

GEOMORFOLOŠKA OBILJEŽJA DOLINE I PORIJEČJA RIJEKE KRKE S OSVRTOM NA DIO OD KNINA DO BILUŠIĆA BUKA

DRAŽEN PERICA

Odjel za geografiju, Sveučilište u Zadru
Department of Geography, University of Zadar
DANIJELO OREŠIĆ

Geografski odsjek PMF-a Sveučilišta u Zagrebu
Department of Geography, Faculty of Science, Zagreb

SREČKO TRAJBAR

OIKON d.o.o. Zagreb

UDK: 551.4(497.5)(282.24 Krka)

Izvorni znanstveni članak
Original scientific paper

Received : 2005-06-06

Primljeno:

Rijeka Krka sa svojim pritocima čini sustav kompozitnih dolina u kršu. Kompozitnost dolina posljedica je litoloških i tektonskih odnosa. Dolina Krke poligenetskog je postanka. Za kanjonske dijelove karakteristična je pojava brojnih padinskih reljefnih detalja. Na strmijim padinama izrazito je osipanje i urušavanje. U aluvijalnim nanosima u dolinskim proširenjima nađeni su fragmenti kršja okolnih stijena. U novije doba uočava se regeneracija vegetacije koja pridonosi promjeni intenziteta modeliranja reljefa egzogenim procesima.

Ključne riječi: Rijeka Krka, geomorfološka obilježja, padinski procesi, antropogeni i zoogeni utjecaji

The Krka River and its tributaries make the system of composite valleys in the karst. The composite valley system is the result of lithologic and tectonic relations. The Krka valley is of polygenetic origin. In the canyon sections there are many characteristic slope relief details. On steeper slopes crumbling and collapsing is significant. The debris of surrounding rocks is found in alluvial deposits at the valley widening. In recent times, the regeneration of vegetation is noticeable, which contributes to decreasing intensity of relief shaping by exogenic processes.

Key words: Krka River, geomorphologic features, slope processes, anthropogenic and zoogenic influences

Uvod

Jedan od najvećih problema Južne Hrvatske je nedostatak vode. Prevlad karbonatnih stijena i njihova tektonska razlomljenost pospješuju poniranje atmosfere vode u podzemlje, dok krajobrazom dominira krš. Upravo stoga pojava vode na površini ima veliko značenje. Kao posljedica kompleksnih međuodnosa litološkog sastava, tektonike, hidroloških značajki i egzogenih procesa u morfološkom smislu u poriječju Krke mogu se izdvojiti tri dijela: planinsko područje na sjeveroistočnom dijelu, dolinska

proširenja (polja) u središnjem dijelu i Sjevernodalmatinska zaravan (FRIGANOVIĆ, 1990., FRITZ I DR., 1990.). Zapravo, dolina rijeke Krke upravo na području Sjevernodalmatinske zaravni, gdje u geološkom sastavu prevladavaju karbonatne naslage, predstavlja poseban fenomen. To još više dolazi do izražaja ako uzmemo u obzir činjenicu da ona zapravo predstavlja viseći tok (BONACCI, PERICA, 1990., FRITZ I DR. 1990.). Naime, na najvećem dijelu od Kninskog polja do Roškog slapa Krka teče i do 100 metara iznad lica vode temeljnice, a da pri tom ne gubi vodu iz svoga korita (BONACCI, PERICA, 1990.). No, osim prirodnih faktora, na današnji izgled područja oko rijeke Krke, ali i na određene hidrološke elemente (brzina otjecanja vode i vodostaj), znatno je utjecao i čovjek svojim aktivnostima.

Dosadašnja istraživanja

Među geografskim istraživanjima koja su do sada obrađivala šire područje poriječja Krke, treba istaknuti ona koja je proveo Friganović (1961. daje detaljan geografski prikaz polja gornje Krke, a 1990. doline rijeke Krke). Među autorima koji su se bavili problemom oblikovanja Sjevernodalmatinske zaravni (ali i drugih), treba istaknuti Cvijića (1926.). Kod Roglića (1957.) i Friganovića (1961.), međutim, to pitanje i dalje ostaje otvoreno. Geološka istraživanja šireg poriječja Krke započinje Hauer (1868. – pregledna geološka karta Austrougarske Monarhije u mjerilu 1 : 576 000). Dalje, treba istaknuti Schuberta (1909.), Kocha (1914.a, 1914.b), te Kühna (1946.), koji Promina naslagama utvrđuje gornjoeocensku starost, dok ih Šikić (1965.) dijeli na litofacijsne cjeline od srednjeg eocena do oligocena. Veliko značenje za upoznavanje osnovnih geoloških značajki poriječja Krke ima izrada OGK 1 : 100 000, i to listova s tumačima Knin [autori karte: Grimani i dr. (1966.), autori tumača: Grimani i dr. (1975.)], Šibenik [autor karte: Mamuzić (1966.), autor tumača: Mamuzić (1975.)], Obrovac [autori karte: Ivanović i dr. (1967.a), autori tumača: Ivanović i dr. (1976.a)] i Drniš, [autori karte: Ivanović i dr. (1967.b), autori tumača: Ivanović i dr. (1976.b)]. Također, od najnovijih radova treba istaknuti one Fritza (1977.), Bonacija i Perice (1990.), Fritza i dr. (1990.), Polšaka i dr. (1990.), u kojima se raspravlja o pojedinim hidrogeološkim i hidrološkim problemima rijeke Krke, zatim Kapelja (2002.), koji uz hidrogeološke odnose ističe značenje strukturnih odnosa šireg poriječja Krke, te Riđanovića (1974/5., 1993. i 2000.) koji proučava hidrogeografske značajke šireg poriječja rijeke Krke.

Metode rada

Osnovna metoda rada bila su terenska istraživanja. Na taj način procijenjeni su pojedini egzogeomorfološki procesi koji utječu na oblikovanje reljefa. Tijekom terenskih obilazaka, odnosno uvidom u petrografski sastav, vegetacijski pokrov, tlo, antropogene i zoogene utjecaje, te dominantne klimatske prilike, uočene su razlike u čestini pojave pojedinih egzogenih tipova reljefa. Tijekom terenskih istraživanja posebna pozornost posvećena je padinskim procesima kao dominantnim u recentnom oblikovanju dolinskih strana. Osim toga, tijekom rada detaljno su pregledani dosadašnji radovi (osobito oni koji se bave geološkim, hidrološkim i geomorfološkim značajkama) koji obrađuju ovo područje, te su na osnovu toga, uz terenska zapažanja, izrađene hipsometrijska karta i karta nagiba.

Litostratigrafske značajke u poriječju Krke

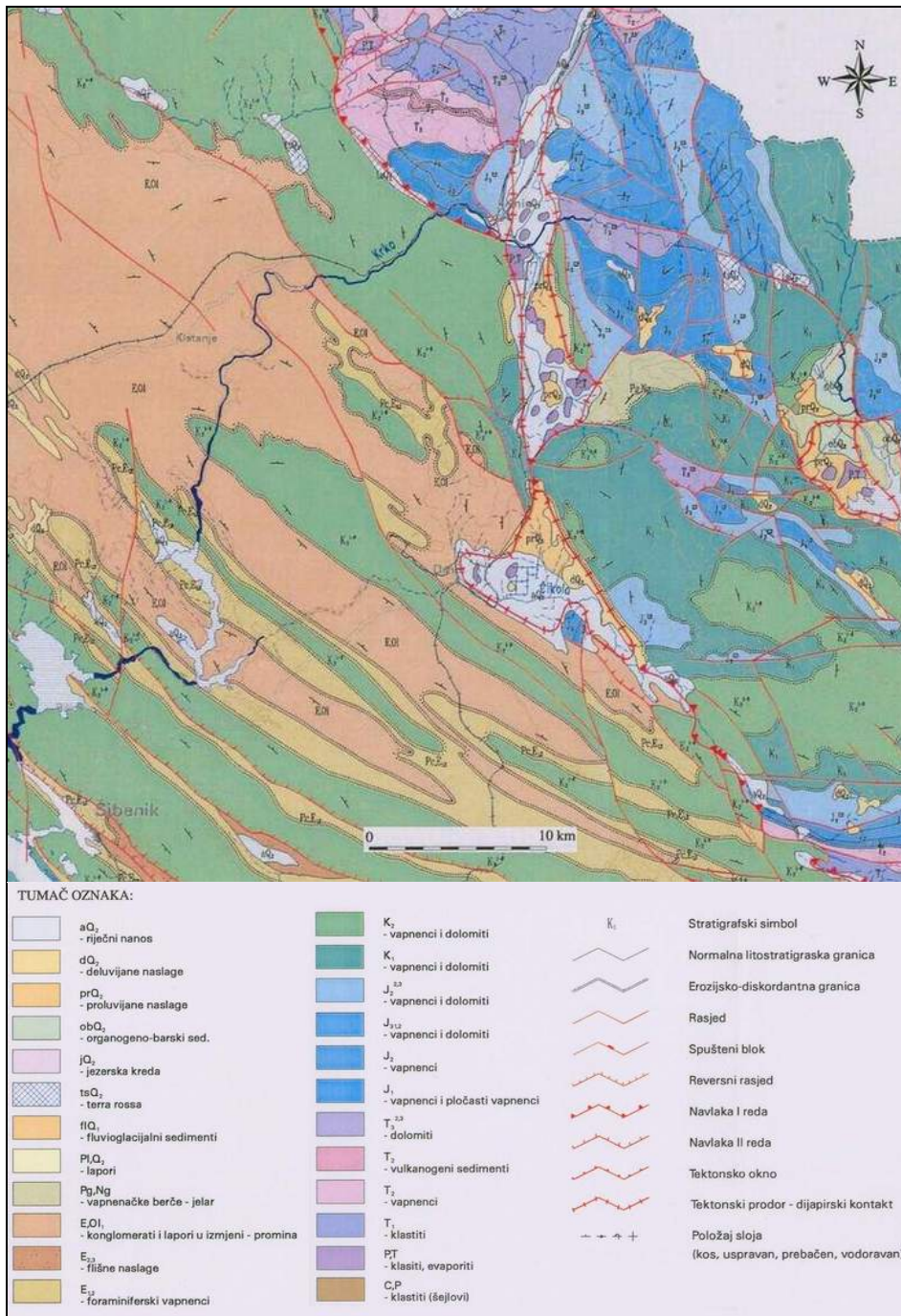
Najstarije naslage u poriječju Krke su mlađe paleozojske, odnosno permske starosti (sl. 1.). Otkrivene su na nekoliko lokaliteta u Petrovom, Kosovom i Kninskom polju. Zastupljene su evaporitima (gips i anhidrit) koji leže uz izdanke magmatskih stijena (spilitizirani bazični efuziv), te klastitima (pješčenjaci, siltiti, peliti i šupljikave breče). Te su stijene u kontaktu s krednim sedimentima i Promina naslagama. Samo na jednom lokalitetu u Kosovu polju, na permskim klastitima konkordantno leže sedimenti donjeg trijasa (GRIMANI I DR. 1975.).

