

ДУБИНСКА КРАШКА ВРЕЛА У КРШУ ИСТОЧНЕ СРБИЈЕ

С а д р ж а ј: Сходно геолошком саставу и рељефу, већина крашких извора и врела у Источној Србији истиче гравитационо. Дебљина кречњака у том простору је од неколико десетина до неколико стотина метара. Њихова основа, представљена палеозојским шкриљцима и пешчарима, често је еродирана. То је разлог појаве великог броја понорница. Многе крашке оазе су прекривене језерским седиментима.

Кљ у ч н е р е ч и: крашки извори, Источна Србија

A b s t r a c t: As the consequence of geological composition and relief, most of karstic wells and springs in Eastern Serbia discharges gravitationally. The thickness of limestone rocks in this area is from several tens to five hundred meters and over. Their base is composed of Paleozoic schists and sandstone often on the mountain crests being denuded. That is the cause of great number of occurrences of karstic river disappearing into earth. Most of troughs surrounding mountains is filled by lacustrine deposits, most frequently consisting of clays overlaying limestone.

К e y w o r d s: karst wells, Eastern Serbia

Увод

Дубинска врела представљају посебан тип крашких извора. Она избијају под великим притиском из пећинских система чији су излазни канали залегли дубоко испод котлинских равни и корита река. Јављају се уз обод котлина, испуњених језерским седиментима, у врху ерозивних корутина, али и клобучају у котлинским равнима. Позната дубинска врела у овој области предствљају наставак река понорница које извиру и пониру на разореним билима околних планина. У Источној Србији то су најјача крашка врела из којих истичу праве реке витлајући и по неколико воденичних камена. Два таква врела, Модро око и Жагубичко језеро, проучавао је и детаљно описао Ј. Цвијић у познатој студији "Извори, тресаве и водопади у источној Србији", још крајем прошлог века. Оба врела избијају из "ујезерених вртачистих депресија" (Цвијић Ј., 1896). Прво врело избија у спуподини Свљишких планина а на ободу Белопаланачке котилине, док се друго јавља под Бељаницом у врху Хомољске котлине. Друга два дубинска крашка врела, Крупајско и Кавак, разликују се од претходних по начину избијања. Прво истиче гравитационо из пећине, док се друго јавља у тањирастој депресији образованој у језерским седиментима.

Највеће измерене дубине, по Ј. Цвијићу, износиле су 12,5 m у басену Модрог ока и 14 m на дну Жагубичког језера. Мерене ужетом и тегом праве дубине нису могле бити стварне због великог потиска воде на излазним гротлима вертикалних јама на дну басена. На првом сужењу вертикалне јаме на дну Жагубичког језера, при

* Др Јован Б. Петровић, редовни професор, Институт за Географију, ПМФ, Нови Сад.

протицају од око $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$, брзина воде била је већа од 1 m/s . Таквом снагом вода је потискивала тег и тежине од око 10 kg . Последњих деценија, захваљујући савременој опреми, спелеолози-рониоци успешно обављају испитивања потопљених пећинских система. Прва таква испитивања извршена су 1974. године у басену Модрог ока, када су спелео-рониоци доспели до дубине од око 40 m . Доцнија испитивања су показала да се вертикална јама, која избија на дну басена, спушта знатно дубље. Последњих година слична испитивања су обављена и у басену Жагубичког језера и Крупајског врела. Сва су она показала да се вертикални канали врела спуштају и преко 70 m , односно 80 m испод коте истицања.

Крашки предели Источне Србије припадају плитком кршу типа јуре (Цвијић Ј., 1924). То су области које имају изглед "острвског карста", јер су све кречњачке планине окружене котлима испуњеним неогеним језерским седиментима (Јовановић П., 1924). Крашке области Источне Србије не могу се у целини сврстати у плитки крш који се једино јавља на теменима антиклинала где кречњаци имају најмању дебљину. На великом броју планина, као што су Хомољске, Бељанивца, Кучај, Сврљишке и друге планине, где су кречњачке стене биле мале дебљине, крашком и селективном ерозијом разорена су њихова била и откривене палеозојске стене подлоге. Дебљина кречњака на крилима планинских антиклинала је знатно већа, тако да у појединим котлинама ове стене дубоко залежу испод језерских седимената. Тако, на Сувој планини, у односу на Белопаланачку котлину, дебљина кречњака прелази 1.000 m . У котлинама средњих и горњег Понишавља дебљина језерских седимената прелази 200 m , а испод њих леже скрашћене кречњачке стене, па се такве области не могу сврстати у плитки крш. У дугој и уској Крупајско-крепољинској ерозивној корутини (котлини), на западном ободу Бељанице, нема језерских седимената, али је њена лева страна у горњем делу састављена од пермо-тријаских црвених пешчара.

Морфолошко-хидролошке одлике Модрог ока

Модро око или Крупачко врело избија на јужној суподини Сврљишких планина, а на северном ободу Белопаланачке котлине, на висини од 260 m . Сврљишке планине представљају издужен планински венац, правца запад-исток, окружен Белопаланачком котлином и долином Нишаве са југа и Сврљишком котлином и долином Сврљишког Тимока са севера. Главни, јужни планински венац дугачак је, од превоја Грамаде на западу до Козјанске падине на истоку, око 16 km , а укупна ширина планине износи око 12 km . Западни део планинског венца, између Сићевачке котлине и Белоињских корита, широк је око 4 km и на њему се висином истиче врх Плеш (1.267 m). Почевши од Гулијанских планина, које заузимају средишњи део планинског венца, и највишег Зеленог врха (1.334 m), планинско било се шири у простране површи које леже на висинама $1.000\text{-}1.100 \text{ m}$ и $900\text{-}1.000 \text{ m}$. Сабирна област Крупачког врела развијена је само на јужном венцу Сврљишких планина.

Сврљишке планине, окружене котлинама испуњеним млађим језерским седиментима, спадају у ону групу планина Источне Србије на чијем су разривеном билу оголићене палеозојске стене подине. Тиме је откривена њена унутрашња геолошка грађа и тектонска структура. Утврђени положај подинских палеозојских стена од великог је значаја за разграничење сабирних области крашких врела која се јављају на северној и јужној суподини Сврљишких планина.

