

КРАШКЕ ПОЈАВЕ У ТЕРЦИЈЕРНИМ СЕДИМЕНТИМА ГОРЊЕРАМСКЕ КОТЛИНЕ*

ЈОВАН Б. ПЕТРОВИЋ

Крашке појаве, осим у масивним и лако растворљивим стенама кречњака, доломита, креде, гипса и камене соли, сусрећу се такође и у кластичним наслагама зрнасте структуре, у лапорцима, пешчарима, конгломератима, лесу итд. До пре десет година у научној литератури било је о овим и сличним појавама само узгредних напомена и кратких описа, али оне у целини нису биле проучаване, изузев крашких појава у лесу. Тек после Другог светског рата совјетски геолози указују да је појава краса могућа у свим стенама које садрже СаО и друге елементе растворљиве у атмосферској води. Тако се, по Г. А. Максимовићу, крашке појаве могу јавити чак и у глинама. Д. В. Рижиков сматра да се крашки процес развија у свим стенама које се растварају у води, независно од услова њиховог постанка и геолошке структуре, а такође независно и од старости скаршћаваних стена и карактера топографске површине. Према томе, крашки процес има далеко шири значај међу агенсима који делују на пинепленизацију земљине површине (1, 28-30).

Крашке појаве у терцијерним седиментима заслужују посебну пажњу, јер се врло често јављају и у »водонепропустним« стенама. Њих је детаљније испитивао и научно обрадио Л. И. Маруашвили у расправама о крашким појавама у неогеним конгломератима централне Мегрелије (западна Грузија) (2, 43). У опширним расправама Л. И. Маруашвили детаљно обрађује појаву »кластокарста«, његове облике и њихов постанак. Појава пећина у неогеним конгломератима Мегрелије указује на то да се подземне воде у неким терцијерним седиментима понашају врло слично крашким подземним водама, како у погледу расподеле и циркулације тако и у смислу њиховог хемиско-механичког деловања на околне стене. Крашке појаве у терцијерним седиментима Мегрелије не претстављају ретку и усамљену појаву везану искључиво за конгломерате. Напротив, оне имају знатно распрострањење и у другим стенама, а у нашој земљи сусрећу се у великом броју крашких поља и котлина западне и источне зоне млађих набраних планина и у лесним наслагама панонске низије. За општа разматрања од нарочитог су интереса крашке појаве у седиментима финије петрографске структуре, као што су крашке појаве у терцијерним лапорцима горњерамске котлине. Међутим, иако ове појаве имају знатно пространство и у нашој земљи, оне нису биле проучаване, па отуда за њих није уведена одговарајућа терминологија. Зато сматрамо да је термин »к л а с т о к а р с т« којим се у целини означавају крашке појаве у класти-

*) Теренска испитивања вршио сам уз помоћ инж. Милице Весић и Боже Стрижака, те им на указаној помоћи захваљујем.

чним стенама, прихваћен од Ј. И. Маруашвилија и усвојен у страниј научној литератури, најпогоднији, па га треба прихватити. За посебне облике у кластокарсту, с обзиром да су и по форми и по постанку истоветни са одговарајућим облицима у кршу, најисправније је прихватити одговарајућу терминологију.

Горњерамска котлина претставља интересантну област у којој се сусрећу и морфолошке и хидролошке појаве кластокарста. По њеном дну, у дебелим наслагама терцијерних лапораца, јавља се велики број вртача разних димензија и облика и у различитим ступњевима еволуције. У вртачама редовно се јављају понори, а на странама и по дну речних долина јаки извори-врела. Појава великог броја вртача по дну горњерамске котлине пружа врло повољне услове за геморфолошка испитивања у кластокарсту, док чести понори и јаки извори-врела имају велики значај за хидролошка проучавања. У целини, горњерамска котлина претставља област у којој су појаве кластокарста лепо развијене и погодне за морфолошка и хидролошка испитивања.

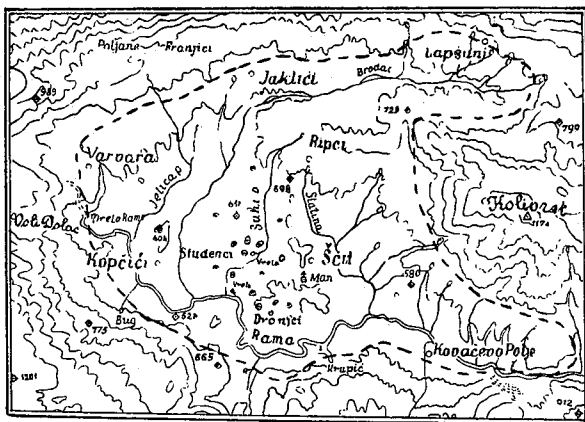
Физичко-географски услови за развој кластокарста у горњерамској котлини

Горњерамска котлина је дубоко спуштена депресија у централном делу западне зоне млађих набраних планина. Уоквирена је веначним планинама: Радушом (1956 м) на северу, Љубушом (1795 м) на западу, Бран-Планином (2074 м) на југу и Коливратом (1174 м) на истоку. Са Острожачком котлином и долином Неретве повезана је клисуром Раме. Дно горњерамске котлине лежи на апсолутној висини између 500 и 600 метара и нагнуто је од ССИ према ЈЈЗ.