Naslage trijasko starosti otkrivene su i u povirju Krke (Butišnica, Krčić). Sajske naslage zastupljene su tinjčastim i siltnim pješčenjaciima u sklopu kojih nalazimo proslojke laporovitih vapnenaca i manjim dijelom dolomita. Kampilske naslage su pretežito glinoviti do pjeskoviti vapnenci s proslojcima lapora. U vršnim dijelovima profila pojavljuju se dolomiti. Srednji trijas zastupljen je vapnencima i dolomitima i klastitima. Anizik je zastupljen vapnencima i dolomitima, a ladinik i klastitima (litološki veoma raznolika serija sastavljena od lapora, vulkanogenih sedimenata, pješčenjaka, breča, konglomerata, ugljevitih glina s rijetkim ulošcima vapnenaca i dolomita). Gornji trijas predstavljen je debelom serijom dolomita (do 300 m). Nalazimo ih u višem, gornjem dijelu poriječja Butišnice (u BiH), te u dolini Krčića (GRIMANI I DR. 1975.).

Stijene jurske starosti zastupljene su također u povirju Krke, najviše u gorskom okviru Kninskog polja. Stijene lijasu zastupljene su izmjenom vapnenaca i dolomita te u gornjim dijelovima mrljastim glinovitim pločastim vapnencima. Naslage lijasu dosežu debljinu 400-500 m. Naslage dogera predstavljaju debelo uslojeni vapnenci (30-80 cm, mjestimično i do 1 m) u ukupnoj debljini do 300 m. Naslage donjeg malma otkrivene su u najvećoj mjeri kod Vrpolja, a sastavljene su od jednoličnih sivih i tamnosivih, dijelom bituminoznih uslojenih vapnenaca s ulošcima dolomita. Naslage gornjeg malma (na više mjesta u gorskom okviru Kninskog polja) zastupljene su izmjenom vapnenaca i dolomita u sklopu kojih se javljaju zone sivih tankopločastih laporovitih vapnenaca i svjetlosivih rožnjaka (Stara straža, Strmica). Malmske naslage uglavnom završavaju debeloslojenim vapnencima (GRIMANI I DR. 1975.).

Kredne naslage izgrađuju najveći dio središnjeg i istočnog dijela poriječja. Donja kreda otkrivena je poglavito u istočnom dijelu poriječja, a zastupljena je vapnencima s proslojcima i lećama dolomita. Naslage gornjokredne starosti većeg su rasprostiranja na području Sjevernodalmatinske zaravni, u kojoj su usječene doline rijeka Krke i Čikole. Zastupljena je također vapnencima s lećama i proslojcima dolomita (cenoman-turon) te gromadastim i uslojenim vapnencima i vapnenačkim dolomitima (senon) u dijelu doline Krke nizvodno od Brzičke strane, posebno u jezgrama antiklinala. Ukupna debljina krednih naslaga je 2100 m do 2200 m.

Srednji i donji dio poriječja, a u dolini Krke najvećim dijelom nizvodno od Bilušića buka do Skradinskog buka, odnosno najveći dio Sjevernodalmatinske zaravni izgrađuju naslage tercijske. Paleogenske naslage najvećim dijelom čine jezgre sinklinala. U gornjem dijelu poriječja, uz dolinska proširenja (polja), paleogenske naslage čine erozijske ostatke na krednoj podlozi. Starijem dijelu paleogenskih naslaga pripadaju foraminiferski vapnenci i eocenski fliš na kojima su transgresivne mlađe Promina naslage. U sklopu Promina naslaga najzastupljeniji su vapnenački konglomerati, a uz njih se još javljaju laporoviti vapnenci i lapori. Ukupna debljina ovih naslaga prelazi 1000 m.



Sl. 1. Geološka karta šireg poriječja Krke (preuzeto iz KAPELJ, 2002)

Fig. 1 Geological map of Krka river basin and surrounding areas (from KAPELJ, 2002)

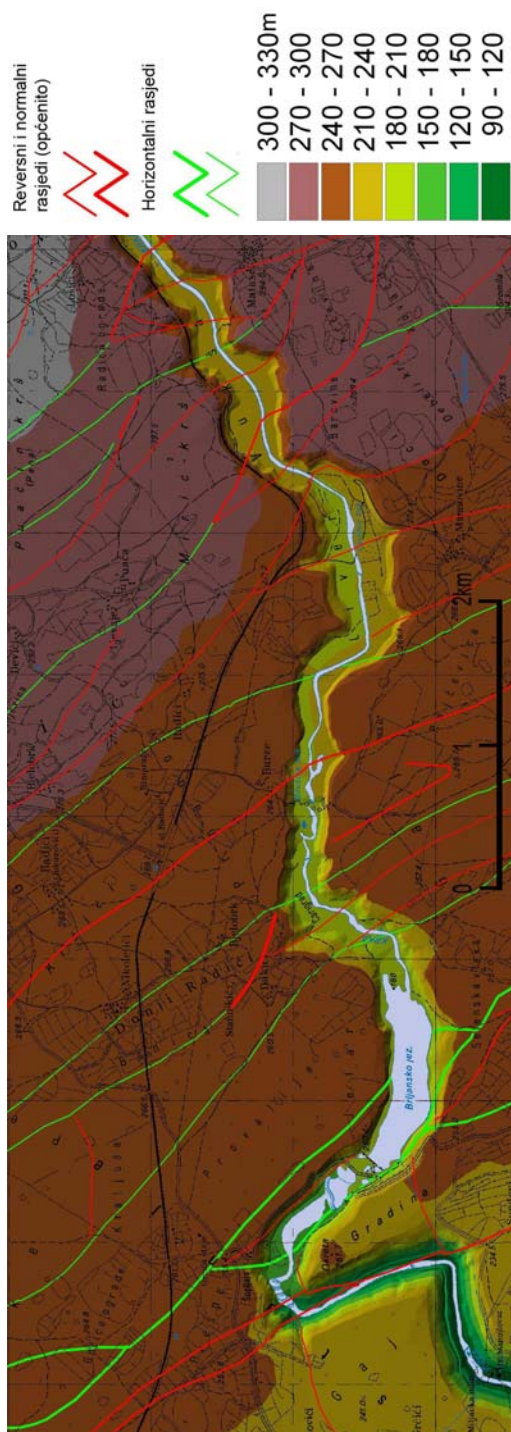
Kvartarne naslage ispunjavaju dna dolinskih proširenja (polja). Donji pleistocen razvijen je u dolini Butišnice barsko-jezerskim sedimentima, otkrivenim u glinokopu ciglane kod Strmice (GRIMANI I DR. 1975., KAPELJ, 2002.). U Kninskom polju su brojni izdanci jezerske krede (GRIMANI I DR. 1975., ŠIMUNIĆ, 1970.). Prema fosilnim ostacima jezerska kređa istaložena je tijekom mindelskog glacijala. Tijekom tople klime mindel-riskog interglacijala na jezersku kređu istaložio se sloj smeđe gline. U gornjem dijelu ovi klastiti postaju sve krupniji, postupno prelazeći u šljunke i slabo vezane fluvioglacijalne konglomerate koji se uočavaju na sjevernom obodu Kninskog polja i u dolini Butišnice (GRIMANI I DR. 1975., ŠIMUNIĆ, 1970.). Najvjerojatnije su povezane sa zahlađenjem u riskom glacijalu (KAPELJ, 2002.), ali je moguće da slabije vezani konglomerati pripadaju i mlađem virmskom glacijalu. Holocenske su naslage zastupljene u dolinskim proširenjima i koritima. Na bočnim stranama dolinskih proširenja i dolina česta je pojava koluvijalnog, siparišnog i deluvijalnog materijala, dok su u dolinskim dnima uočljive akumulacije šljunka, pijeska i mulja (aluvij, proluvij, organogeno-barski sedimenti u Kninskom polju), a mjestimično i većih fragmenata kršja.