Сврљишке планине су типична кречњачка планина чије језгро чине палеозојске стене, а падине делимично покривају језерски седименти околних котлина. У њиховој геолошкој грађи кречњаци учествују са преко 85% , док њихова заступљеност на главном венцу прелази 95% . Кредни кречњаци баремског ката имају

највеће распрострањење. Најчешће су слојевити и банковити, али има и танкослојних, чак и плочастих. Вишеструко су убрани, али у основи падају ка североистоку. Испресецани су бројним раседним и другим пукотинама, садрже велики проценат CaCO_3 и јако су подложни карстификацији. Ограничено распрострањење имају масивни кречњаци, као и флишне кретацејске стене. Танкослојни пешчари и лапорци показују се у виду удолине, дужине око 3 km и ширине до 1,5 km, подно Рињских планина. Појава флишних стена у грађи главног венца Сврљишких планина од великог је значаја за развој прекрашке хидрографије али и за процес развоја дубинске карстификације. У њој се зачиње и скрашћена долина Рињски дел усмерена према Крупачком врелу. Дебљина флишних стена не прелази десетине метара, док су кредни кречњаци знатно моћнији: на северним одсецима главног венца дебљина им се креће од 150-250 m, док према јужној суподини нараста на преко 1.500 m.

Јужне кречњачке падине Сврљишких планина делимично су покривене језерским седиментима Белопаланачке котлине. Између скрашћених долина Долски и Рињски дел они се пењу до висине од 600 m, док су у осталим деловима спрани све до корита Нишаве. Отуда је и њихов утицај на дубинску карстификацију занемарљив.

Тектонски склоп Сврљишких планина истоветан је са грађом осталих планина у Источној Србији. Палеозојске стене, откривене на разореном билу планине, чине језгро антиклинале које покривају мезозојски кречњаци различите моћности. За правац кретања подземних крашких вода од највећег су значаја односи између унутрашње антиклинале и топографске површине. На Сврљишким планинама подземно развође је у знатној мери умерено према северу и Сврљишкој котлини. Тако се највећи део планине подземно одводњава ка сливу Нишаве.

Сабирна област Модрог ока, јединог сталног крашког врела у јужној суподини Сврљишких планина, обухвата главни венац од Плеша на западу до Козјанских планина на истоку. Овај простор, површине 75-80 km², представља типичну крашку област без површинског отицања, изузимајући доње делове долине Бандола и Долског дела којима ретко потеку бујице и после јаких летњих пљускова.

Тектонски рељеф Сврљишких планина битно је измењен разарањем северног крила антиклинале. Крашко-селективном ерозијом разорене су кречњачке стене повлате и оголићене палеозојске наслаге подине. Образовањем дугачке и уске удолине Сврљишке планине су рашчлањене на два кречњачка венца. И док је главни планински венац остао јединствен, дотле је нижи, северни, разбијен већим бројем речних долина левих притока Сврљишког Тимока.

Главни планински венац Сврљишких планина представља типичну крашку област. На билу планине образоване су две високе површи разједене бројним вртачама и мањим увалама. И док су вртаче разбацане без икаквог реда, дотле се увале јављају у кратким скаршћеним долинама. Овим долинама јужни венац Сврљишких планина издељен је на Гулијанске, Рињске, Белољинске и Козранске планине, које заједно представљају пространу област без површинског отицања.

Јужне падине Сврљишких планина, које се ступњевито спуштају према Белопаланачкој котлини, разбијене су трима скаршћеним долинама-деловима. Плитки и широки у горњим деловима, у флишним стенама, у доњим они су дубоки и уски све док не избију у раван Белопаланачке котлине. Само долина Рињског дола не избија у раван котлине, већ се завршава viseћи изнад изворишта Крупачког врела.

Подземни крашки рељеф у Сврљишким планинама је различито развијен. На јужном планинском венцу јавља се више десетина јама, само три кратке пећине, док су у северном венцу бројне пећине, а нема јама. Највећи број јама налази се на високим површима. Од 13 испитаних 8 су типичне јаме звекаре дубоке 20-30 m. Дубина осталих јама не прелази 45 m. Гротла скоро свих јама налазе се испод каменитих страна вртача или у доњим деловима вртача; ове друге су понорске.

Врелска пећина налази се око 300 m изнад Крупачког врела, на левој страни кањонског дела скаршћеног Рињског дола. Дугачка је око 70 m, највеће ширине 2,5 m и висине до 2 m. Од улаза једноставан ходник благо се пење и сужава, а завршава се вертикалним процепом испуњеним дробином и глином. Долска пећина се налази у врху села Дола. Отвор се налази испод кречњачког одсека, високог око 15 m, којим се завршава кратка долина. Дужина јој не прелази 25 m, а из ње истиче повремени извор. Трећа пећина је најузводнија. Лежи на око 40 m изнад корита Нишаве у атару села Клење. Дугачка је око 40 m, врелског је типа, са дном покривеним дробинским и глиновитим материјалом.

Морфометријске карактеристике врелског система

У систему Крупачког врела издвајају се басен Модрог ока и вертикална јама са потопљеном двораном. Површински део врела представља асиметричан левак којим се завршава канал сложеног, потопљеног пећинског система.

Басен Модрог ока представља потопљени део изворишног облука Крупачког врела. Изворишни облук врела лежи испод вертикалног одсека Ручистене (589 m) на висини од 260 m. Југозападну страну изворишног басена, кружног облика, пробила је отока језера усецајући своје корито широко око 20 m. Овим пробојем слив Модрог ока добио је елипсаст облик. И ујезерени део изворишног облука, у виду "потопљене вртачaste депресије" (Цвијић Ј., 1957), са три стране је окружен вертикалним литицама. Са југозападне стране, коју је пробила отока, дно басена се степеничasto спушта према вертикалним кречњачким одсецима Ручистене. Степеничaste заравни се налазе на дубинама од 1,5 m, 6,5 m, 8 m и 14 m. Највећа дубина у басену измерена је под североисточним одсеком од 14,5 m (Петровић Ј., 1953). Једном подводном прецагом - природним мостом басен Модрог ока био је подељен на западни - плићи и источни - дубљи део, што је установљено испитивањима из 1951. године. Крајем седамдесетих година, када је настављено испитивање Модрог ока, установљено је да је подводни природни мост срушен. Спелеолози-рониоци већ за време првих испитивања спустили су се у потопљене пећинске канале до дубине од 67 m (Спелеолошки одсек Београда, документација). Последња испитивања, за потребе нишког водовода "Наисус", показала су да се потопљени систем пећинских канала не завршава ни на дубини од 83 m (Акванта монт сервис, Београд). То је до сада највећа утврђена дубина пећинских канала.

