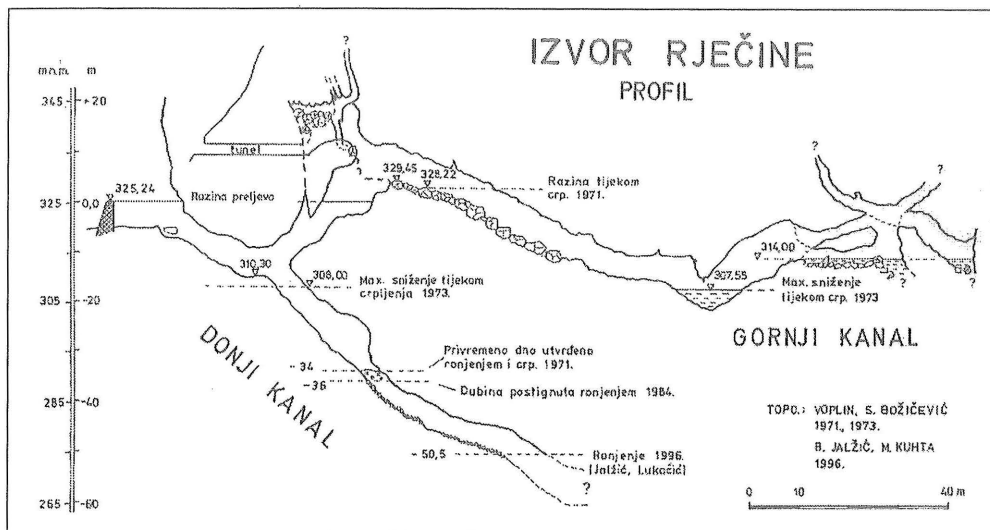
Glavno formiranje današnjih strukturnih formi dogodilo se u paleogenu, nakon taloženja naslaga fliša. Uslijed tangencijalnih naprežanja dolazi do boranja karbonatnih i klastičnih stijena, njihovog prevrtanja i navlačenja generalno u smjeru jugozapada. Nastale strukture izložene su najmlađim neotektonskim pokretima koji uzrokuju daljnje pucanje terena ili kretanje pojedinih blokova po već postojećim rasjedima.

Na širem području izvora Rječine, površina terena izložena je endogenim procesima već od neogena, a kao i na prostorima cijelog dinarskog krša, najznačajnije geomorfološke promjene i formiranje današnjeg reljefa, odvijale su se u razdoblju pleistocena koje je započelo prije 2 milijuna godina. Ovo razdoblje karakteriziraju velike klimatske promjene i izmjene ledenih doba - glacijala, odijeljenih toplijim razdobljima - interglacijalima. Za vrijeme interglacijala, kao posljedica intenzivnih oborina i topljenja ledenog pokrova, površina terena bila je izložena snažnim endogenim procesima, a posebno intenzivnoj eroziji. Istovremeno, prateći promjene na površini terena, u područjima izgrađenim od propusnih karbonatnih naslaga razvijala se i podzemna hidrografska mreža.

Hidrološke karakteristike izvora

Izvor Rječine jedan je od najznačajnijih krških izvora na području dinarskog krša. Premda su u razdobljima visokih voda zabilježene izdašnosti od preko 100 m³/s, a srednja godišnja izdašnost, za niz opažanja 1966.-94. god. je 6.99 m³/s (Ožanić i Rubinić, 1996), u sušnom razdoblju godine izvor redovito presuši. Broj dana bez istjecanja za razdoblje 1969.-96. god. prikazan je na grafikonu (sl. 1). Važno je istaknuti da se ni u tim razdobljima razina vode u izvoru nikada znatnije ne spušta ispod kote izgrađenog preljeva (325.24 m n.m.).

S obzirom na morfologiju podzemnih i vodom potopljenih kanala, izvor funkcionira dijelom kao uzlazno, a dijelom kao preljevano krško vrelo povremenog karaktera.