Горњерамска котлина спуштена је дуж тектонских линија које прате њен северни и јужни обод. На тим дислокацијама избиле су еруптивне стене, а планински гребени се према котлинском дну спуштају стрмим, местимично вертикалним отсепима. Спуштање земљишта у горњерамској котлини извршено је почетком олигоцена када су и околне планине издигнуте до знатних висина. Током олигомиоцена горњерамска котлина била је под језером које је у њеном ободу усекло терасе. Језеро је у котлини сталожило седименте: глине, лапорце, пешчаре и конгломерате. Ови седименти састоје се од материјала еродираниг и снетог притокама језера са околних кречњачких планина. Осим неколико мањих, језеро у горњерамској котлини примало је и две велике притоке. Једна од њих долазила је са запада и одводњавала је Равањско Поље и простране области између Радуше и Љубуше. Друга велика притока долазила је с југа и одводњавала области између Љубуше и Бран-Планине. Ове притоке уносиле су у језеро највеће количине материјала претежно карбонатног састава. У приобалним деловима таложен је крупнији материјал од којег је створен конгломерат, док су од ситнијег и финијег материјала сталоженог у дубље делове језера постале глине, лапорци и пешчари.

Почетком плиоцена у области око горњерамске котлине одиграли су се врло значајни тектонски покрети, а за време тих покрета јављају се попречни динарски раседи правца С-Ј. Тада је извршено спуштање земљишта у долини Неретве услед чега је отекло олигомиоцено језеро

горњерамске котлине. Међутим, земљиште није мировало ни на старим тектонским линијама. Јужни обод котлине је уздигнут, тако да су језерски седименти доспели до висине од 920 м (Ораховска увала). Приликом ових покрета терцијерни седименти јако су поремећени и спуштени у јужном делу котлине услед чега се поред врло честих секундарних падова слојева јавља и општи пад С-Ј. Под притиском који је долазио са бокова терцијерни лапорци у горњерамском басену су убрани и испресецани многобројним пукотинама. Услед ових покрета и врло брзог отицања језера, његове притоке су скаршћене.



Ск. 1. — Горњерамска котлина, размер 1:50.000.

После повлачења језера дно горњерамске котлине бива изложено утицајима спољашњих сила. На терцијерне седименте делују денудација, флувијална ерозија и крашки процес. Радом флувијалне ерозије и денудације пространа језерска равна је рашчлањена у велики број долина. Све ове долине имају правац С-Ј сагласно првобитном општем паду котлинског дна. Како главна река котлине, Рама, тече дуж самог јужног обода, њене леве притоке изграђивале су своје долине преко читаве котлинске равни. Средња дубина ових долина, које су паралелне међусобно, креће се између 40 и 100 м; плиће су у горњим а дубље у доњим деловима. У долинама река очуване су терасе незнатне ширине. Између долина су дугачке косе чија су темна благо нагнута у правцу токова. Једино највиши делови ових коса означавају првобитну висину централне котлинске равни.

Геолошка подлога. — У геолошком саставу горњерамске котлине учествују тријаски доломити, јурски и кредни кречњаци, терцијерни лапорци, глине, пешчари и конгломерати и магматске стене. Основну геолошку грађу чине карбонатске стене, а само незнатан део отпада на кластичне творевине. Од кречњака и доломита изграђене су високе планине које окружују горњерамску котлину; оне такође чине подлогу терцијерним седиментима. Међу карбонатским стенама преовлађују јурски и кредни кречњаци који су јако поремећени и испресецани многобројним пукотинама. Подлогу овим кречњацима чине тријаски доломити који се под

утицајем егзогених фактора врло брзо распадају. Процент СаО у кречња-цима креће се између 65 и 85, а у доломитима је катшто мањи и од 40. Магматске стене имају незнатно пространство.

Терцијерни седименти претстављају основу на којој је развијен кластокарст у горњерамској котлини. Покривају дно котлине на површини од 25 км², а највише има лапораца. Дебљина им је различита и креће се од 150-280 м, што је утврђено бушењем (3). Терцијерни лапорци се понашају као компактна маса услед чега су за време постјезерских покрета јако убрани и испресецани честим пукотинама. Конгломерата и пешчара има само дуж обода котлине, док се глине јављају у мањим партијама поред реке Рање. У целини терцијерни седименти горњерамске котлине одликују се високим процентом СаО и других елемената растворљивих у атмосферској води. Према анализама извршеним у Хемиском институту Природно-математичког факултета у Београду, учешће у води растворљивих елемената, које садрже лапорци горњерамске котлине, изгледа овако:

I анализа	II анализа	III анализа
SiO ₂ = 4,8 ⁰ /о	SiO ₂ = 4,08 ⁰ /о	SiO ₂ = 4,6 ⁰ /о
R ₂ O ₃ = 2,01 ⁰ /о	R ₂ O ₃ = 3,1 ⁰ /о	R ₂ O ₃ = 2,86 ⁰ /о
CaO = 50,2 ⁰ /о	CaO = 50,1 ⁰ /о	CaO = 51,1 ⁰ /о
Na ₂ O = 3,00 ⁰ /о	Na ₂ O = 3,1 ⁰ /о	Na ₂ O = 3,3 ⁰ /о

Из горњих анализа види се да је проценат у води растворљивих елемената који учествују у саставу терцијерних лапораца горњерамске котлине велики и да преовладава над количином нерастворљивих материја (4). Анализе такође показују да је проценат СаО увек виши од 50. Према томе јасно је да приказане хемиске особине терцијерних лапораца погодују развоју крашког процеса у горњерамској котлини.