Među kvartarnim naslagama ističe se sedra, koja je važna za razumijevanje nastanka, današnjeg izgleda rijeke Krke. Sedra je zastupljena u dva varijeteta – čvrsta šupljikava sedra (barijere) i prašinasto-pelitična sedra (dno jezera) (GRIMANI I DR. 1975., KAPELJ, 2002.). Ostaci sedrenih barijera nalaze se na različitim relativnim visinama u odnosu na sadašnje korito što je važno za objašnjenje brzine usijecanja rijeke Krke. Sedra koje se danas nalazi na hipsometrijski višim nivoima, pripada pleistocenu (SRDOČ I DR., 1985., POLŠAK I DR. 1990.). Takva sedra pronađena je na ulazu Butišnice u Kninsko polje, u dolini Krčića i u dolini rijeke Krke. Pretpostavlja se da je do njezina nastanka došlo u interglacijalu ris-virm (FRITZ, 1977., SRDOČ I DR., 1985., HORVATINČIĆ I DR., 2000.). Prema Fritzu (1977.) i Srdoču (1985.) najintenzivniji razvoj današnjih sedrenih barijera započeo je prije 8000-8500 godina, a najoptimalniji uvjeti za njihov nastanak bili su tijekom atlantske faze (prije 5800-3200 godina).

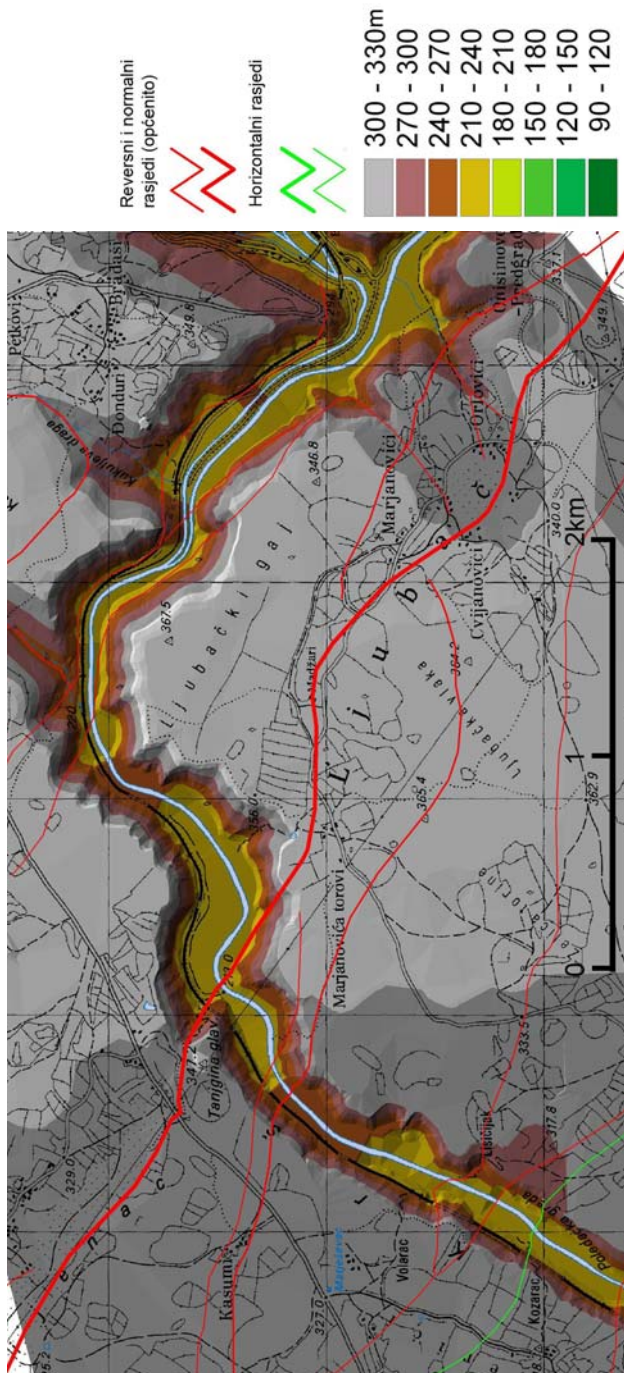
Tektonske značajke

Prema Prelogoviću (1975.) područje Dinarida tijekom neogena i starijeg kvartara čini niski denudacijski reljef s nizom lokalnih depresija u kojima se talože laporovite naslage. Nakon toga slijedi tektonska aktivnost koja dovodi do stvaranja recentnih strukturnih odnosa i današnjeg reljefa.

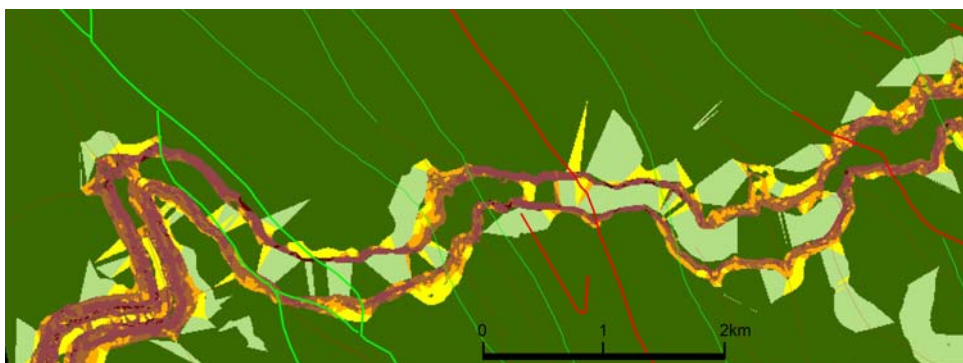
Poznavanje današnjih strukturnih odnosa za istraživano područje sistematizirao je i uz značajan doprinos obradio Kapelj (2002.) (rasjedi prikazani na sl. 2., 3., 4., 5. i 6.). Rasjedna zona Knin – Muć – Sinj razgraničava regionalne strukturne jedinice Dinarika i Adriatika, s time da se povirje Butišnice nalazi u strukturnoj jedinici Plavno (unutar Dinarika), a područje Krčića pripada strukturnoj jedinici Svilaja (također u području Dinarika). Granicu Adriatika i Dinarika najvećim dijelom predstavljaju rubovi polja (Kninsko, Kosovo i Petrovo polje). Dolina Krke nalazi se u sklopu strukturne regionalne jedinice Adriatika. Unutar Adriatika rasjedna zona Novigrad – Drniš odvaja strukturne jedinice Bukovica – Promina – Moseć od strukturne jedinice Ravni kotari – Šibenska zagora. Granica ovih struktura, odnosno rasjeda, reljefno je dobro je uočljiva u dolinskom proširenju Carigradske luke (sl. 7.).



Sl. 2. Hipsometrijska karta dijela doline rijeke Krke s ucrtanim rasjedima (tektonika prema KAPELJ, 2002.) od Vukšće do vrele Miljacka
Fig. 2 Hypsometric map of the part of Krka river valley with faults (tectonic after KAPELJ, 2002) from Vukšća to Miljacka spring

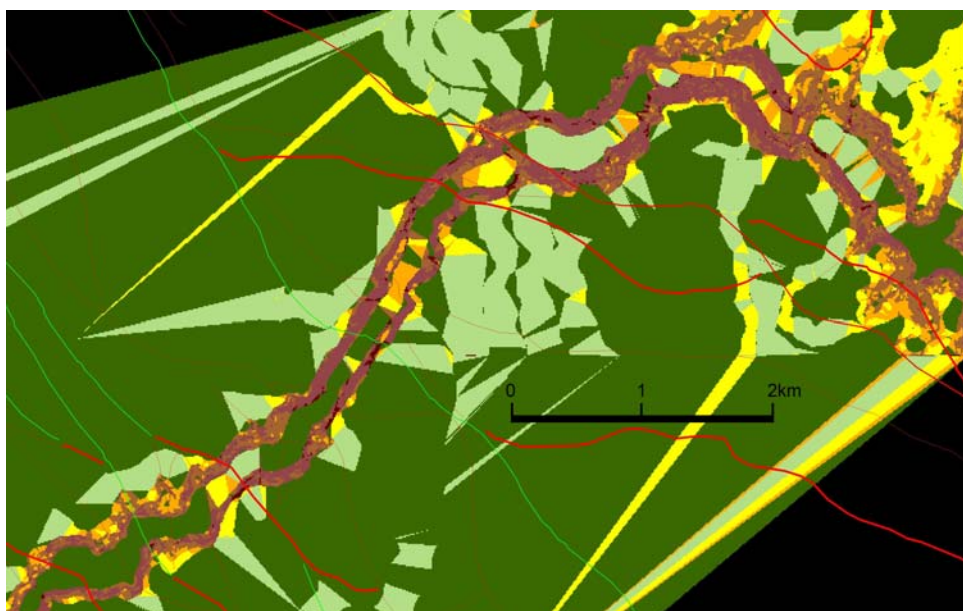


Sl. 3. Hipsometrijska karta dijela doline rijeke Krke s ucrtanim rasjedima (tektonika prema KAPELJ, 2002.) nizvodno od Knina pa do Poledačke grede
Fig. 3 Hypsometric map of the part of Krka river valley with faults (tectonic after KAPELJ, 2002) downstream from Knin to Poledačke grede



Sl. 4. Karta nagiba dijela doline rijeke Krke s ucrtanim rasjedima (tektonika prema KAPELJ, 2002.) od Vukše do vrela Miljacka

Fig. 4. Dip map of the part of Krka river valley with faults (tectonic after KAPELJ, 2002) from Vukša to Miljacka spring



Sl. 5. Karta nagiba dijela doline rijeke Krke s ucrtanim rasjedima (tektonika prema KAPELJ, 2002.) nizvodno od Knina pa do Poledačke grede

Fig. 5. Dip map of the part of Krka river valley with faults (tectonic after KAPELJ, 2002) from Vukša downstream from Knin to Poledačke grede

Reversni i normalni
rasjedi (općenito)