Slika 3. Topografski profil do sada istraženih podzemnih kanala izvora Rječine

Pregled istraživanja

Tijekom dosadašnjih hidrogeoloških istražnih radova s ciljem optimalnog načina zahvata podzemnih voda i premošćenja sušnih razdoblja, pored ostalih zahvata, provedeno je i nekoliko speleoloških i speleoronilačkih istraživanja.

Prvi podaci o morfologiji potopljenog dijela podzemnih kanala izvora iznose talijanski speleolozi. U speleološkom katastru Alpinističkog kluba Rijeka (tada Club Alpino Italiano, 1928) ovaj je izvor registriran kao speleološki objekat pod brojem 33 - »Sorgente della Recina«. Uz zapisnik priložena je i skica vodom potopljenog dijela izvora (sl. 2a). Boegan (1930) spominje ovu pojavu i navodi da joj je dubina 15 m.

Premda postoji mogućnost da je bilo i ranijih pokušaja, prvi poznati rezultati ronilačkih istraživanja datiraju iz 1971. god. (Pilipić, 1971), kada se autonomni ronilac spustio u koso položen donji dovodni kanal do dubine od 34 m uz dužinu urona od 70 m. Napredovanje u dubinu prekinuto je zbog nisko spuštenog stropa?

Iste, 1971. godine, pristupilo se prvom crpljenju izvora, kojem je prethodilo izuzetno dugo sušno razdoblje. Crpljenje je provedeno u nekoliko etapa, različitim crpkama i kapacitetom. Završna i najznačajnija faza provedena je u razdoblju od 9. do 12.10. spuštanjem crpki u donji dovodni kanal (Hraba, 1973a).

Dva dana nakon prestanka crpljenja, odnosno 14.10. izvor je obišla speleološka ekipa Instituta za geološka istraživanja. Tom prilikom upotpunjen je topografski nacrt objekta koji su na osnovi geodetskih mjerenja izradili djelatnici Voplina. Otkriveni podzemni prostor sastojao se od crpljenog donjeg dovodnog kanala, bočnog kanala i proširene dvorane iz koje se nastavljao, tada još nepoznat, vodom potopljeni gornji kanal (sl. 2b).

Tijekom topografskog snimanja donjeg dovodnog kanala, utvrđeno je da se njegovo dno nalazi 34 m ispod kote preljeva. Dubina vode bila je svega 0.5 m i omogućavala je speleolozima kretanje po dnu uz korištenje visokih čizama (Božičević, 1973). Pokušaji otkopavanja dna i traženja nastavka potopljenog kanala nisu dali rezultata.

Ovdje je važno naglasiti ustanovljenu veliku visinsku razliku razina vode u gornjem i donjem kanalu (približno 35 m) i činjenicu da u razdoblju od 12. do 14.10. nije došlo do povrata razine podzemne vode. Izvor je proradio svega nekoliko sati po izlasku speleološke ekipe i to izdašnošću od blizu 50 m³/s.

Naredno pokusno crpljenje izvora provedeno je po prestanku istjecanja, tijekom rujna 1973. U međuvremenu probijen je 22 m dug pristupni tunel s površine u proširenu dvoranu, što je omogućilo izravan pristup i crpljenje gornjeg sifona. Nakon ukupno 9 dana crpljenja, razina vode u gornjem kanalu snižena je za približno 19 metara, odnosno do kote 307.55 m n.n.m. (Hraba, 1973b), što je

omogućilo prolazak speleološke ekipe u nastavak objekta. Tom prilikom topografski je snimljen nastavak gornjeg kanala, te je ukupna dužina podzemnog sustava izvora Rječine povećana na približno 250 m.

Istraživanja su nastavljena desetak godina poslije, odnosno 1984. godine. Prilikom istražnih radova za ocjenu mogućnosti uspora vode na izvoru, izvedeno je speleoronilačko istraživanje donjeg dovodnog kanala. Uron je izvršen u trenutku kada je iz izvora istjecalo oko 2 m³/s. Ronioci su dosegli dubinu od 36 m, a strmi kanal nastavljao se dalje u dubinu. Konstatirano je blago uzlazno strujanje vode, a zbog rizika daljnjeg spuštanja ronioci su se vratili na površinu. Ovdje je važno podsjetiti da je ovaj kanal 1971. god. bio potpuno zatvoren na dubini od 34 m te su rezultati ronjenja uzeti s rezervom.