Гротло јаме, пречника 2,5 m, налази се у источном делу басена, под вертикалним одсеком Ручистене, на дубини од око 13 m. У првом делу, до дубине око 30 m, јама је искошена у правцу североистока а на таваници се показују бројна пукотинска проширења. Искошени део смењује потпуно вертикална јама уједначене ширине. На више места налазе се углављени блокови, али су зидови у целини јако углачани. Вертикална јама завршава се на таваници потопљене дворане која је само делимично испитана. Широка је 10-15 m, а пружа се ка североистоку. Таваница дворане лежи на око 83 m испод површине Модрог ока, односно ујезереног дела басена, 80 m ниже од природног прелива а 80 m дубље од корита реке Нишаве. Басен Модрог ока и потопљени пећински канали представљају јединствен систем дубинског Крупачког врела, образован у дубоко скаршћеним кречњацима јужног крила антиклинале Сврљишких планина. Баремски кречњаци, у којима је изграђен пећински систем јужног крила антиклинале, дубоко залежу под језерске седименте Белопаланачке котлине. У западном делу котлине, непосредно око врела, кредни, скаршћени кречњаци леже на дубинама од 80-120 m испод котлинске равни и корита Нишаве.

Геолошки састав и тектонски односи у изворишту Крупачког врела веома су сложени. Права је реткост да се на овако малом простору изворишног облика Крупачког врела јављају четири врсте кречњачких стена сучељених под различитим условима. Чело изворишног облика изграђено је од банковитих, лева страна од слојевитих, а десна од танкослојних кречњака, док се изнад њих дижу вертикалне литице представљене масивним, спрудним кречњацима.

Сучељавање и налегање различитих кречњачких стена означено је серијом раседа. Источни блок укљештен је између два коса раседа истог правца, али супротних падова, који се секу на таваници потопљене пећинске дворане. Од највећег је значаја за дубинску карстификацију, међутим, северна нишавска раседна зона. Дуж овог снопа ступњевитих раседа спуштена је Белопаланачка потолина која је у неогену заглављена. Постојање дубинских раседа потврђује и термално-минерални извор који се јавља уз само Крупачко врело. Бушотинама је утврђено да је потонула кречњачка серија већ била добро захваћена процом карстификације. У кречњацима, покривеним језерским седиментима, набушене су бројне шупљине, у више нивоа и различитих димензија, испуњених глиновитим материјалом, а неке чак и дробином.

Морфолошко-хидролошке одлике Жагубичког језера и Крупајског врела

У суподини планине Бељанице избијају два јака дубинска врела из којих истичу праве реке. Из Жагубичког језера, на јужном ободу Хомољске котлине, истиче река Млава. Из Врелске пећине у врху Крупајско-крепољинске котлине, истиче Крупаја. Сабирну област ових врела чини северна страна планине Бељанице.

Физичко-географске одлике сабирне области. Планина Бељаница лежи између горњих токова Млаве на северу и Ресаве на југу. Дугачка је, правцем запад-исток, 26 km, широка 6-12 km и највишим врхом на 1.336 m. Бељаница је типично кречњачка и изразито асиметрична планина. Њене северне падине се релативно благо и ступњевито спуштају према Хомољској котлини, док су јужне представљене стрмим и местимично вертикалним одсецима. Такав облик од значаја је и за појаву различитих типова крашких врела, дубинских и гравитационих.

Бељаница је скоро у целости изграђена од јурских и кредних кречњака, уз незнатно учешће доломита, који се простиру на око 90 % њене површине. На површини се јављају и палеозојске и пермо-тријаске стене, док су млађи језерски седименти спрани са њених северних падина све до корита реке Млаве. Палеозојске стене, представљене пешчарима и аргилошистима, јављају се на дну увала створених разарањем била планине. Пермо-тријаски седименти заступљени су на западном ободу Бељанице у зони навлачења.

Мезозојски кречњаци су највећим делом слојевити и банковити, а изузетно и масивни. Слојевити кречњаци су јако убрани, често и згужвани и испресецани пукотинама различитих праваца и дубине. Банковити су великим делом издвојени у виду мањих блокова које раздвајају често зјапеће пукотине. Најчистији су баремски са око 95 %, а затим банковити јурски кречњаци са око 90 % CaCO₃. Дебљина кречњачких стена на планинском билу је најмања и креће се од неколико десетина до око 150 m. На крилима Бељаничке антиклинале дебљина ових стена прелази 1.000 m. Захваљујући саставу и грађи и јурски и кредитни кречњаци јако су подложни карстификацији.

Тектонски склоп Бељанице од прворазредног је значаја за правац кретања подземних крашких вода и дубинску карстификацију. Током последњег орогеног циклуса, убирањем, раседањем и навлачењем, образована је сложена антиклинала Бељанице. Овим процесима истовремено су захваћене палеозојске и мезозојске

формације. Од палеозојских стена образовано је унутрашње језгро антиклинале чије је теме откривено у крашко-селективним увалама на разореном билу планине. Теме унутрашње антиклинале, које представља подземно развође, не подудара се са топографским, већ је знатно померено ка северу. Антиклинала Бељанице јасно је ограничена дубоким раседним зонама, млавском и ресавском. Од великог су значаја и попречни раседи дуж којих је извршено навлачење. Серија навлака почиње на западном ободу Бељанице где су пермско-тријаски црвени пешчари навучени преко мезозојских кречњака.

Тектонски рељеф Бељанице најинтензивније је разаран дуж јужног и западног обода планине. Селективном ерозијом на јужној страни Бељанице образовна је Горњересавска, а на западној Крупајско-крепољинска корутина. Горњересавску корутину, дугачку око 6 km и широку до 2 km, изградиле су Ресава и њена лева притока Суваја, на простору контакта кречњака Бељанице и црвених пешчара и андезитских пробоја. Вертикални одсеци на северној страни корутине образовани су уназадним померањем изворишта Великог и Малог врела. Крупајско-крепољинска корутина, на западној страни Бељанице, образована је у зони контакта кречњака и црвених пешчара. И она је асиметрична, а у зони изворишта Крупајског врела ограничена вертикалним одсецима.