Horizontalni rasjedi



Nagibi

	0 - 2°
	2 - 5°
	5 - 12°
	12 - 20°
	20 - 32°
	32 - 55°
	> 55°

Legenda za slike 4. i 5.
Legend for Figures 4 and 5

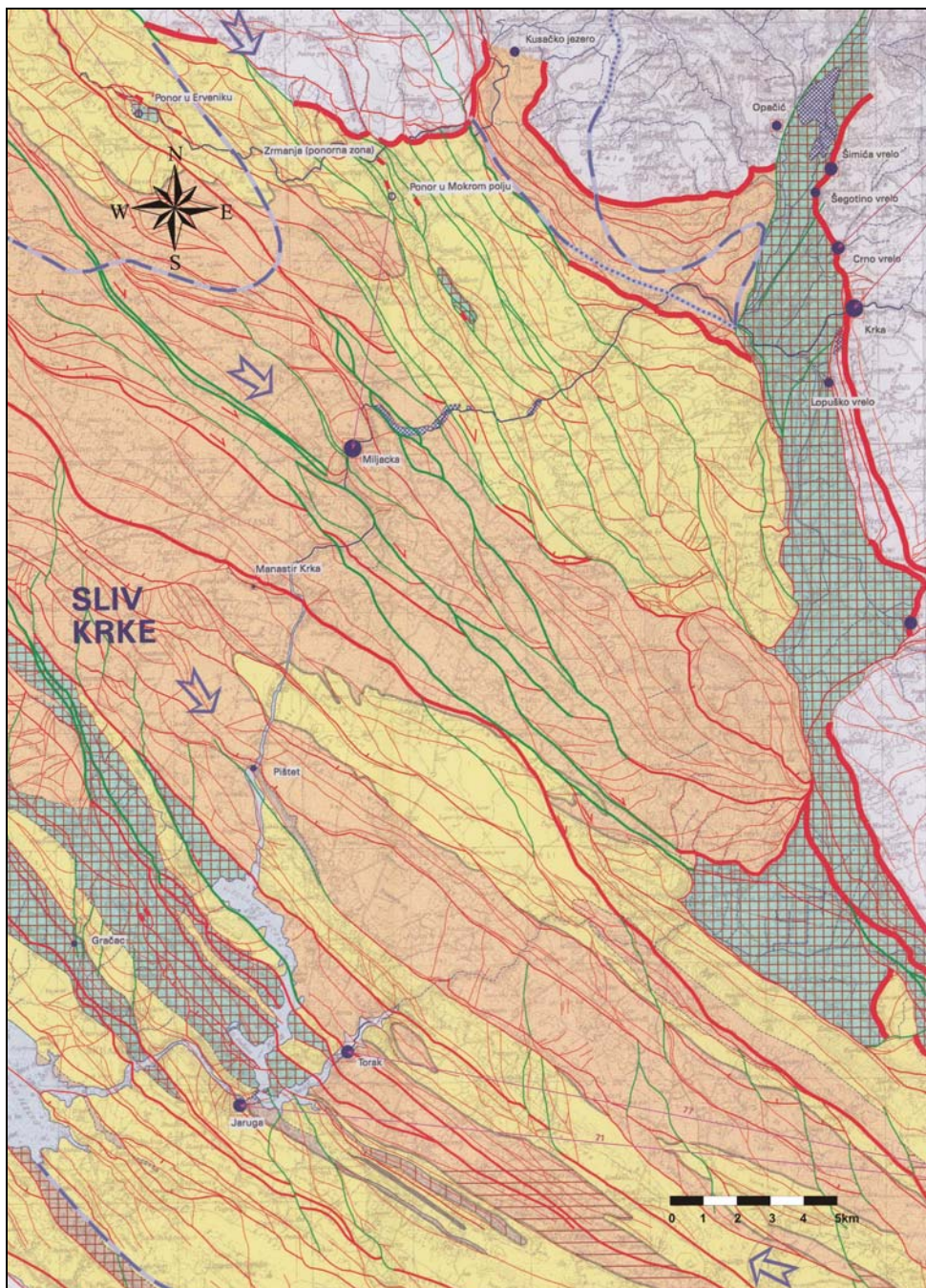
Prema Kapelju (2002.) na širem području Promine prevladavaju horizontalni rasjedi sa 46,24%, dok su dijagonalni rasjedi zastupljeni s 28,25%, a vertikalni sa 25,51%. Na karti (sl. 2., 3., 4., 5. i 6.) uočljivo je da je glavno područje rasjeda s prevladavajućom horizontalnom komponentom pomaka krila istočni dio strukturne jedinice Bukovica – Promina – Moseć, odnosno područje Sjevernodalmatinske zaravni. To objašnjava i njezinu prividno očuvanu morfologiju. Za razliku od toga, u donjem dijelu poriječja dobro su izražene borane strukturne forme dinarskog pravca pružanja, a uz njih prisutan je utjecaj normalnih i reversnih rasjeda na oblikovanje reljefa. To se posebno ističe na području između Pukljanskog jezera i Šibenika (POLŠAK I DR., 1990.).

Današnji kompozitni izgled doline rijeke Krke upravo je posljedica međuovisnosti tektonskih odnosa i hidrogeoloških karakteristika stijena. Najveća proširenja oblikovana su na kontaktu regionalnih strukturnih jedinica (Adriatika i Dinarika), a to su Kninsko, Kosovo i Petrovo polje. Uz tektoniku u njihovu oblikovanju veliku važnost imala je i pojava vodonepropusnih i djelomično vodopropusnih stijena na površini koje imaju funkciju potpunih hidrogeoloških barijera. Nizvodnije, brojni rasjedi (posebno novije detektirani horizontalni pomaci) utjecali su na laktasta skretanja Krke, ali i na oblikovanje manjih dolinskih proširenja.

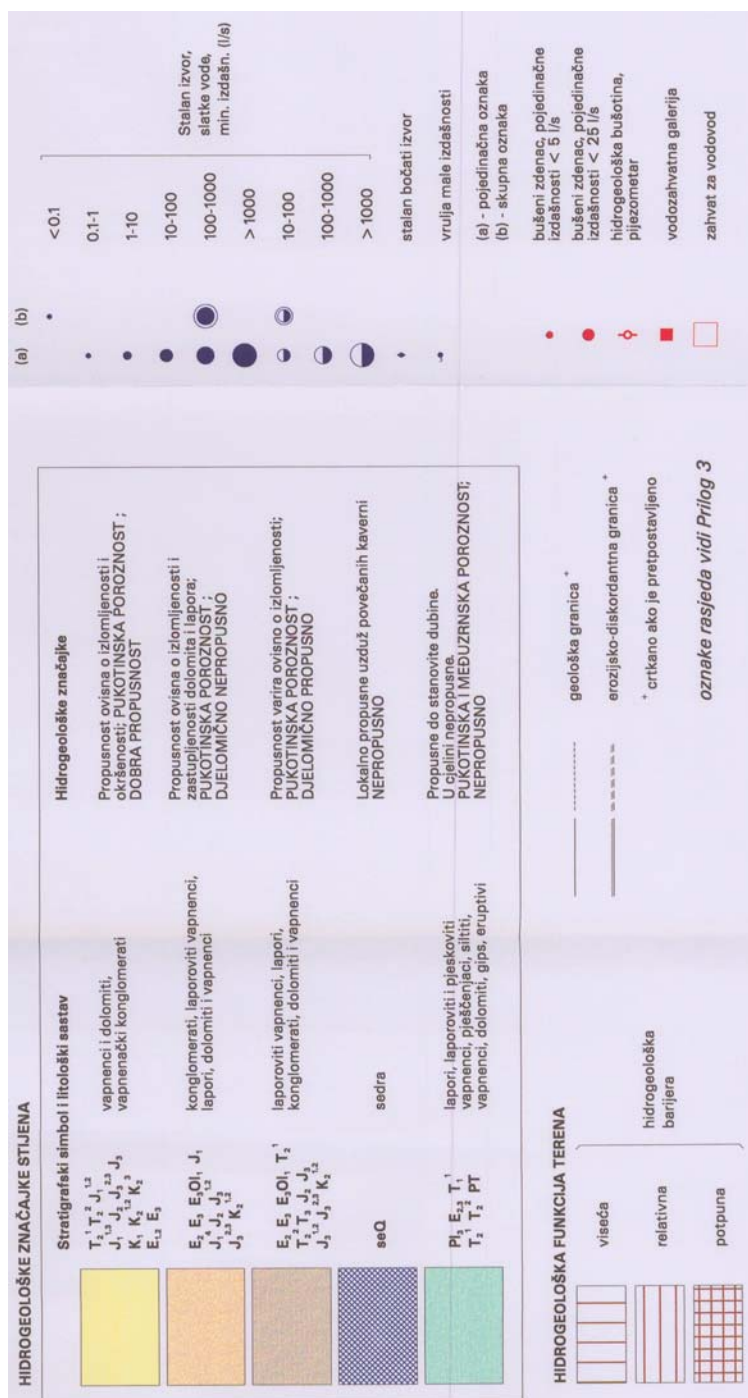
Osnovna hidrogeološka obilježja u poriječju Krke

Krška područja općenito karakterizira bezvodnost. Međutim, gornji dio poriječja Krke ipak je obilježen brojnim tekućicama, što je ponajprije uvjetovano hidrogeološkim značajkama stijena (sl. 6.). Povirje se nalazi na kontaktu vodopropusnih i djelomično vodonepropusnih karbonatnih naslaga koje se nalaze u krovini vodonepropusnih klastita trijasko starosti. Kontakt ovih naslaga dobro je izražen na rubovima dolinskih proširenja (polja), gdje se javljaju i najznačajniji izvori. Poznato je da se u krškom području ne poklapaju topografska i hidrogeološka razvodnica poriječja, odnosno postoji podzemno pritjecanje vode neovisno o reljefu. Dio vode pritječe rijeci Krki i iz Dinarskog zaleđa (Grahovo polje), ali i iz gornjeg poriječja rijeke Zrmanje (FRITZ I DR. 1990). Površina (topografskog) poriječja iznosi oko 2450 km², dok je slijevno područje (hidrogeološko poriječje) oko 2650 km² (FRITZ I DR. 1990)¹. Funkciju potpune hidrogeološke barijere imaju paleozojske, donjotrijasko i neogenske stijene Kninskog, Kosovog i Petrovog polja u izvorišnim područjima rijeke Krke i pritoka, a nalaze se i u tri odvojene zone na ujezerenom dijelu, uzvodno od Skradinskog buka. No, u cjelini, područje nizvodno od Knina najvećim dijelom izgrađuju vodopropusne (vapnenci) i djelomično vodonepropusne (dolomiti, laporoviti i pločasti vapnenci i vapnenački lapori) stijene.

