

POSTANAK I RAZVOJ DOLINE KRČIĆA
I IZVORA KRKE

(SA 2 SLIKE)

THE ORIGIN AND DEVELOPMENT OF THE KRČIĆ RIVER VALLEY
AND KRKA SPRING (CROATIA-DALMATIA)

(WITH 2 FIGURES)

ANTE PAVIČIĆ, FRANJO FRITZ

Referat na Simpoziju o kraškem površju
Postojna, 12.—14. junija 1985

*Paper presented on the Symposium of karst surface
Postojna, June 12—14, 1985*

Naslov — Address
mag. ANTE PAVIČIĆ, dr. FRANJO FRITZ
Geološki zavod
Sachsova 2
41000 Zagreb
Jugoslavija

Sažetak

UDK 551.44(497.18—16)

Pavičić Ante, Fritz Franjo: Postanak i razvoj doline Krčića i izvora Krke (Dalmacija)

Dolina Krčića i izvor Krke nalaze se istočno od Knina. Po svom postanku izvor Krke je mlađi od doline Krčića i ostalih izvora uz istočni rub Kninskog polja. Uzduž doline Krčića nizvodno od izvora Krke pa do Kninskog polja nisu razradjeni recentni krški podzemni tokovi. To saznanje je bitno za tehnično rješavanje otješenja u tom dijelu doline.

Abstract

UDC 551.44(497.18—16)

Pavičić Ante, Fritz Franjo: Origin and development of Krčić valley and Krka spring (Dalmatia)

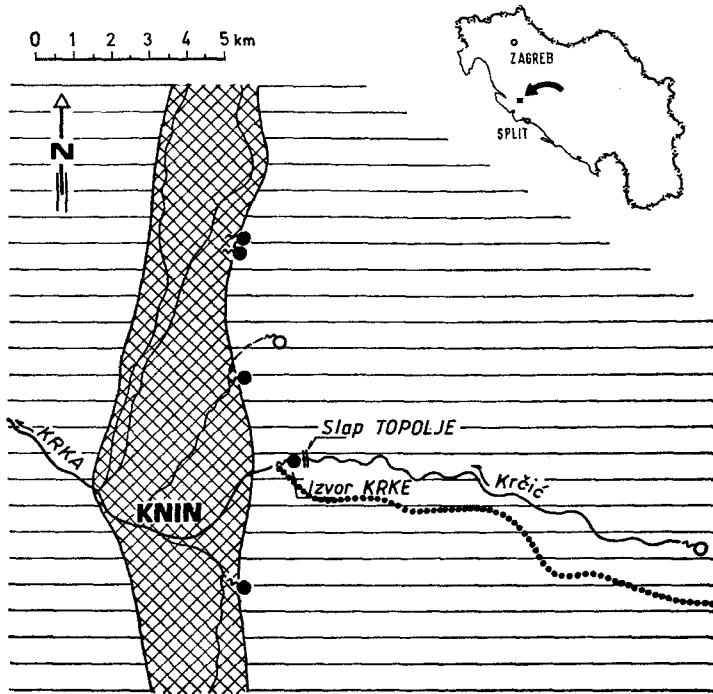
Krčić valley and Krka spring are situated east from Knin. Regarding the origin Krka spring is younger than Krčić valley and all the other springs on the eastern border of Knin polje. Along Krčić valley downstream from Krka spring towards Knin polje there are no recent karst underground channels. This inference is essential for technical solution of taking up this parts of the valley.

OPĆI PODACI






Vodotok Krčić je dugačak oko 10,5 km i gotovo redovito presuši u ljetnim mjesecima. Izvor Krke se nalazi u dolini Krčića ispod slapa Topolje (visok 40 m) oko 500 m uzvodno od ruba Kninskog polja. Kapacitet izvora je u minimumu oko 1,5 m³/s. Nizvodno od izvora Krke započinje vodotok rijeke Krke (slika 1.). Šire područje vodotoka Krčić detaljno je obrađeno u okviru istražnih radova za idejni projekt hidroelektrarne Krčić. Planira se izgradnja pregrade na slapu Topolje. Uz vode Krčića koristile bi se i vode izvora Krke. Za te potrebe izvedeni su geološki, speleološki i geofizički istražni radovi. Izbušene su i brojne bušotine i izvedena trasiranja podzemnih voda.