Прекрашки, флувијални рељеф на планинском билу и северној страни Бељанице потпуно је разбијен и дезорганизован. Захваљујући кратком трајању флувијалне ерозије чак су и три висеће речне долине остале плитке. У њима су образоване омање увале, док се у споредним долинама јављају низови вртача. Највеће промене настале су на билу Бељанице, као и у долини двоструке понорнице Суводолске.

Крашко-селективне увале Речке, Бусовате и Циганске пиштаљине (Жагубичке речке) образоване су на планинском билу, непосредно испод главног венца. Удубљивањем вртача у релативно кратком кречњачком надслоју, просечне дебљине 40-60 m, оголићена је подина палеозојских стена. Даљим разарањем планинског била и спајањем вртача селективном ерозијом, на изворској и понорској страни кратких понорница образоване су, у једном низу, три увале. Речке (970 m) и Бусовата (1.000 m), са дном у палеозојским стенама и кречњачким ободом, пружају се правцем запад-исток, а Циганске пиштаљине (1020 m) југоисток-североисток. Дужина им не прелази 2 km, а широкe су око 1 km. Могуће је да су, како пише А. Лазић (Лазић А., 1948), ове увале настале у изворишним деловима прекрашких река. У постјезерској фази једино се одржао бујични Суводолски ток, о чему сведочи велика плавина на ободу котлине. Подземни крашки рељеф северне стране Бељанице одликује се великим бројем јама и одсуством пећина. "Тешко је анализирати дубински карст Бељанице", пише А. Лазић (Лазић А., 1948), "јер се до данас нису могле наћи тако дубоке и велике шупљине које би биле приступачне". У то време била је описана само једна јама Леденица на Бељаници (Спелеолошки одсек Београда, документација). Јама Леденица или Тисова јама налази се око 3,5 km североисточно од увале Речке са улазом на око 890 m. Испитана је до дубине 235 m. У првом делу јама је испуњена ледом, док се у доњим каналима налази пећински накит. Хемијски талози у њој поуздан су доказ о старости и постанку најдубље јаме на Бељаници. Јама Ивков Понор налази се на понорском крају увале Речке, под Речкиним врхом. То је активан понор на висини од 870 m, образован у зони контакта палеозојских и кречњачких стена. Испитана је до дубине од око 140 m. Дубина Ивковог Понора показује да палеозојско језгро антиклинале нагло тоне у западном делу Бељанице. На северној страни Бељанице јавља се још двадесетак јама чије се дубине крећу око 20 m. Само две испитане јаме, у Водном и Добром долу, дубље су од 50 m. Понор Вињаче се налази у врху слепе долине Живкове реке, на висини од 386 m. То је са укупном дужином канала најдужа пећина

у кршу Бељанице. Типична речна пећина, претежно кањонског изгледа, завршава се сифонским језером. По свом положају може припадати систему Крупајског врела у чијем се изворишту и налази (Милосављевић А.). Већи број пећина малих дужина јавља се у кањону Велике Тиснице, узводно од Жагубичког језера. На дну кањона јавља се и неколико скривених понорских јама у којима река понире.

Понорница Речке, Бусовата и Циганске пиштаљине представљају остатак дезорганизоване хидрографске мреже на Бељаници. Површинске реке премештене су у дубину, а подземни водотоци хране четири јака крашка врела што избијају у суподини Бељанице. Понорнице Речке и Бусовата постају од више контактних извора на источној, и после површинског тока од око 2 km, понире на западној страни истоимених увала. Понорница увале Циганске пиштаљине постаје од јаког врела Извор поток које избија испод кречњачког одсека Речкине стране на површи Планинице. После кратког тока она понире на контакту шкриљаца и кречњака, на северној страни долине. После кратког подземног тока воде истичу на врелима великог и Малог бука у изворишту Сувог дола. Воде Сувог дола поново делом понире у издухама по дну кањона, а један њихов део избија на Врелу у селу Суви до и каптиран је у чесму. И воде ове понорнице усмерене су према подземном току који храни Жагубичко језеро. У карсту Бељанице "подземни токови никад не одговарају старим површинским токовима", закључује А. Лазић (Лазић А., 1948).

Увала Речке налази се у врху скаршћене долине усмерене према Крупајском врелу и сливу Млаве. Обојене воде понорнице избиле су, међутим, на Малом врелу, које избија на јужној суподини Бељанице у сливу Ресаве. И понорница Бусовата топографски припада сливу Млаве, али њене воде избијају на Великом врелу у сливу Ресаве. Захваљујући положају подземног развођа, изграђеног у палеозојским стенама, око 25-30 km² топографског слива Млаве припада хидролошком сливу Ресаве.

На северној страни Бељанице јављају се две групе извора, контактни и крашки. Контактни извори се јављају на разореном билу Бељанице, у крашко-селективним увалама. У време топљења снега поред три стална, на контакту палеозојских и кречњачких стена, јавља се и већи број периодских извора. Два стална и више периодских извора водом хране и понорницу Бусовату. У пролеће дуж контакта јавља се и дугачка зона пиштаљина. У висинске контактне изворе спада и врело Извор поток које избија у врху скаршћене долине Циганске пиштаљине. Врело Велики бук, 670 m, у врху скаршћене долине До, једини је сталан извор на овој висини. Око 40 m изнад сталног јавља се и периодско врело знатно изнад контакта палеозојских и мезозојских стена.

Крашки извори у северној суподини Бељанице јављају се као дубинска, гравитациона и сифонска. Врело Млаве и Крупајско врело су типична дубинска крашка врела у којима избијају јаке подземне реке. Врела Мале Тиснице, Лопушње и Комненсте реке су гравитациона, а истичу из пећина, отворених или скривених дробинским материјалом. Изворичко и врело Белосавац су сифонска са омањим језерцима на истеку. Гравитациона и сифонска врела су мање издашности због ограничених, локалних сабирних области.

Морфолошке одлике система врела Млаве

Врело Млаве избија у северној суподини Бељанице а у врху Хомољске котлине, на месту где Велика Тисница напушта меандарски кањон и избија у котлинску раван. Вода истиче из "потопљене вртачасте депресије...налик цирку који је пробијен према западу" (Цвијић Ј., 1896). У систему врела Млаве издвајају се басен Жагубичког језера и потопљен пећински систем.

Басен Жагубичког језера из којег истиче Млава смештен је у врху амфи-театралног облука којим се завршава кратка долина. Језеро, дужине 40 m и ширине 35 m, захвата површину од 655 m² и лежи на висини од 325 m. Басен је са југа ограничен врелском падином (498 m), а са севера ниском гредом висине око 40 m која га одваја од долине Велике Тиснице.