¹ Površina (topografsko) poriječje Krke prema raznim autorima varira od 2083 km² (FERIĆ, 2000) do oko 2500 km² (FRITZ I DR., 1990).



Sl. 6. Hidrogeološka karta dijela poriječja rijeke Krke (preuzeto iz KAPELJ, 2002.)
Fig. 6 Hydrogeological map of the part of Krka River drainage basin (from KAPELJ, 2002)



Legenda za sliku 6.
Legend for Figure 6

Na dijelu poriječja nizvodno od utoka Butišnice Krka je alogeni tok u karbonatima, odnosno propusnim i dijelomično nepropusnim stijenama. To se osobito odnosi na dio toka nizvodno od suženja kod Tanjgine glave do Miljacka vrela. U tom dijelu Krka protječe kroz dobro vodopropusne vapnence. Riječno korito ovdje predstavlja viseći tok s obzirom na to da se voda temeljnica nalazi na dubini i većoj od 50 m ispod razine korita (FRITZ, PAVIČIĆ, 1982., BONACCI, PERICA, 1990)². Slična je situacija i na dijelu toka od manastira Krka do Roškog slapa. Prema Bonacciju i Perici (1990.) osnovni razlog što na ovom dijelu toka Krka ne gubi vodu jest izrazito jak proces kolmacije, odnosno zapunjavanja pukotina glinovitim materijalom. Dapače, u dolini rijeke Krke nizvodno od sutoka Butišnice do Brljanskog jezera uočavaju se dolinska proširenja u kojima je došlo do akumuliranja aluvija koji se uglavnom sastoji od glinovitog, siltoznog i pjeskovitog materijala. Izvor sitnozrnog materijala u prvom redu jest prostor dolinskih proširenja u nepropusnim stijenama.

Klimatska i paleoklimatska obilježja i reljef doline Krke

Srednja godišnja temperatura zraka na području doline rijeke Krke varira od 10 °C do 15 °C. U siječnju na području cijele doline srednja je temperatura viša od 0 °C, a najvećem dijelu doline raspon je od 4 °C do 6 °C. Srednja srpanjska temperatura koleba od 22 °C do 25 °C. Srednja godišnja količina oborina na području poriječja Krke varira od 850 mm (ušće) do 1750 mm (vršni dijelovi planina). Međutim, uočava se nepravilna godišnja raspodjela oborina. Tijekom srpnja područje oko ušća prima oko 40 mm oborina, dok vršni dijelovi planina primaju oko 80 mm oborina. Za razliku od toga srednja količina oborina u studenom na cijelom području prelazi 100 mm, a vršni dijelovi planina primaju i iznad 250 mm oborina (PENZAR, PENZAR, 1990.).

Ovakav godišnji hod temperatura i oborina odražava se na izrazito nepovoljan protok vode tijekom ljetnih mjeseci. Suprotno tome, veća količina oborina i niže temperature utječu na izrazito povećanje protoka tijekom hladnog dijela godine. Također, takve klimatske prilike utječu i na isparavanje, koje je osjetno veće ljeti. Treba naglasiti da je jedno od osnovnih klimatskih obilježja razmjerno česta pojava jakih intenzivnih oborina. Takve prilike utjecale su na česta plavljenja Kninskog polja, ali i dolinske ravni nizvodnijeg dijela doline Krke.

Pri oblikovanju doline rijeke Krke veliko značenje imale su paleoklimatske prilike. Izmjena hladnijih glacijala i toplijih interglacijala odrazila se na cikličko usijecanje korita rijeke Krke i oblikovanje njezine doline (POLŠAK I DR., 1990., SRDOČ, 1990.). Naime, tijekom toplijih razdoblja dolazilo je do nastanka sedre, odnosno stvaranja sedrenih barijera koje su predstavljale uspore za vodu. Iznad sedrenih barijera dolazilo je do ujezerivanja i taloženja suspendiranog materijala. Na taj način smanjena je transportna snaga vode, ali i njezina erozijska moć. Suprotno tome, tijekom hladnijih razdoblja, posebno početkom glacijala, kada je bio prisutan porast količine oborina uz postupni blagi pad temperature bili su stvoreni uvjeti za jačanje fluvijalne erozije uz velike protoke. Slične prilike obilježavaju i središnje razdoblje glacijala kada je količina oborina veća za oko 20%, a temperatura manja za 4 °C do 5 °C od današnje. Druga polovica glacijacije

² Prema Stojiću i dr. (1982.) voda temeljnica nalazi se na najvećoj dubini (oko 100 m) na području Bilušić buka.

obilježena je smanjivanjem količine oborina (do prije 20 000 godina i za 20% u odnosu na današnje) zbog akumulacije leda u Dinarskom prostoru i posljedičnog snižavanja temperatura (temperatura je bila niža za oko 12 °C u odnosu na današnju) (ŠEGOTA, 1968., ŠEGOTA, FILIPČIĆ 1996.). Na intenzivno trošenje uvjetovano hladnijim i sušnijim prilikama ukazuje i pojava geološki starijih koluvijalnih breča (LACKOVIĆ, u tisku) kao i glaciofluvijalnih naslaga na području Kninskog polja. Te glaciofluvijalne naslage dospjele su u današnji niži položaj u vrijeme naglog kopnjenja snijega i leda početkom postglacijala.

Geomorfološke značajke doline Krke

U morfološkom smislu u poriječju Krke mogu se izdvojiti tri dijela (FRIGANOVIĆ, 1990., FRITZ I DR., 1990.): planinsko područje na sjeveroistočnom dijelu, dolinska proširenja (polja) u središnjem dijelu i Sjevernodalmatinska zaravan. Osnovna karakteristika planinskog područja je ta da su u njemu duboko usječene doline pritoka rijeke Krke. Osnovna karakteristika dolinskih proširenja³ izražena je hidrografska mreža s brojnim izvorima. Litološke razlike i tektonika odigrale su značajnu ulogu u oblikovanju dolinskih proširenja rijeke Krke. Čitavom poriječju osnovnu morfološku odrednicu daje Sjevernodalmatinska zaravan, u koju je usječen najveći dio doline Krke. Osobina joj je da je jednako uravnjena bez obzira na promjene u litološkom sastavu (konglomerati, vapnenci, laporoviti vapnenci) i da se postupno uzdiže prema planinskom dijelu. O nastanku ove zaravni, ali i općenito, o oblikovanju zaravni na kršu postoji nekoliko teorija, a to su: fluvijalna, abrazijska, tektonska, fluvijalno – abrazijska i korozijska (ROGLIĆ, 1957., FRIGANOVIĆ, 1961., JURAČIĆ 1987.). Prema Juračiću (1987.) na mladost ove zaravni ukazuju rijetki i plitko razvijeni egzokrški oblici.

Dolina rijeke Krke svojim je reljefom izrazita kompozitna dolina koja se sastoji od većeg proširenja u Kninskom polju (sl. 8.), duge klisure (sl. 9.) s nizom klanaca i manjih proširenja (sl. 7.) i od potopljenog dijela doline. Većim dijelom svog toka nizvodno od Knina rijeka Krka siječe geološke strukture, što je vjerojatno predisponirano poprečnim rasjedima (JURAČIĆ, 1987.). Na dijelovima gdje se na površini nalaze stijene podložnije mehaničkom trošenju nastala su dolinska proširenja (Carigradska luka – manastir Krka, kod Roškog slapa, sjeverni dio Visovačkog jezera, dva veća proširenja u estuariju: Prukljan i Šibenska luka), koja su paralelna s pružanjem geoloških struktura (JURAČIĆ, 1987.).

Jedno od prepoznatljivih obilježja rijeke Krke su sedrene barijere (sl. 10.). Nastale su u povoljnim klimatskim uvjetima na pregibima koji su genetski vezani uz litološke razlike, ali i tektonske pokrete. Nastanak sedre započeo je u razdoblju pleistocena (interglacijali), te s povremenim prekidima traje do danas (u zadnjih 8500 do 8000 godina – FRIGANOVIĆ, 1961.). Pleistocensku sedru u dolini rijeke Krke nalazimo iznad današnjeg korita, što nam s obzirom na vertikalno razmjernu neporemećenost Sjevernodalmatinske zaravni govori o visini na kojoj je u to doba tekla rijeka. To

³ Prema međunarodno najčešće upotrebljavanoj podjeli krška polja I. Gamsa (1978.) predstavljaju zatvorene depresije, s jasno izraženom krškom hidrologijom, odnosno postojanjem vrela i ponora. Također, krška su polja uvjetno odijeljena od slijepih dolina na temelju dužine (veća od 1000 m) i širine (veća od 400 m) (GAMS, 1978.).

potvrđuje da je rijeka Krka tekla već ranije, prazneći ujezerene zavale polja. Tragovi siparišnih breča kvartarne starosti, većinom ispod današnjih aktivnih sipara (LACKOVIĆ, u tisku), ukazuju na starost i cikličku prirodu usijecanja doline Krke.