Speleoronionci B. Jalžić i D. Lukačić neposredno prije urona na dubinu od 50 m

Foto: M. Kuhta

Da bi se riješila dilema o dubini i prohodnosti donjega dovodnog kanala, te bolje upoznala njegova hidrogeološka funkcija, u sklopu nove faze hidrogeoloških radova koje izvodi »Institut za geološka istraživanja«, izvedena su i ponovna speleoronilačka istraživanja ulaznog dijela potopljenog špiljskog sustava izvora. Uron je 7.9.1996. god. izvela speleoronilačka ekipa SK »Željezničar« u sastavu Branko Jalžić, Daniel Lukačić i Mladen Kuhta. Hidrološke prilike bile su vrlo povoljne, a na preljevu izvora istjecalo je oko 400 l/s.

U donjem dovodnom kanalu spustili su se Branko Jalžić i Daniel Lukačić do dubine od 50,5 m, uz dužinu urona 100 m (mjereno od preljeva). Napredovanje je zaustavljeno zbog iskorištenja ukupne dužine pripremljenog užeta (100 m) i činjenice da je postignuta planirana dubina urona. Uz pomoć baterija rasvijetljen je prostor do dubine od minimalno 60 m i

nije uočen kraj kanala, što više, podzemni prostor se proširuje. Da bi se potvrdio smjer toka, na dubini od 46 m ispuštena je boja koju je vodena struje podigla prema površini.

Tijekom urona načinjena je skica istraženog dijela donjega dovodnog kanala kojom je upotpunjen postojeći, prethodno djelomično modificiran, topografski nacrt (sl. 3). Kanal je vrlo prostran, prosječnih dimenzija 3x4 m i strmo nagnut do dubine od 40-ak metara, pod kutem od približno 40°. U dubljim dijelovima nagib se smanjuje na 20-25°. Stijene bokova i stropa kanala su kompaktne i izbrušene erozijom. Dno kanala je dijelom prekriveno nanosom blokova i šljunka nepoznate debljine.

U nastavku istraživanja ronjenjem je svladan dio sifona prema proširenoj dvorani. Tom je prilikom nedvojbeno utvrđeno da iz tog dijela objekta (gornji kanal) nije bilo dotoka, odnosno da je sva voda na preljevu dotjecala iz donjega dovodnog kanala.

Zaključak

Hidrogeološka istraživanja krša obično su vrlo složeni znanstveni pothvati. To je prvenstveno posljedica činjenice da se na ovim prostorima ne mogu primijeniti, ili samo vrlo ograničeno, pretpostavke i zakonitosti o dinamici podzemnih voda kako je to obično na drugim terenima. Premda je ovdje obrađivan samo mali dio krškog prostora, odnosno sam izvor Rječine, rezultati provedenih hidrogeoloških istraživanja pokazuju svu složenost hidrogeoloških odnosa u kršu.

Jako detaljna analiza rezultata svih dosadašnjih istraživanja nije cilj ovog rada i iziskuje mnogo više prostora, ipak se mogu navesti bar osnovni zaključci. Kao prvo, gornji i donji dovodni kanali izvora međusobno su hidraulički potpuno odvojeni. Nadalje, može se pretpostaviti da se u zaleđu nadovezuju i na isto tako odvojene retencijske prostore. U sušnom razdoblju oba podzemna kanala nemaju izravnu vezu s retencijskim prostorom, a voda prisutna na izvoru samo je ostatak posljednjeg istjecanja »zarobljen« u podzemnim šupljinama. U praktičnom smislu to znači da su mogućnosti pridobivanja značajnijih količina podzemnih voda na samom izvoru (u sušnom razdoblju) tzv. precrcpljivanjem, odnosno znatnim snižavanjem razine izvora, nažalost vrlo male, te je istraživanja potrebno usmjeriti prema drugim rješenjima.