Изворишни облук Млаве усечен је у кречњачким стенама различитог положаја, састава и структуре. Вертикалан одсек у челу басена изграђен је од танкослојних, пукотинама испресецаних и згужваних кречњака. Лева страна састављена је од банковитих, а десна од слојевитих кречњака који падају ка североистоку. Сучељавање три врсте кречњачких терена, у врху изворишног облука, означено је раседним пукотинама.

Потопљени део изворишног облука, басен Жагубичког језера, има облик пресеченог левка. На чеаној страни басена јавља се вертикалан одсек висине око 35 m. Супротна страна басена, почевши од прелива, континуелно је нагнута према чеоном одсеку, падајући под углом од 45⁰. Стране басена засуте су сипарским материјалом. Западни оквир округластог изворишног басена пробила је отока усецајући корито висине 20 m. Прве измерене дубине Жагубичког језера износиле су 14 m (Цвијић Ј., 1896) и 18 m и 22 m (Петровић Ј., 1984).

Дубински пећински систем представља природни наставак басена Жагубичког језера кога чине вертикална јама и дворана. Вертикална јама почиње омањим превисом испод вертикалног, чеоног одсека на дубини од 22 m. Супротна страна гротла, дужине 3,5 m и ширине 2,5 m, искошено пропада до дубине од 14 m. Левкасти део се постепено сужава до дубине од 35 m где се завршава коленастим сифоном широким 1,5-2,5 m. На тој дубини се пресецају и два коса раседа између којих се исклињава уметнута кречњачка серија танкослојних кречњака. Испод коленастог сужења јама се постепено шири у пространу дворану звонастог облика.

Пећинска дворана је искошена према југоистоку. У горњем делу кречњачке стране су испресецане пукотинама док се по дну јављају обурвани блокови. На дубини од 60 m дно дворане има блажи нагиб и покривено је финим песком и глиновитим материјалом. Укупна дубина испитаних канала пећинског система врела Млаве, басена, вертикалне јаме и дворане износи 73 m, мерено од коте прелива. Најнижа измерена тачка на дну дворане лежи 70 m испод алувијалне равни Млаве и Велике Тиснице и језерских седимената дна Хомољске котлине.

Морфолошке одлике система Крупајског врела

Крупајско врело истиче под западним ободом Бељанице а у врху Крупајско-крепољинске котлине, на висини од 225 m. Пећина из које се јавља подземна река налази се у врху кратке долинице, дужине 30 m и ширине 12-15 m, усечене под вертикалним одсеком. Њен излазни отвор широк је 6 m, а висок 3 m. На самом излазу подигнута је каменита брана, висока 3 m, којом су долиница и отвор пећине потопљени.

Геолошки састав непосредне околине врела једноставан. Десна страна долине Крупајске реке изграђена је од баремских кречњака, а лева од црвених пешчара. Пермо-тријаске стене навучене су преко мезозјских кречњака дуж целог западног дела Бељанице, од долине Млаве до Ресаве. Чело навлаке у изворишту врела представљено је серијом раседа; на једном од њих, у самом изворишту врела, избија термоминрални извор Топлик. Изнад самог врела кречњачким одсеком високим 300 m завршава се крашка долина Голема падина. "На дну падине која од Речке води ка Крупајском врелу развили су се читави низови вртача и малих увала, којима је

дезорганизована сува долина" (Лазих А., 1948). Највећа увала Водна, дугачка 3,5 m, почиње на висини од 270 m а завршава се одсеком изнад врела на 620 m.

Крупајско врело је типичан крашки извор који гравитационо истиче из пећине. И у време испитивања крајем априла 1954. године Крупајско врело је истицало из пећинског ходника дугачког 12 m и благо нагнутог ка изворишту. Хоризонтални део пећине завршавао се округластом, омањом двораном на чијем је дну, целом њеном ширином, сифонски избијао подземни ток. Током последњих тридесетак година, према казивању власника воденице и хидроцентрале, пећина се више пута обрушавала. Највећи "одрон" догодио се за време "румунског земљотреса" (4.3.1967.), казује домаћин и власник врела. Овим и каснијим обурвавањима хоризонтални део пећине је потпуно уништен, а врелска долиница продужена.

Потопљени пећински систем испитан је до дубине од 72 m. Састоји се из више вертикалних и хоризонталних проширења. Горње и доње делове система раздваја уско, двоструко коленасто сужење, испод којег настаје пећинска дворана. Улазна вертикална јама, пречника око 2 m, завршава се на дубини од 7 m. На тој дубини почиње прва омања дворана сложеног изгледа. Дно дворане је искошено до дубине од 15 m и покривено је обурваним блоковима. На високој таваници је отвор вертикалног канала, који је до висине улазног отвора јаме, у нивоу загата, испуњен водом. Вертикалан канал, дужине око 7 m, завршава се полукружном двораницом при чијем су дну два уска канала.

Други део система почиње коленастим сужењем у висини таванице дворане. Одмах иза улазног отвора уски канал се ломи и на дубини од неколико метара, искошено наставља до другог коленастог сужења. Испод овог сужења почиње широк вертикалан канал који се, на дубини од 40 m, шири у пространу дворану. Дворана је искошена ка југоистоку а по њеном дну се јављају кречњачки блокови. У доњем делу, до дубине од 72 m, блокове замењује финији песковито-глиновити материјал (Петровић Ј., 1974).

Дубински крашки извори и врела у Пиротској котлини

Пиротска котлина лежи у горњем току Нишаве. Окружују је планински венац Видлича, Влашке планине, Белаве и Шљивовичког виса. У котлини се јављају два типа крашких извора који се разликују по положају и начину истицања. Дуж североисточног обода котлине истичу гравитационо Градашничко и Крупачка врела која одводњавају пространу крашку област Видлича. Јако дубинско крашко врело Кавак (Боклуче) и неколико слабијих извора избијају у котлинској равни из језерских седимената. Појава дубинских крашких врела и извора у котлинској равни резултат је геолошког састав и тектонских односа, а у првом реду дубинске карстификације.

Дно и планинско окружење Пиротске котлине састављено је од јурских и кретацејских кречњака. Дебљина кречњака је различита и на планинским билима износи од неколико десетина до стотину метара, на крилима антиклинале. Убирани и навлачени, испресецани раседним и другим пукотинама а уз то јако чисти, веома су погодни за процес карстификације.