Sl. 7. Dolinsko proširenje Carigradska luka
Fig. 7 Valley widening of Carigradska luka

Krka izvire kod sela Topolja na sjвероistočnom dijelu Kninskog polja podno Dinare. Na tom se mjestu može vidjeti prva neobična pojava. Naime, njezino glavno vrelo nalazi se pod 22 m visokom i 40 m dugom sedrenom barijerom njezine pritoke Krčića. Krčić je u morfogenetskom pogledu izvorište Krke, s kojom je u prošlosti tvorila jednu tekućicu (ŠEGOTA, 1968., FRIGANOVIĆ, 1990.).

U Kninskom polju (sl. 8.) pritoke rijeke Krke istaložile su u krovinskom dijelu kvartarnih naslaga pijesak i šljunak. Međutim, barsko-jezerski sedimenti i jezerska kreda ukazuju da je tijekom geološke prošlosti Kninsko polje predstavljalo taložnicu. Sve do početka 20. st. bilo je redovito plavljeno. Zbog toga su od 1835. snižavane sedrene barijere Čavlinih brzaca i Bilušića buka⁴ (sl. 10.) (FRIGANOVIĆ, 1990). Kao posljedica snižavanja sedrene barijere Bilušića buka nestalo je istoimeno jezero koje se uzvodno

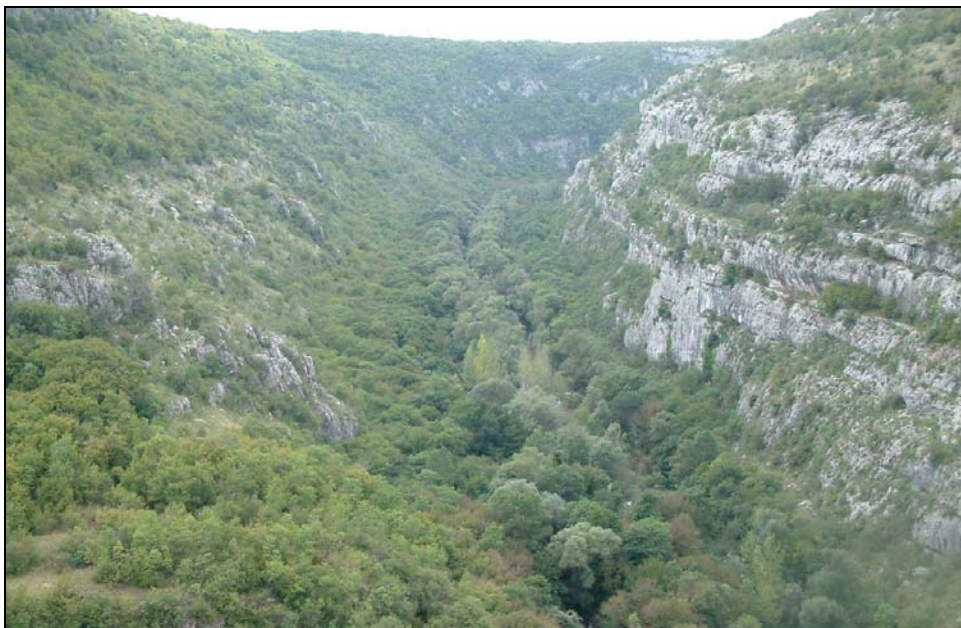
⁴ Bilušića buk, kao i uzvodni Čavlini brzaci, snižavani su 1835., 1895. i 1953. godine radi ubrzanja otjecanja vode, odnosno da bi se spriječilo plavljenje Kninskog polja.

protezalo u duljini od 1100 m. Nakon toga rijeka Krka je usjekla svoje korito u aluviju. Aluvij je poglavito sastavljen od muljevitog i pjeskovitog materijala.



Sl. 8. Dolinsko proširenje Kninsko polje
Fig. 8 Valley widening of Kninsko polje.

Na uzvodnom dijelu od Čavlinih brzaca pa sve do Knina kontinuirano se uočava aluvijalna ravnica (sl. 11. i 12.). Prosječna širina dolinskog dna u tom dijelu toka iznosi oko 100 m, a najveća je na području Livera (sl. 13. i 14.), Vukše (250 m) i Marjanovića torova (200 m). Za manja dolinska proširenja karakteristično je da su genetski povezana s rasjednom tektonikom, odnosno poprečnim rasjedima (sl. 2., 3., 4. i 5.). Poprečni rasjedi pogodovali su nastanku brojnih bočno urezanih jaruga, odnosno dolinska proširenja na njihovim dnima dosežu maksimalnu širinu (npr. na području Livera i Vukše). Na hipsometrijskim prikazima (sl. 2. i 3.) uočava se kompozitni karakter tog dijela doline rijeke Krke. Jasno su izraženi brojni pregibi između kojih se nalaze izdužena dolinska proširenja. Mjestimično se uočavaju i manje pojave sedre (npr. podno Matasa, sl. 15.), iza kojih je u prošlosti bilo ujezerenih dijelova doline. Na to ukazuje i nešto viši položaj aluvija iznad ostataka barijera. Izdužena dolinska proširenja bila su plavljena (posebno prije regulacijskih zahvata), a obilje suspendiranog i sitnozrnog materijala utjecalo je na izrazitu kolmaciju. Za izrazito visokih vodostaja, odnosno plavljenja aluvijalnih ravni prema Bonacciju i Perici (1990.) dio vode ponire u karbonatnim dolinskim stranama, dok za niskih vodostaja gubitaka nema ili su zanemarljivi.



Sl. 9. Klisura nizvodno od slapa Brljan
Fig. 9 Gorge downstream from Brljan waterfall



Sl. 10. Bilušića buk
Fig. 10 Bilušića buk (waterfall)



Sl. 11. Aluvijalna ravnica kod Marasa – uzvodni, istočni dio
Fig. 11 Alluvial plain at Marasi – upstream, eastern part



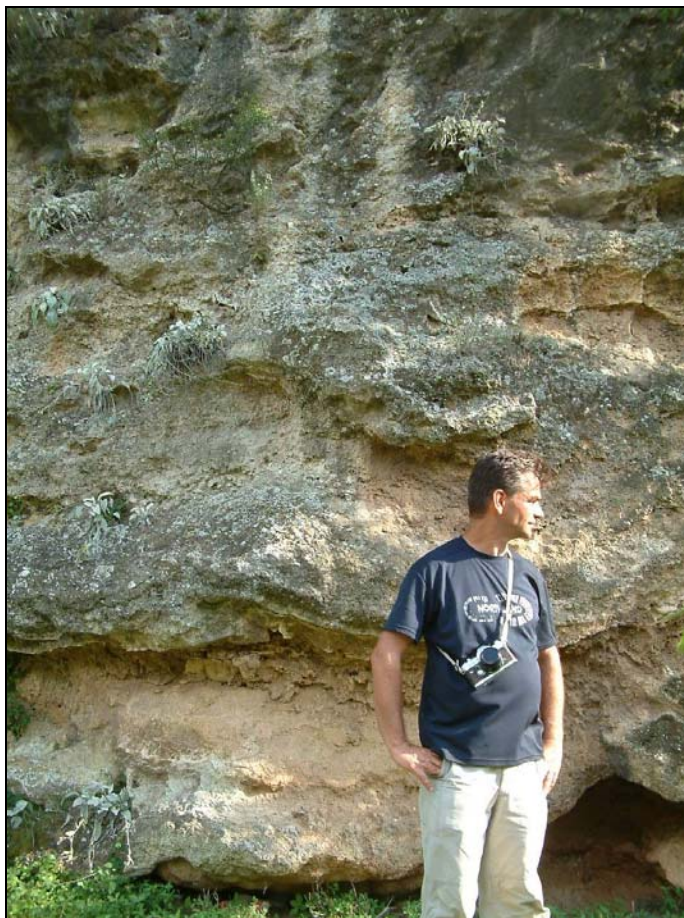
Sl. 12. Aluvijalna ravnica kod Marasa – nizvodni, zapadni dio
Fig. 12 Alluvial plain at Marasi – downstream, western part



Sl. 13. Dolinsko proširenje Liver – uzvodni, istočni dio
Fig. 13 Valley widening of Liver – upstream, eastern part



Sl. 14. Dolinsko proširenje Liver – nizvodni, zapadni dio
Fig. 14 Valley widening of Liver – downstream, western part



Sl. 15. Mrtva sedra u dolini rijeke Krke nedaleko Marasa
Fig. 15 Dead tufa in Krka river valley near Marasi

Unutar aluvija uočavaju se veći fragmenti izrazito oštrobriđog kršja (sl. 16.) što ukazuje da nisu transportirani na veće udaljenosti, već su ovamo dospjeli iz neposredne blizine. To se kršje nalazi i u samom riječnom koritu, a mogu se uočiti i uglavljeni fragmenti u ostacima sedrene barijere Bilušića buka (sl. 17.). To znači da su tamo dospjeli u doba rasta sedre. To je kršje vjerojatno derazijskog postanka, a u dolinu je dospjelo bujičenjem s okolnih dolinskih strana, kada je transportna moć jaka, a put kratak. Od derazijskih procesa na bočnim stranama ovog dijela doline ističu se mehaničko trošenje i osipanje te urušavanje na strmim ogoljelim stranama. Derazijski procesi najizraženiji su u reljefnom oblikovanju dolinskih strana. Naime, za derazijske procese karakteristično je da prevladavaju nagibi veći od 32° (sl. 4. i 5.) Kao posljedica toga uočavaju se koluvijalni zastori. Derazijski procesi poglavito se javljaju na onim dijelovima dolinskih strana koji su izgrađeni od vapnenaca i dolomita, dok u dijelovima gdje su pločasti laporoviti vapnenci, prevladava spiranje (sl. 18.).