U okviru istražnih radova izvršena je i analiza starosti uzoraka sedre radiokarbonskom metodom ¹⁴C, što su učinili stručnjaci instituta Rudjer Bošković. Za upoznavnje kvartarnih naslaga Kninskog polja izbušena je bušotina GZ-1 duboka 153 m. Speleološkim radovima (Božićević, 1982) istražen je spiljski kanal uzvodno od izvoda Krke ispod sadrene barijere Topolje. Kanal je razvijen uz kontakt sedre i lijaskih vapnenaca. Dugačak je oko 100 m a završava sifonom u vapnencu lijasa iz kojeg izbija voda.

PREGLEDNA HIDROGEOLOŠKA GRAĐA TERENA



LEGENDA :

-  Propusne karbonatne stijene
-  U cjelini nepropusne stijene Kninskog polja
-  Krški izvor stalan
-  Krški izvor povremen
-  Hidrogeološka razvodnica

Slika 1

GEOLOŠKA GRAĐA, TEKTONSKI I HIDROGEOLOŠKI ODNOSI

Područje doline Krčića i istočnog dijela Kninskog polja izgrađuju sedimentne stijene permotrijasa, trijasa, jure, krede, tercijara i kvartara. Dno Kninskog polja čine donjotrijaske klastične naslage: šejlovi, pješčenjaci i sil-titi. Spomenute naslage podloge polja prekrivene su mlađim tercijarnim i kvartarnim naslagama debljine preko 140 m. Na nekoliko mjesta uz rub polja

otkrivene su neogenske naslage zastupljene laporima. Prema analogiji sa sličnim naslagama u Petrovom i Sinjskom polju ove naslage su označene kao miocenske (K e r n e r, 1920) odnosno g. miocenske i d. pliocenske (C v i j i ć, 1926). Kvartarne naslage u Kninskom polju obradio je Š i m u n i ć (1970) i odredio da pripadaju pleistocenu i holocenu: u bazi dolaze finopelitične naslage — jezerska kreda a na njima su taloženi fluvioglacijalni konglomerati. Sedra je istaložena uzduž srednjeg toka Krčiča, u Topolju i na više mjesta u Kninskom polju. U istočnom dijelu terena najstarije su naslage trijaski dolomiti koji izgrađuju teren uz dolinu Krčič i čine jezgru antiklinale. U krilima kontinuirano slijede uglavnom vapnenci lijasa, dogera i malma.

Teren je karakteriziran složenom strukturnom građom što je posljedica boranja, navlačenja i rasjedanja u nekoliko orogenetskih faza. Istočnim rubom polja prolazi regionalni rasjed kojim su odvojene klastične permotrijaske naslage od mezozojskog karbonatnog dijela terena. Osim tog regionalnog rasjeda postoji više izrazitih rasjeda od kojih se ističe dijagonalni rasjed preko izvora Krke. Kninsko polje do znatne dubine izgrađuju nepropusne naslage, pa je ono barijera za krške podzemne vode koje se iz višeg karbonatnog područja kreću prema polju i istjeću uz rub polja na više krških izvora. Unutar karbonatnog dijela terena gornjotrijaska antiklinala s dolomitima u jezgri ima funkciju lokalne hidrogeološke barijere i uz nju je vezan razvitak površinskog toka Krčiča i izvora Krke.