Млађи језерски седименти, неогено-плиоцене старости, представљени су првенствено лапорцима, ређе глинама, песковима и конгломератима. Различите су дебљине, од 180 m у западном до 60 m у источном делу котлине. И ове стене су тектонски поремећене. Језерски седименти са североисточне-кречњачке стране котлине спрани су и однети све до корита Нишаве. Уз југозападни, такође, кречњачки обод, они се пењу и преко 500 m висине, односно и до 200 m изнад котлинске равни. Око изворишта врела Кавак дебљина језерских седимената износи 40-60 m.

На разореном планинском билу Влашке планине, где су кречњачке стене биле најтање, палеозојске стене представљене конгломератима, пешчарима и аргилошистима, јављају се на површини у виду уске зоне ширине до 1,5 km и дужине 8 km. Ове стене представљају језгро антиклинале Влашке планине. Највећу висину достижу северно од главног кречњачког венца и представљају хидролошко развође сливова Нишаве и Лужнице; највећи део површине Влашке планине усмерен је површински и подземно ка Пиротској котлини.

Пиротска потолина образована је између две сложене антиклинале: Видличке и Влашке планине. За тектонски склоп антиклинала карактеристични су снопови бора, полегли ка североистоку, и серије навлака истог правца. За образовање потолине од највећег је значаја Нишавски расед, који прати североисточни обод котлине. Североисточно крило антиклинале Влашке планине тоне под језерске седименте котлине. Због тога је кречњачко дно котлине нагнуто ка североистоку (Протић М., Петковић К., 1932).

Тектонски рељеф Пиротске котлине и њеног планинског обода мало је измењен ерозивно-денудационим процесима. Нишава је, захваљујући својим алогеним саставницама Јерми и Гињској реци, изградила своју пространу долину односећи језерске седименте са дна долине. Планински обод котлине рашчлањују само три кањонско-клисурасте долине. Усекле су их првобитно притоке језера а потоње Нишаве, чија се изворишта налазе у вододржљивим седиментима. То су на североисточној страни котлине Добродолска река-Градашница, а на југозападној Присјачка и Пасјачка река. Остале реке су скрашћене или преобраћене у понорнице. Тако је на планинама развијен типичан површински и подземни крашки рељеф.

Горње и средње Понишавље су најкршевитије области у Источној Србији. На планинама што окружују Пиротску котлину заступљени су сви површински крашки облици. На високој површи Видлича, велике површине покривене су љутим кршем, разривене шкрапама и каменитим вртачама. На нижој површи учесталије су увале, док се на крајњем југоистоку налази Одоровачко поље. На Влашкој планини нема већих заравни ни типичног крша, али су зато бројне скрашћене долине са низовима вртача, док се у источном делу налази Беровичко поље.

Крашке површи Видлича одликују се великим бројем звекара, дубоких 20-30 m. Пећине се јављају једино у источном делу планинског венца на западном ободу Одоровачког поља. Сложен и више километара дугачак систем Одоровачких пећина изградила је понорница Одоровачка река. Горњи спратови пећине су суви, док доњим протиче стална подземна река.

На Влашкој планини подземни крашки рељеф карактеришу две велике пећине и један дубоки понор-јама. Влашка пећина и јама Пештерица, у источном делу планине, представљају јединствен систем: пећина је дужа до 4 km, а јама је дубока 200 m. Излазни отвор пећине је на левој страни долине Јерме, а улаз у Пештерицу на ободу Беровачког поља. Голема Дупка код села Доња Држина, дугачка преко 1,5 km је типична врелска пећина. Горњи спрат пећине представљен је једноставним меандарским каналом са језерима у травертинским басенима, док доњим тече периодски ток. Отвор пећине удаљен је од групе извора Кавак 5,5 km.

Сабирна област дубинских крашких врела у котлинској равни развијена на северном венцу Влашке планине, на делу западно од Беровичког поља. У овај део планине усекле су своје долине Пасјачка и Присјанска река. Обе реке постају од извора који избијају на разореном билу Влашке планине. После кратког тока преко палеозојских стена реке улазе у широк појас састављен од кречњачких стена, клисурасте долине замењују дубоки кањони. Присјачка река, после омањег проширења испуњеног језерским седиментима, улази у дугачак кањон у чијем се кориту јављају издухе и дробинским материјалом сакривени понори. Све док река на

улазу у кањон уноси више од 300 l/s воде њен ток се продужује до Пиротске котлине. Када вода омањи, доњи ток пресушује. Понорске воде се само делом јављају на изворима изнад села Раснице. Пасјачка река има мањи слив и носи мање воде, а целом долином тече само у пролеће. У понорима увире око 150-200 l/s. Воде ових понорница не јављају се на југозападном ободу Пиротске котлине. Нема сумње да оне хране дубинске крашке изворе што избијају у котлинској равни. Њихова сабирна област захвата површину од 130 km².

Ободска крашка врела у Пиротској котлини припадају понорским системима. На Крупачким врелима избијају воде понорнице Одоровачке реке, док Градиштанско врело хране и воде понорнице Петрлашког потока. Оба дела избијају у североисточном делу котлине под кречњачким одсецима Видлича. На врелу у селу Власи истичу воде Беровичке понорнице одводњавајући источни део Влашке планине. Врело се јавља на левој страни Јерме, непосредно пошто ова напусти кањон. Положај дубинских крашких врела. У југозападном делу Пиротске котлине избијају три јака и више слабијих дубинских крашких извора. Сви се они јављају у најнижем делу котлинске равни на висинама 378-395 m. Главно најиздашније врело Кавак (Боклуче), као и сви остали извори, избија из ујезерене, вртачате депресије пречника 6 m. Вода истиче под притиском и кљобучајући ослобађа гасове без мириса (Цвијић Ј., 1986). Из омањег језерца истиче Бистрица коју успут обогашују водом и други извори. Извориште врела удаљено је 1,5 km од југозападног кречњачког обода, а дебљина језерских седимената већа је од 40 m. Врело Кавак је каптирано и укључено у градски водовод Пирота.

У крајњем југозападном делу котлине избијају два јака дубинска крашка врела. Врело Бездан у Костурском пољу избија у пространој депресији удаљеној 0,5 km од кречњачког обода. Друго врело Главан (Јелеташ) знатно је мање издашности од Кавака. У овом делу котлине истичу и слабији извори у насељу Третина, Извор стара каптажа код Грујиног моста, извор у кругу касарне. На десној страни Нишаве значајнији су извори Гушевац и Ладна вода.