Premda se navedeni zaključci temelje na podacima prikupljenim pri sveukupnoj hidrogeološkoj obradi, ovdje je važno upozoriti na značajan doprinos

speleoloških i speleoronilačkih istraživanja. Pokazalo se da su na krškim terenima ova istraživanja često vrlo važna. Pored nedvojbeno značajnih informacija o morfologiji podzemnih prostora, što je preduvjet za planiranje i izvođenje istraživačkih i drugih zahvata, speleološka i speleoronilačka opažanja mogu pridonijeti boljem razumijevanju složenih hidrogeoloških odnosa.

ABSTRACT

Cave diving investigations in the spring of Rječina

The spring of Rječina is one of the biggest springs in the area of dinaric carst. It is situated approximately 10 km in the North from the town of Rijeka and about 2 km upstream the settlement Kukuljani, at the end of the picturesque canyon of stream with the same name.

As a part of the last hydrogeological investigation works the cave diving investigation of the water covered cave canals of the spring was performed. The diving was performed by cave diving team SK "Željezničar" consisting of Branko Jalžić, Daniel Lukačić and Mladen Kuhta. Hydrologic conditions were very favourable and on the overflow of the spring about 400 l/water was flowing out. Branko Jalžić and Daniel Lukačić dived into the lower inlet canal up to the depth of 50,5 m and the length of diving was 100 m.

Once more it was confirmed that the hydrogeological investigations of carst are very complicated scientific activities. It is first of all the consequence of the fact that the assumptions and regularities concerning the dynamics of the groundwaters cannot be applied or can be applied only limited in these areas and not as it is usual in other areas. Although only a small part of the karst area was investigated here, i.e. the spring of Rječina, the results of the performed hydrogeological investigations have showed all the complexity of the hydrogeological relations in karst.

Very detailed result analysis of all the former investigations is not the aim of this work and it asks for much more room, but at least the basic conclusions can be made. First of all, upper and lower inlet canals of the spring are hydraulically quite separated. Further, it can be supposed that in the background, they are in continuation of the separated retention

areas. In the dry period both underground canals have no direct connection with the retention areas and the water present in the spring is only the rest of the last flowing out "captured" in the underground caves. It means that the possibilities of obtaining considerable quantities of the groundwaters in the spring itself (in the dry period) by overpumping, i.e. by considerably lowering the water level in spring, are very small and the investigations should be directed towards another solutions.

Although the mentioned conclusions are based on the data obtained at complete hydrogeological processing, it is important to stress the considerable contribution of the speleologic and cave diving investigations. It has been proved that these investigations are very important in karst areas. With undoubtedly important information concerning morphology of underground, which is the supposition for planning and performing the investigation works and other operations, speleologic and cave diving observations contribute better understanding of the complex hydrogeological relations.

LITERATURA

- Biondić, B. i dr. (1997): Izvor Rječine - hidrogeološka istraživanja. Fond stru. dok. Instituta za geološka istraživanja, Zagreb.
- Biondić, B., Dukarić, F., Kuhta, M. & Biondić, R. (1997): Hydrogeological Exploration of the Rječina River Spring in the Dinaric Karst. *Geol. Croatica*, 50/2, 279-288, Zagreb.
- Boegan, E. (1930): *Catasto delle grotte Italiane*. Fasc. I. Grotte della Venezia Giulia, Trieste.
- Club Alpino Italiano, sezione di Fiume, (1928): *Catasto delle grotte*. Rijeka
- Božičević, S. (1973): Prilog hidrogeologiji izvora Rječine. *Geol. vjesnik*, sv. 25, str. 277-283, Zagreb.
- Božičević, S. (1974): Morfologija vodenih kanala izvora Rječine. *Geol. vjesnik*, sv. 27, str. 273-281, Zagreb.
- Hraba, B. (1973a): Izještaj s isumpavanja izvora Rječine 1971. godine. *Arh. Voplin*, Rijeka.
- Hraba, B. (1973b): Izvor Rječine 1973. godine. *Arh. Voplin*, Rijeka.
- Pilipić, M. (1971): Podvodna speleološka istraživanja izvora Rječine. *Arh. Voplin*, Rijeka.