RAZVITAK DOLINE KRČIČA I POSTANAK IZVORA KRKE

Reljefne cjeline

Pri razmatranju razvitka doline Krčiča i postanka izvora Krke nužno je napomenuti da je razvitak glavnih morfostrukturnih oblika u ovom kraju vezan uz Kninsko polje i sjevernodalmatinsku zaravan. Do formiranja inicijalnog reljefa Kninskog polja (usječenog u paleozojske i mezozojske stijene) došlo je vjerovatno u vrijeme Savske orogenetske faze na prijelazu iz oligocena u miocen kada su formirane depresije i u susjednim područjima, dolina Cetine (B a u č i ć, 1967) i Zrmanje (F r i t z, 1972). Prve naslage koje su taložene u Kninskom polju (nakon inicijalnog reljefa) su neogenski lapori. Nakon sedimentacije lapora došlo je ponovo do tektonskih pokreta i do smanjenja jezerskog prostora u kojem su taloženi lapori. Nova erozija usjekla je reljef u laporima nakon čega je nastupilo taloženje kvartarnih taloga, koje traje do današnjih dana.

Sjevernodalmatinska zaravan u koju su usječena korita rijeke Krke i Krčiča ima veliki značaj za kronologiju razvoja reljefa. Većina autora smatra da je sjevernodalmatinska zaravan nastala u miocenu i pliocenu. F r i g a n o v i ć (1961), uzevši u obzir sva dotadašnja razmatranja o starosti ove zaravni i usporedbom rezultata i mišljenja o zaravnima u drugim područjima, zaključuje da je sjevernodalmatinska zaravan nastala u g. pliocenu. F r i t z (1962) analizirajući razvitak toka Zrmanje zaključuje da je zaravan mlađa i da je nastala u starijem pleistocenu. Za ovaj rad je važno da je prije današnjeg reljefa postojala jedinstvena zaravan na zapadnom i istočnom rubu Kninskog polja što znači da su polje i dolina Krčiča mlađi od zaravni.

Kvartarne naslage u Kninskom polju i dolini Krčić

Najstarije na površini vidljive pleistocenske naslage (jezerska kređa) pripadaju po Malezu (1969) mindelu. Prema podacima skupljenim našim istraživanjima te su naslage mlađe od oledbe u mindelu i pripadaju razdoblju mindel-ris. Bušotine u središnjem dijelu polja nabušile su ispod jezerske kređe konglomerate. Spomenuta duboka bušotina GZ-1 je u istočnom rubu polja nakon konglomerata nabušila pijeske i prah s interkalacijama gipsa u najnižem dijelu, a osnovnu stijenu tek na dubini 148 m (110 m. n. m.). Prema tim podacima pleistocenske naslage se danas nalaze do dubine 90 m ispod najniže apsolutne visine paleoreljefa kojim je tada drenirana depresija Kninskog polja, tj. dna Krke nizvodno od Knina. To upućuje na postojanje diferencijalnog kretanja Kninskog polja u odnosu na bokove, odnosno na tonjenje Kninskog polja.

Tom dubokom bušotinom nisu nabušeni neogenski lapori premda su oni u blizini bušotine otkriveni na površini, što govori da su neogenske naslage nakon taloženja znatno erodirane.

U vrijeme ris-virmskog interglacijala nastupile su klimatske prilike u kojima je na morfološki pogodnim mjestima u dolinama Butišnice i Krčića taložena sedra. Korito Krčića je u to vrijeme bilo oko 50 m više od današnjeg korita, što zaključujemo iz položaja pleistocenske sedre (dokazana starost analizom ¹⁴C na uzorcima sedre iz središnjeg i najnižvodnijeg dijela doline). Uz rub polja i u dolini Krčića sačuvane su breče i konglomerati istaloženi u virmskom glacijalu.

Holocenska sedra istaložena je također u središnjem i nizvodnom dijelu doline Krčića ali u hipsometrijski nižim nivoima od pleistocenske sedre. Taložene se oko 4.500 god. prije sadašnjosti pa praktički sve do današnjih dana. Uzvodno od holocenskih sedrenih barijera taložena je prašnasta jezerska sedra a preko nje holocenski aluvijalni talozi. Grubi aluvijalni (šljunkoviti) talozi recentno se talože uzduž pritoka i gornjeg toka Krčića.