Хидролошке одлике дубинских крашких врела

Дубинска врела су најиздашнији крашки извори у Источној Србији. Из њих истичу праве реке: из Модрог ока Врелска река, Жагубичког језера Млава, Крупачког врела Крупачка река и Бистрица из врела Кавак. Њихова велика издашност резултат је изузетно великих сабирних области које се крећу од преко 80 km², и средње годишњим количинама падавина 750-850 mm. На режим врела утичу и сталне или периодске понорнице у сабирној области при чему сталне понорнице извиру у вишим, вододржљивим теренима.

Утицај падавина на издашност врела. Издашност крашких врела у Источној Србији у непосредној је зависности од плувиометријског режима. Неједнака расподела годишње количине падавина различито утиче на издашност гравитационих и дубинских крашких врела. Прва показују велика месечна и годишња колебања издашности, док друга имају уједначенији режим.

Утицај падавина на издашност дубинских врела најбоље се може пратити на изворишту Млаве захваљујући водомерној станици која ради од 1949. године. У петогодишњем периоду мерења (1950-1954.) средња годишња количина падавина на кишомерној станици у Жагубици износила је 653 mm. Највише талога излучује се у јуну (14,2 %), а најмање у фебруару (5,2 %). Посматрано по годишњим добима, највише падавина излучи се током лета (28 %), а најмање зими (19,4 %), док јесен и пролеће примају скоро исту количину падавина (26,2 mm). Годишње количине

падавина, међутим, јако колебају, што битно утиче на издашност врела. Тако се 1950. године излучило у Жагубици свега 477 mm, док је 1954. године пало чак 902 mm.

Средње годишњи водостаји на врелу Млаве, за исти период, показују мање-више уједначену вредност. Између максималног водостаја, који износи 62 cm и минималног од 35 cm, амплитуда ј свега 27 cm. Средње месечни водостаји током године показују два максимална и два минимална стања. Пролећни максимум је најјаче изражен, што је последица максималних падавина и топлеења снега. С друге стране, летњи минимум водостаја, и поред велике количине падавина, резултатат је повећане евапотранспирације.

Анализа хидролошких година показује велику уједначеност водостаја на врелу Млаве са максимумом у марту и минимумом у јануару. Овакав режим издашности врела Млаве објашњава се једино великим дубинским акумулацијама (Петровић Ј., 1955). У периоду осматрања од 1949-71. године, највиши средњемесечни водостај је у априлу 60 cm, а најнижи у октобру 30 cm. Највиши читани водостај од 135 cm забележен је 17.6.1969. године, а најнижи од - 8 cm 1.8.1950. године, при чему амплитуда износи чак 143 cm (Петровић Ј., 1955). Из Жагубичког језера, површине 650 m² и запремине 2.480 m³, истицало је у двадесетогодишњем периоду осматрања, просечно 0,9 m³/s, док у време суша свега 1,25 m³/s. Максимални забележен протицај од преко 20 m³/s Млава је имала 14.6.1969. године. У време изузетно високих вода врело се мути. Колоидно мућење јавља се за време великих вода, најчешће у пролеће, али не ретко и после летњих пљускова. Потпуно мутна вода истицала је "приликом труса који је 1893. године потресао Србију... када је и врело пресахло" (Цвијић Ј., 1896).

Годишња колебања водостаја на Врелској реци, која истиче из Модрог ока, указује на велики значај температурних прилика на издашност врела. Максимални протицаји у фебруару и јануару, од 2,146 m³ и 2,113 m³, изазвани су наглим топлеењем снега у сабирниј области, односно на Сврљишким планинама. На дубинским крашким врелима јављају се и велика месечна колебања и то у време максималне издашности. У јануару 1979. године максимални водостај износио је 7.460 cm и трајао је само један дан. Минимални водостај у истом месцу, од 530 cm трајао је читавих 16 дана. Средњи годишњи протицаји крећу се око 1 m³/s, максимални око 8 m³/s, а минимални око 0,150 m³/s (Дукић Д., 1975). У време максималне издашности и воде Крупачког врела се колоидно замућују. Међутим, од значаја је да су воде и овог врела текле мутне 1893. године, у исто време кад и врело Млаве.

Друга два дубинска крашка врела знатно су мање издашности. Средња годишња издашност Крупајског врела, на основу повремених мерења, креће се 0,3 m³/s, максимална до 3,5 m³/s, а минимална 0,06 m³/s. Врело Кавак је још мање издашности због велике дисперзије воде подземног крашког тока. На овом врелу једино нису уочена јака замућивања.

Развој дубинског крша

Последња карстификација кречњачких терена у Источној Србији започела је скоро истовремено са образовањем Источне зоне млађих веначних планина. Многе крашке депресије, вртаче и увале, почевши од долине Крупајске реке на северу до долине Студене на југу, испуњене су миоценом седиментима са дебелим наслагама мрког угља. На истим просторима преко кречњака и флишних стена делимично су навучени пермо-тријаски црвени пешчари. У многим котлинама, од Хомољске до Белопаланачке и Пиротсике, испод плиоцених језерских седимената налазе се

скаршћени кретацејски кречњаци. Управо су у овим стенама развијени подземни крашки системи дубинских врела.

Дубинска карстификација у Источној Србији зависи, у првом реду, од геолошког састава и рељефа. Геолошки састав крашких области веома је једноставан. Подину мезозојским кречњацима чине палеозојске стене, док се у котлинама јављају плиоцени језерски седименти. У последњем орогном циклусу, започетом у олигоцену, истовремено су захваћене палеозојске и мезозојске стене, тако да у тектонском склопу млађих веначних планина старије вододржљиве творевине чине унутрашња антиклинална језгра. Теме унутрашњих антиклинала, што се показује на разореним билима већег броја планина, не подудара се са топографском површином, односно највишим планинским венцима. Такође, и крила унутрашњих антиклинала имају стрмије падове, местимично и вертикалне. Кречњачке стене на теменима антиклинала су најтање, па је и процес дубинске карстификације веома брзо доспео до водонепропусних стена подине. На крилима антиклинала, где су кречњаци вишеструко моћнији, дубинска карстификација делимично је настављена и после таложења плиоцених седимената у котлинама.