Sl. 16. Kršje u koritu rijeke Krke

Fig. 16 Debris in Krka river channel

Važan utjecaj na intenzitet egzogenih procesa imaju antropogeni i zoogeni utjecaji. U razmjerno dugotrajnom razdoblju, a sve donedavno vladali su uvjeti pastoralne ekonomije i razmjerno guste napučenosti uz rijeku Krku. Tako je znatnoj mjeri (gotovo u potpunosti) došlo do degradacije prirodnoga (šumskoga) vegetacijskog pokrova. Sve donedavno (do prije 30-ak godina) područja neposredno uz Krku (dolinske strane, a i područje zaravni) korištena su ponajprije za ispašu ovaca i koza. Na taj način došlo je i do uništavanja travne vegetacije (trganje busenova papcima). Kao posljedica toga na dolinskim stranama bili su znatno intenzivniji derazijski procesi. Na području zaravni to je među ostalim intenziviralo nastajanje golog i polupokrivenog krša. Naime, značenje vegetacije kao zaštitnog pokrivača pred egzogenim je procesima skoro u potpunosti nedostajalo, a poniranj u vode i intenzivnoj koroziji pogodovala je i blaga nagnutost zaravni. Naime, na području zaravni uočava se izrazita prevlast nagiba manjeg od 2° (sl. 4. i 5.). Međutim, tome treba dodati i negativan utjecaj vjetra (česte bure!) i odnošenje tla vjetrom (deflacija). Ogoljenost je znatno utjecala i na hidrološke prilike, odnosno veće gubitke evaporacijom s jedne strane i brže površinsko otjecanje na dolinskim stranama

(spiranje!) s druge. Na području zaravni voda je pak brže ponirala u razlomljenu karbonatnu podlogu. U takvim uvjetima rijeku Krku karakterizirala je u razdoblju oborina češća pojava naglih visokih vodostaja. Osobito je zanimljiv primjer Krčića gdje su prema Friganoviću (1990.) takvi negativni antropogeni i zoogeni utjecaji doveli do češće bezvodice s jedne strane, a s druge pri bujičnom otjecanju do uništavanja starih sedrenih barijera.



Sl. 17. Kršje u sedri Bilušića buka
Fig. 17 Debris in tufa at Bilušić buk

U novije doba, kao posljedica ruralnog egzodusa na širem području osjeća se sve veća regeneracija vegetacije, koja uz to umrtvljuje koluvijalni materijal na dolinskim stranama (sl. 19.). Osobito je to uočljivo na području NP Krka, gdje je važnu ulogu odigrala zaštita prirode te pošumljavanje goleti alepskim (*Pinus halepensis*) i crnim borom (*Pinus nigra*).



Sl. 18. Spiranjem oblikovani žlijebovi u laporovitim vapnencima kod Carigradske luke
Fig. 18 Gutters in marly limestone at Carigradska luka, formed by washout



Sl. 19. Koluvijalno kršje na dolinskim stranama sve više umrtvljuje vegetacija
Fig. 19 Colluvial debris cones on valley slopes stabilized by vegetation

Zaključak

U morfološkom smislu u poriječju Krke mogu se izdvojiti tri dijela: planinsko područje na sjeveroistočnom dijelu, dolinska proširenja (polja) u središnjem dijelu i Sjevernodalmatinska zaravan. Osnovna je karakteristika planinskog područja da su u njemu duboko usječene doline pritoka rijeke Krke. Osnovna je karakteristika dolinskih proširenja (polja) izražena hidrografska mreža s brojnim izvorima. Litologija i tektonika imala je značajnu ulogu u oblikovanju dolinskih proširenja pritoka Krke, koji čine lokalnu erozijsku bazu. Kompozitnost dolina posljedica je međuovisnosti litoloških i tektonskih odnosa.

Dolina Krke svojim je reljefom izrazita kompozitna dolina koja se sastoji od većeg proširenja u Kninskom polju, duge klisure s nizom klanaca i manjih proširenja i od potopljenog dijela doline. Dolina Krke je poligenetska dolina, jer su u njezinu postanku sudjelovali mnogi čimbenici i jer je nastala kombiniranim djelovanjem tektonike, fluvijalne erozije, korozije, denudacije, akumulacije i antropogenih i zoogenih procesa.

Najveća dolinska proširenja (polja) oblikovana su na strukturno predisponiranom kontaktnom području Adriatika i Dinarika, gdje su istodobno na površini vodonepropusne klastične naslage. U kanjonskom dijelu uočavaju se manja dolinska proširenja koja su također oblikovana kao posljedica međuovisnosti tektonskih i litoloških odnosa. Tijekom geološke prošlosti mogu se pratiti izmjene razdoblja jačeg usijecanja i zatrpavanja doline okolnim, poglavito padinskim materijalom.

Jedno od prepoznatljivih obilježja rijeke Krke su sedrene barijere. Nastanak sedre započeo je u razdoblju pleistocena, te s povremenim prekidima traje do danas. Pleistocenska sedra u dolini rijeke Krke i njezinih pritoka nalazi se i do 20 m iznad današnjeg korita, što nam s obzirom na vertikalno razmjernu neporemećenost Sjevernodalmatinske zaravni govori o visini na kojoj je u to doba tekla rijeka. To potvrđuje da je rijeka Krka tekla već ranije, praznivši ujezerene zavale polja. Tragovi siparišnih breča pleistocenske starosti, većinom ispod današnjih aktivnih sipara, ukazuju na starost i cikličku prirodu usijecanja doline Krke.

Izdužena dolinska proširenja bila su plavljena (posebno prije regulacijskih zahvata), a obilje suspendiranog i sitnozrnog materijala utjecalo je na izrazitu kolmaciju. Unutar aluvija uočavaju se veći fragmenti izrazito oštrobriđog kršja, što ukazuje da nisu transportirani na veće udaljenosti, već su ovamo dospjeli iz neposredne blizine. Kršje se nalazi i u samom riječnom koritu, a mogu se uočiti i primjerci uglavljeni u ostacima sedrene barijere Bilušića buka. To znači da su tamo dospjeli u doba rasta sedre. Spomenuto kršje dospjelo je u dolinu Krke bujičenjem s okolnih dolinskih strana, kada je transportna moć tekućice bila jaka, a put kratak.

Derazijski su procesi najizraženiji u reljefnom oblikovanju dolinskih strana. Prevladavaju nagibi veći od 32°. Kao posljedica toga nastali su koluvijalni zastori. Za njih je karakteristično da se ponajprije javljaju u onim dijelovima doline koji su izgrađeni od vapnenaca i dolomita, dok u dijelovima gdje su pločasti laporoviti vapnenci prevladava spiranje.

Intenzitet padinskih procesa osobito je uvjetovan antropogenim čimbenicima i zoogenim značajkama. U novije doba, kao posljedica ruralnog egzodusa na širem području osjeća se sve veća regeneracija vegetacije. Osobito je to uočljivo na području NP Krka gdje je važnu ulogu odigrala zaštita prirode.