Razvitak reljefa i izvora Krke

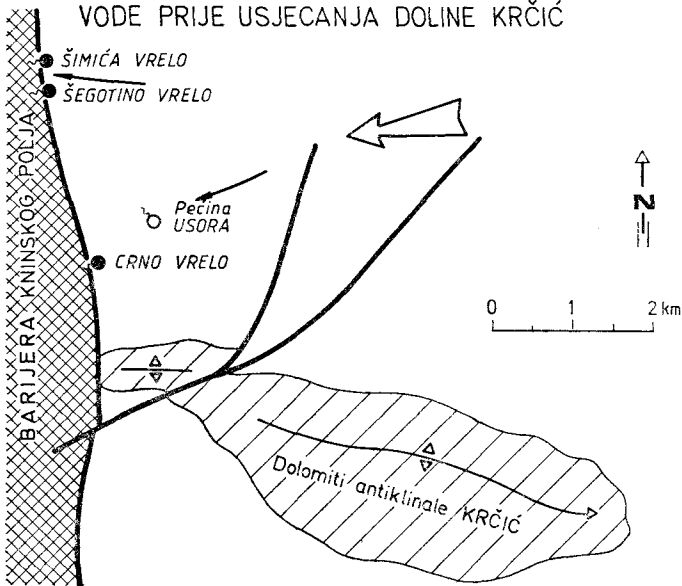
Danas se kretanje vode istočno od barijere Kninskog polja vrši najvećim dijelom podzemnim putem. Većina vodotoka kojima je nekad tekla voda danas su suhe doline, a postupno su se razvili podzemni putevi kojima se vode dreniraju prema današnjim krškim izvorima. Jedino je veći dio godine aktivan vodotok Krčić.

Inicijalni reljef doline Krčića usječen je uzduž rasjeda neposredno sjeverno od osi antiklinale s dolomitima u jezgri. Današnji oblik doline tj. odnos lijeve i desne strane pokazuje znakove »zijevnog loma«. U današnjem izvorišnom području Krčića istaloženi su u pleistocenu brečokonglomerati što upućuje da je ovdje prije formiranja korita Krčić postojalo ujezerenje.

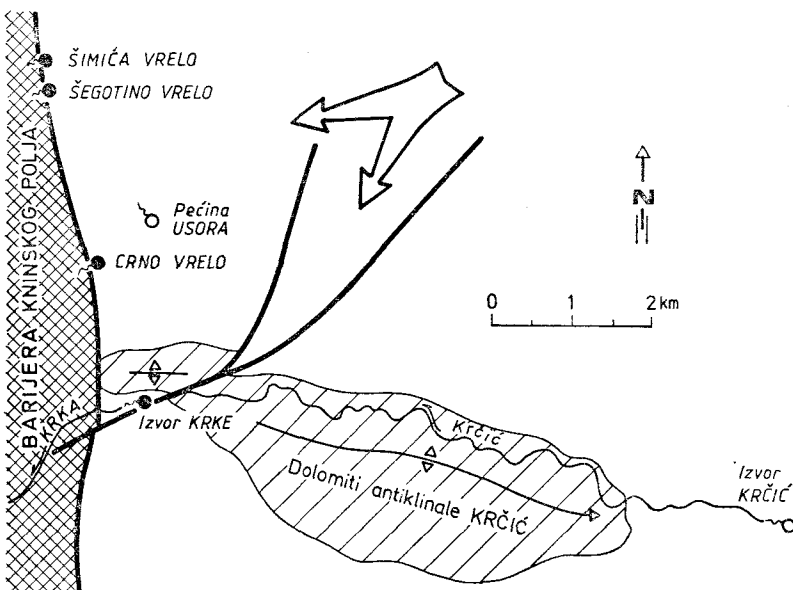
Prva faza, inicijalni reljef doline Krčić, usječen je u jurskim vapnencima i trijaskim dolomitima. U toj dolini taložen je zatim šljunak i nizvodnije sedra. Ostatke tih taloga nalazimo uzduž desnog boka srednjeg toka doline, te na padinama uz istočni rub Kninskog polja. Prema ostacima sedre uz rub Kninskog polja voda je utjecala u depresiju polja u lepezi širokoj oko 750 m.