Врелски системи Модрог ока и Жагубичког језера, у свом сифонском делу, смештени су дубоко испод језерских седимената и равни котлина. У односу на корита Нишаве и Велике Тиснице они залежу 80 m, односно 70 m. Њихова изворишта, представљена амфитеатралним удубљењима, делимично потопљеним, налазе се у оним деловима котлина где кречњачке падине не покривају плиоцени седименти. Млађи језерски седименти нису ни могли бити наталожени око дубинских врела чије су воде, као сублакустријски извори, избијале под великим притиском. На истим падинама плиоцени седименти покривају кречњачке стене и до 600 m висине, односно 250-300 m изнад коте истицања Крупачког врела и врела Млаве.

Доводни пећински систем Крупајског врела образован је у зони навлачења дуж које се пружа млађа ерозивна Крупајско-крепољинска котлина. Извориште врела налази се непосредно уз контакт кречњачких стена и црвених пешчара који за 300 m залежу преко млађих кредних седимената. Најнижа тачка испитаних пећинских просторија лежи 70 m испод коте истицања врела. Како се старост навлака на Бељаници дефинише као олигомиоцена, пећински систем Крупајског врела мора бити старији од плиоцена.

Врело Кавак на дну Пиротске котлине представља посебан тип дубинских крашких извора. Оно избија из лапоровитих плиоцених седимената чија се дебљина око изворишта креће преко 40 m. Вертикалан канал из кога под притиском избија Кавак представља наставак пећинског система којим дотичу воде понорнице са Влашке планине. Доводни пећински канали морали су бити изграђени пре заплављивања котлина средњег и горњег Понишавља. Дубина вертикалног канала расла је са дубином плиоцених седимената. Са одношењем језерских седимената у постплиоценој, флувијалној фази, његова дубина је смањена на 40 m. Појава "пиратских" извора око главног врела Кавак последица је дисперзије подземне реке, највероватније у зони контакта подинских кречњака и језерских седимената. Међутим, како је укупна издашност свих извора у овом длу Пиротске потолине знато мања од понорских вода намеће се закључак да се један њихов део инфилтрира у нормалну издан.

Закључак

Дубински крашки извори у Источној Србији упућују на закључак да крашки простор није рецентна појава везана за постјезерска флувио-денудациона збивања у

котлинама делимично испуњеним млађим језерским седиментима. Последњи циклус у образовању крашког рељефа, површинског и подземног, започео је још у олигоцену. Већ у миоцену бројне крашке депресије испуњене су флишним седиментима. Са површинском развија се и дубинска карстификација. На разореним планинским билима образоване су крашко-селективне увале, бројне прекрашке реке су обезглављене, а њихове долине скаршћене. Површинска хидрографска мрежа је дезорганизована, а токови премештени у дубину. Значајна је појава да подземни крашки токови не прате увек старе, скаршћене долине, што је последица положаја, висине и нагиба, унутрашњих антиклинала изграђених од палеозојских стена; неке понорнице подземно теку чак у супротним правцима, према супротним сливовима.

Тешко је одредити до које су дубине кречњаци захваћени карстификацијом, тим пре што се у неким котлинама на једној страни јављају гравитациона, а на другој сифонска крашка врала. И једна и друга избијају у зонама где су кречњачке падине ослобођене плиоцених језерских седимената, у нивоу корита суседних река или незнатно изнад њих. Поуздано је утврђено да пећински системи дубинских крашких врела дубоко залежу испод плеистоцених седимената или других водонепропусних "баријера", као што су црвени пешчари. Питање је, међутим, да ли пећински системи гравитационих врела имају континуелан пад према изворишту или се лактасто спуштају испод коте истицања. Крупајско врело је у литератури забележено као гравитационо. Током последњег столећа обрушавањем таванице хоризонталног пећинског канала образована је кратка и уска долиница у чијем врху избија врело. Непосредно испод остатка хоризонталног дела пећине јавља се омање језеро на чијем се дну наставља дубока и сложена потољена јама. Истим процесом, обурвавањем таванице хоризонталних канала пећине, образована је, такође, и кратка долина врела Млаве. Скорашњим обурвавањем потољеног природног моста и басен Модрог ока добио је данашњи облик.

Дубинска крашка врела, храњена јаким подземним рекама, противна су свим схватањима о хидрографским зонама, оним у којима вода "стагнира", тако и стално влажној, сувој и прелазној уметнутој између њих. Схватање о загаћеном карсту (Јовановић П., 1924) искључује могућност дубинске карстификације испод нивоа вододржљивих седимената који одређују висину истицања врела. Сасвим обрнуто, висина вододржљивих седимената зависи од коте истицања врела, гравитационих и дубинских, и брзине истицања и спуштања прелива. Појам релативног загаћа (Петровић Д., 1968) подразумева инфилтрцију подземних крашких вода, најчешће под притиском, у нормалне издани, уколико су остварени одговарајући геолошки услови.

JOVAN PETROVIĆ

Summary

DEEP KARSTIC SPRINGS IN THE KARST OF EASTERN SERBIA

As the consequence of geological composition and relief, most of karstic wells and springs discharges gravitationally. The thickness of limestone rocks in this area is from several tens to five hundred meters and over. Their base is composed of Paleozoic schists and sandstone often on the mountain crests being denuded. That is the cause of great number of occurrences of karstic river disappearing into earth. Most of troughs surrounding mountains is filled by lacustrine deposits, most frequently consisting of clays overlaying limestone.

All deep karstic springs of considerable yields, Modro oko, Zagubicko jezero (source of river Mlava), are discharging at the basement of Svrljig Mts on the margins of troughs plains. First discharges on the basement of Svrljig Mts on the margins of Belopalanacki trough. Its supply, cave channels were examined to the depth of app. 82 m. The second one discharges from water filled sink hole-like depression, and its cave channels extend to the depth of over 75 m. Cave channels of both springs extend deeply below lacustrine sediments of Belopalanacka i.e. Homoljski trough. Krupaja spring, on the SW of Beljanica Mt. discharges within overthrust zone, where Permian

sandstone overlay Cretaceous limestone's. Supply channels of this spring extend to the depth of over 70 m below the contact zone. Kavak spring discharges on the trough plain of Pirot trough. Its supply channels extend to approximately 40-60 m below lacustrine sediments.

Deep karstic springs undoubtedly indicate that limestone karstification in Eastern Serbia happened before sedimentation of Neogene lacustrine deposits, even earlier than and at the time of overthrusting processes in the area of Beljanica Mt.