LITERATURA

- BONACCI, O., PERICA, S. (1990.): *Specifičnosti hidrologije sliva Krke*, Ekološke monografije knjiga 2, Zbornik radova sa Simpozija: "NP Krka – stanje i problemi zaštite ekosistema, HED, 85-114, Zagreb.
- CVJIĆ, J. (1926.): *Geomorfologija (Morphologie terrestre)*, II., Državna štamparija kraljevine Srba, Hrvata i Slovenaca, pp. 506, Beograd.
- FERIĆ, S. (2000.): *Krka: vodič rijekom Krkom i Nacionalnim parkom "Krka"*, Nacionalni park "Krka", pp. 111, Šibenik.
- FRIGANOVIĆ, M. (1961.): *Polja gornje Krke*, Geografski institut, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.
- FRIGANOVIĆ, M. (1990.): *Geografske značajke i vrednote Krke*, Ekološke monografije knjiga 2, Zbornik radova sa Simpozija: NP Krka – stanje i problemi zaštite ekosistema, HED, 1-14, Zagreb.
- FRITZ, F. (1977.): *Litostratigrafska i tektonska osnova hidrogeoloških odnosa Ravnih Kotara i Bukovice*, Doktorska disertacija, Geološki odsjek PMF-a Sveučilišta u Zagrebu, pp. 148, Zagreb.
- FRITZ, F., PAVIČIĆ, A., RENIĆ, A. (1990.): *Porijeklo voda u nacionalnom parku Krka*, Ekološke monografije knjiga 2, Zbornik radova sa Simpozija: "NP Krka – stanje i problemi zaštite ekosistema, HED, 115-126, Zagreb.
- GAMS, I. (1978.): *The polje: the problem of definition*, Z. f. Geomorfologie, NF, 22, 170-181.
- GRIMANI, I., ŠIKIĆ, A. K., ŠIMUNIĆ A. (1966.-1975.): *Osnovna geološka karta 1 : 100 000 list Knin L 33-141*, Savezni geol. zavod, Beograd.
- GRIMANI, I., JURIŠA, M., ŠIKIĆ, A. K., ŠIMUNIĆ A. (1966.-1975.): *Tumač za osnovnu geološku kartu 1 : 100 000 list Knin L 33-141*, Savezni geol. zavod, pp. 61, Beograd.
- HAUER, F. (1868.): *Erläuterungen zur Geologische Uebersichtskarte der Österreichischen Monarchie*, Blatt X. Dalmatien., Jahrb. d. k. u. k. Geol. R. A., Band XVIII. 431-454, H. 3. Wien.
- HORVATINČIĆ, N., ČALIĆ, R., GEYH, M. A. (2000.): *Interglacial growth of tufa in Croatia*, Quaternary Research, 53, 185-195, Washington.
- IVANOVIĆ, A., SAKAČ, K., MARKOVIĆ, S., SOKAČ, B., ŠUŠNJAR, M., NIKLER, L., ŠUŠNJARA, A. (1973.): *Osnovna geološka karta 1 : 100 000 list Obrovac L 33-140*, Savezni geol. zavod, Beograd.
- IVANOVIĆ, A., SAKAČ, K., SOKAČ, B., VRŠALOVIĆ-CAREVIĆ, I. (1973.): *Tumač za osnovnu geološku kartu 1 : 100 000 list Obrovac L 33-140*, Savezni geol. zavod, pp. 61, Beograd.
- IVANOVIĆ, A., ŠIKIRICA, V., SAKAČ, K. (1977.): *Osnovna geološka karta 1 : 100 000. List Drniš K 33-9*, Savezni geol. zavod, Beograd.
- IVANOVIĆ, A., ŠIKIRICA, V., SAKAČ, K. (1977.): *Tumač za osnovnu geološku kartu 1 : 100 000 list Drniš K 33-9*, Savezni geol. zavod, pp. 59, Beograd.
- JURAČIĆ, M. (1987.): *Mehanizmi sedimentacije u nekim estuarijima Jadrana, svojstva recentnih sedimenta i suspendirane tvari*, Doktorska disertacija, Geološki odjel PMF-a Sveučilišta u Zagrebu, pp. 100, Zagreb.
- KAPELJ, J. (2002.): *Strukturni sklop šireg područja Promine u Sjevernoj Dalmaciji i odraz na hidrogeološke odnose*, Doktorska disertacija, Geološki odsjek PMF-a Sveučilišta u Zagrebu, pp. 108, Zagreb.
- KOCH, F. (1914.a): *Geologijaska pregledna karta Knin-Ervenik*, 1 : 75 000 (Zone 29. Col. XIV) – Izd. Kralj. hrv. slav.-dalm. zem. vlade, Odio unutar. poslove, Izd. geol. povj., 9, Zagreb.
- KOCH, F. (1914.b): *Tumač geologijske karte Knin-Ervenik*, Erläuterungen zur Geologischwn Karte knin - Ervenik (Zone 29. Col. XIV) – Izd. Naklada Kralj. hrv. slav.-dalm. zem. vlade, Odjela za bogoštovanje i nastavu, 9, Zagreb.
- KÜHN, O. (1946.): *Das Alter der Promina-Schichten u. der innereozänen Gebirgsbildung*. Jahrb. Der geol. Bundesanstalt u. 2.H., Wien.
- LACKOVIĆ, D. (u tisku): *Predstavljnje geološke baštine Nacionalnog parka Krka putem geoloških izleta ili poučnih geoloških staza*, Zbornik radova povodom 20 godina NP Krka, Šibenik.
- MAMUŽIĆ, P. (1966.-1975.): *Osnovna geološka karta 1 : 100 000 list Šibenik K 33-8*, Savezni geol. zavod, Beograd.

D. Perica, D. Orešić, S. Trajbar: Geomorfološka obilježja doline... Geoadria, 10/2, 131-156, 2005.

- MAMUŽIĆ, P. (1966.-1975.): *Tumač za osnovnu geološku kartu 1 : 100 000 list Šibenik K 33-8*, Savezni geol. zavod, pp. 37, Beograd.
- PAVLETIĆ, Z. (1960.): *Sedreni slapovi rijeke Krke i njihov postanak*, Krš Jugoslavije, 2, JAZU, 71-98, Zagreb.
- PENZAR, B., PENZAR, I. (1990.): *Vrijeme i klima područja Krke*, Ekološke monografije, knjiga 2, Zbornik radova sa Simpozija: NP Krka – stanje i problemi zaštite ekosistema, HED, 51-82, Zagreb.
- POLŠAK, A., KOROLIJA, B., FRITZ, F., BOŽIČEVIĆ, S. (1990.): *Geološka i hidrogeološka obilježja Nacionalnog parka "Krka"*, Ekološke monografije, knjiga 2, Zbornik radova sa Simpozija: "NP Krka – stanje i problemi zaštite ekosistema, HED, 15-50, Zagreb.
- PRELOGOVIĆ (1975.): *Neotektonska karta SR Hrvatske*, Geološki vjesnik, 28, 97-108, Zagreb.
- ROGLIĆ, J. (1957.): *Zaravni na vapnencima*, Geografski glasnik, 19, 109-133, Zagreb.
- RIBANOVIĆ, J. (2000.): *Geografske specifičnosti poriječja u Hrvatskoj*, 2. hrvatski geografski kongres, Lovran, 30. rujna – 03. listopada 1999. Zbornik radova, 99-107, Zagreb.
- RIBANOVIĆ, J. (1994.): *Hidrogeografija*, II. izmijenjeno i dopunjeno izdanje, Školska knjiga, pp. 215, Zagreb.
- RIBANOVIĆ, J. (1974./75.): *Hidrografske značajke Južne Hrvatske*, Geografski glasnik, 36/37, Zagreb.
- SCHUBERT, R. (1909.): *Geologija Dalmacije*, Verlag Dalmat. Matica, pp. 181, Zara.
- SRDOČ, D., HORVATINČIĆ, N., OBELIĆ, B., KRAJČER, I., SLIPEČEVIĆ, A. (1985.): *Procesi taloženja kalcita u krškim vodama s posebnim osvrtom na Plitvička jezera*, Krš Jugoslavije, 11/4-6, 101-204, Zagreb.
- STOJIC, P., FRITZ, F., BORIĆ, M. (1982.): *Kompensacioni bazen – Bobodolsko jezero HE Manojlovac II*, Saopštenja XII kongresa Jugoslavenskog društva za visoke brane, 59-65, Budva.
- ŠEGOTA, T. (1968.): *Morska razina u holocenu i mlađem Würmu*, Geografski glasnik, 30, 15-39, Zagreb.
- ŠEGOTA, T., FILIPIĆ, A. (1996.): *Klimatologija za geografe*, Školska knjiga, pp. 471, Zagreb.
- ŠIKIĆ, D. (1965.): *Geologija područja s paleogenskim naslagama Istre, Hrvatskog primorja i Dalmacije*, Doktorska disertacija, Geološki odjel PMF-a, Sveučilišta u Zagrebu, pp. 132, Zagreb.
- ŠIMUNIĆ, A. (1970.): *Kvartarne naslage Kninskog polja*, VII. Kongres geologa SFRJ (Predavanja) 1, 361-370, Zagreb.

SUMMARY

Dražen Perica, Danijel Orešić, Srećko Trajbar: Geomorphologic features of the Krka valley and its river basin, with respect to the section from Knin to Bilušić Buk

Regarding the morphology of the Krka river basin, there are three significant sections: mountainous region on the Northeast, wide valley sections (poljes) as middle region and North Dalmatian plane. The main characteristics of the mountainous region are deeply cut tributaries of the Krka. The basic characteristic of wide valley sections (poljes) is a significant hydrographic net with numerous springs. Lithology and tectonics had the important role in modelling of widened valleys of the Krka's tributaries. It represents the local erosional base. The composite character of the valley is the result of interaction of lithology and tectonics.

The Krka is, due to its relief, a distinct composite valley that consists of significant widening of Kninsko Polje, a series of gorges with widenings, and a drowned valley section. The Krka valley is a polygenetic valley due to many factors playing role in its modeling, and because it originated from combined processes like tectonics, fluvial erosion, corrosion, denudation, accumulation, anthropogenic factors and zoogenic processes.

The widest valley sections (poljes) have been formed on predisposed contact area of Adriatic and Dinaric, where exist also impermeable clastic deposits on the surface. In gorges, there

are some widened areas, which are caused by local lithology and tectonics. Through the geological history there are periods of stronger incision and burial with local, mainly slope talus.

Tufa barriers are also characteristic features of the Krka River. Growth of tufa began in the Pleistocene and regardless of few interruptions, they still accumulate. The Pleistocene tufa in the Krka river valley is located even 20 meters above the present channel, documenting the level of paleo channel in relation to rather undisturbed North Dalmatian plane. This confirms that the Krka River flew before discharging lakes in poljes. Traces of slope talus breccia of Quaternary age, commonly underneath the present active slope talus cone, indicate age and cyclic river incision.

Elongated valley widenings were flooded (especially before regulation project), and a lot of suspended and fine grained material influenced a significant colmatage. The alluvial deposits contain larger sharp-edged debris indicating short distance transportation from immediate vicinity. There is also debris in the channel, some stuck in the tufa barrier of Bilušić Buk (waterfall). It means that they have been brought there during barrier growth. This debris has come by torrents from side valleys.

Derassion processes were most prominent in shaping of valley slopes. Slope dip is commonly over 32°. Colluvial drapes were formed as a consequence. They are primary formed in the valley sections built of limestone and dolomite, while in other sections built of thin-bedded marly limestone washout occurs.

The significance of slope processes increased by anthropogenic and zoogenic influence. Recently, as a consequence of rural exodus in the wider region, vegetation is regenerating. It is evident in the National Park Krka where nature protection has played an important role.