Pleistocenska sedra se nalazi i do 30 m više od sedre istaložene uz recentni tok. Na više uzoraka te sedre određena je starost veća od 30 000 god. Prema

PRETPOSTAVLJENO ISTJECANJE KRŠKE PODZEMNE
VODE PRIJE USJECANJA DOLINE KRČIĆ



DANAŠNJE ISTJECANJE KRŠKE PODZEMNE VODE



Crtao: S. KOŠČAL

Slika 2

tome inicijalno usjecanje doline vezano je uz razdoblje prije virmskog glacijala. Dno korita tadašnjeg Krčića je bilo oko 50 m više od današnjeg. Tok pleistocenskog Krčića može se rekonstruirati i nizvodnije u današnjem Kninskom polju što znači da u tom dijelu polja tada nije bilo ujezerenja.

U virmskom glacijalu i neposredno iza glacijala je uslijedilo konačno usjecanje korita Krčića u osnovnu stijenu (mezozojske naslage). Tom prilikom je erodirana većina istaloženih pleistocenskih naslaga u ranijoj dolini. Sačuvani su samo ostaci sedre na desnom boku doline. Radiokarbonska analiza uzoraka sedre iz baze sedrene barijere Topolje ustanovila je starost 4 500 godina. Prema tome najdublje usjecanje korita je završeno prije tog vremena.

Postanak izvora Krke vezan je za najdublje usjecanje doline Krčića u osnovnu stijenu. U fazi prije tog usjecanja većina podzemnih voda istočno od Kninskog polja drenirala se prema mjestu današnjeg izvora Crno vrelo, odnosno pećine Usora (slika 2). Dubljim usjecanjem doline Krčić promjenili su se odnosi lokalnih erozionih baza za te vode. Iz područja sjeverno od antiklinale u kojoj je usječena dolina Krčić, voda je uzduž izrazitog dijagonalnog rasjeda i ustrmljenih slojeva lijaskih vapnenaca ušla u novoformiranu dolinu Krčić, koja je tako postala lokalna eroziona baza za dio vode istočno od Kninskog polja. Izvor Krke se danas nalazi ispod sedrene barijere Topolje, koju su u holocenu istaložile vode Krčića. Voda na izvoru izbija uzlazno u vapnencima lijasa i teče prema zapadu kroz spiljski kanal na kontaktu vapnenaca i sedre gdje se ispod slapa Topolje javlja kao poznati jaki krški izvor. Istražnim radovima ustanovljeno je da se izviranje nalazi u desnom boku osnovne doline. Taj osnovni izvor je hipsometrijski nešto viši od dna najdubljeg korita Krčića.

Na osnovi iznjetih podataka izvor Krke nije nikad bio zapadnije (bliže barijeri, lokalnoj erozionoj bazi Kninskog polja). Taj dio terena između mjesta izvora i barijere polja nije dakle u najmlađem geološkom razdoblju razrađivan krškim podzemnim vodama. Ovo je posebno interesantno radi tehničkog rješenja pregrade i otješnjenja doline, što se projektira nizvodno od izvora za potrebe hidroenergetike.

ZAKLJUČAK

Razvoj doline Krčić vezan je uz postojanje depresije Kninskog polja. Nepropusne naslage izgrađuju do znatne dubine dno Kninskog polja i imaju funkciju hidrogeološke barijere i lokalne erozione baze preko koje se preljevaju okolne krške podzemne vode. Bušotina izbušena u istočnom dijelu polja je pokazala da debljina kvartarnih naslaga u Kninskom polju prelazi 140 m.

Postoji uska veza između pružanja doline Krčića i rasjedne tektonike. Naime, razvoj doline Krčića iniciran je rasjedom koji prolazi neposredno sjeverno od osi antiklinale s dolomitima u jezgri.

Usjecanje doline izvršeno je u dvije osnovne faze. O vremenu i dubini usjecanja doline u prvoj fazi možemo zaključiti po visinama ostataka pleistocenske sedre u dolini i na padini uz Kninsko polje za koju je određena starost veća od 30 000 god. Prema tome prva faza usjecanja vezana je uz erozione procese prije interglacijala riss-würm.

Drugo, dublje usjecanje doline Krčić vezano je uz erozione procese glacijala würm kad je korito produbljeno do najveće dubine i kada je većim dije-

lom erodirana pleistocenska sedra. Nakon toga je prije oko 4 500 god. počela »rasti« barijera slapa Topolje i taloženje holocenskih taloga. Drugom, dubljom fazom usjecanja doline Krčić u mezozojske stijene i otvaranjem nove lokalne erozione baze (za okolne krške vode) iniciran je postanak izvora Krke. Iz ovog se vidi da se osnovni hidrogeološki odnosi istočno od Kninskog polja nisu znatnije promijenili nakon usjecanja doline Krčića. Došlo je samo do lokalnog skretanja dijela krških podzemnih voda istočno od polja u novoformiranu lokalnu erozionu bazu tj. u dolinu Krčića.

Primarno mjesto izvora Krke se nalazi u osnovnoj stijeni paleoreljefa doline Krčića. Nadvisuje za 10-ak metara kontakt između barijere Kninskog polja i propusnog karbonatnog područja i udaljen je oko 500 m uzvodnije od tog kontakta. Izvor je smješten u izrazitoj rasjednoj zoni kojom je lokalna barijera (antiklinala Krčić) pomaknuta (slika 1).

Na osnovi iznjetog se zaključuje da u terenu nizvodno od izvora prema Kninskom polju nisu razvijeni recentni privilegirani tokovi podzemnih voda. To je osobito važno radi hidroenergetskog tehničkog rješenja pregrađivanja i otešnjenja doline nizvodno od izvora.

DISKUSIJA

M. Herak:

Molim za detaljnije objašnjenje o vezi između izviranja vode Krke i predpostavljenog rasjeda.

LITERATURA

- Baučić, L., 1967: Cetina. Razvoj reljefa i cirkulacija voda o kršu. Radovi Geogr. inst. Sveučilišta u Zagrebu. Sv. 6, Zagreb.
- Božičević, S., 1982: He Krčić. Idejni projekt, Speleološko ronilačko istraživanje. Fond str. dok. Inst. geol. istr., Zagreb.
- Cvijić, J., 1925—26: Geomorfologija II dio, Beograd.
- Friđanović, M., 1961: Polja Gornje Krke. Radovi Geogr. inst. Sveučilišta u Zagrebu, Sv. 3, Zagreb.
- Fritz, F., 1972: Razvitak Gornjega toka rijeke Zrmanje. Krš Jugoslavije, Knj. 8. str. 1—16, Zagreb.
- Kerner, F., 1920: Erläuterungen zur geologischen specialkarte Knin und Ervenik, Wien.
- Malez, M., 1969: Donjopleistocenska fauna vertebrata na području Dinarskog krša. III simp. Din. asoc., Zagreb.
- Šimunić, A., 1970: Kvartarne naslage Kninskog polja. VII Kongr. geol. SFRJ (Predavanja) 1, 361—370, Zagreb.

THE ORIGIN AND DEVELOPMENT OF THE KRČIĆ RIVER VALLEY AND KRKA SPRING

Summary

The Krka spring is situated within the valley of the intermittent stream Krčić, about 500 meters upstream from the polje of Knin.

The Krčić river valley was carved during Quaternary within two phases. The first phase took place in Würm and the second one ended about 4,500 years ago, at the time when the creation of the Topolje waterfall began, under which the Krka spring now appears.

The Krka spring is younger from karst springs occurring along the eastern border of the polje of Knin. It appeared after the second phase of the Krčić river valley formation. Earlier, before the spring appearance, ground water from the terrain north of the valley emerged through springs at the northeastern border of the polje (Fig. 1 and 2).

Therefore, the Krka spring has never emerged downstream from its present site. That is the reason why that part of the valley has not been karstified by recent ground water — a very important fact if a planned dam and grout curtain are to be constructed downstream from the spring.