Климатске погодбе. — Горњерамска котлина се карактерише доста изразитом планинском климом. Према подацима метеоролошке станице у Прозору, за период 1950-1955 године, средња годишња температура износи 9⁰Ц. Највишу средњу месечну температуру има месец јули (20,2⁰Ц), а најнижу јануар (— 1,3⁰Ц) (5). Средња годишња амплитуда износи 34,9⁰Ц, Апсолутна максимална температура забележена је у јулу и износи 34,9⁰Ц, а апсолутна минимална у јануару — 22,5⁰Ц; екстремна амплитуда износи 57,4⁰Ц. Овако велика температурна колебања морају имати видног утицаја на стварање прслина у терцијерним седиментима горњерамске котлине и на њихово разарање.

Према резултатима исте метеоролошке станице, средња годишња количина падавина износи 944,6 мм. Расподела падавина по месецима је неравномерна што се види из доње таблице:

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	средња годишња
74,3	52,4	67,5	51	113,4	47	47,8	15,1	85	95,6	115,1	140,6	955,6 mm

Из горње таблице види се да највише талоба падне у јесен а најмање у лето. Међутим, већи део талоба који падне на дно горњерамске котлине, отече површински. Дугогодишњим осматрањем водостаја на Рами и симултаним мерењима протицаја на њеним левим притокама, установљено је да

од укупне суме падавина површински отече око 70 %. Око 10% талога испари или буде утрошено на вегетацији, а само 20% се упије у терцијерне седimente и отече подземно. Ипак то је довољна количина воде за постепени развој крашких облика. Највише воде упија се у лапорце за време лаганог отапања снега када је површинско сливање најмање.

Тле и вегетација. — Дно горњерамске котлине највећим делом је под ливадама, јер дубока дисекција омета обрађивање. Дебљина тла је врло различита и варира између 0,2 и 1,4 м. У алувијалним равнинама јављају се барске неформираних црнице. Оне су богате хумусним материјама и киселином. У осталим деловима котлине преовлађује гајњача. На падинама коса гајњача је јако сиромашна хумусним и другим органским материјама те прелази у подзол; изразито подзоласто земљиште јавља се на већим стрминама. На заравњеним теменима коса гајњаче су богатије хумусом и одговарајућим биљним киселинама. Уопште хумусних материја је мање у оним земљиштима која су раније обешумљена.

У горњерамској котлини шуме су се задржале на површини од око 4 км². То су претежно приватни забрани јер је, између два светска рата, највећим делом државна шума искрчена. Са тако малим пространством шумски покривач не може имати неког виднијег утицаја на развој кластокарста.

Кластокарст горњерамске котлине Појаве и проблеми

У терцијерним лапорцима горњерамске котлине сусрећу се и морфолошке и хидролошке појаве кластокарста. Од морфолошких појава истичу се вртаче и понори на површини и пећински канали као подземни облици. У хидролошке појаве спадају подземни токови и јаки извори-врела. Све ове појаве међусобно су уско повезане јер проистичу из узajамних односа састава и грађе земљишта и дејства воде. У основи морфолошке појаве су резултат специфичног хемиско-механичког рада атмосферске воде која тежи да уравни земљину површину крећући се при том и подземно.

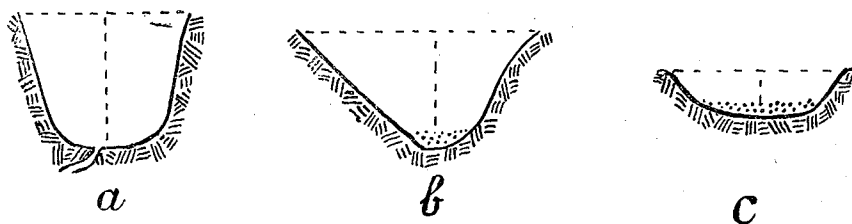
Услови под којима се развија кластокарст у терцијерним лапорцима горњерамске котлине приближни су условима које пружају масивне и лако растворљиве стене деловању крашког процеса. Терцијерни седименти садрже висок проценат СаО и друге елементе растворљиве у атмосферској води. Изврсно су цементовани, јако убрани и поремећени услед чега су испресецани нестим прлинама и пукотинама. На њихову површину падне годишње око 950 мм талога који се знатним делом упије и отиче подземно. Обешумљени су а покривени тлом које је прилично богато хумусом, тако да атмосферска вода, поред угљене киселине коју садржи, апсорбује још и хумусну и друге органске киселине, чиме се појачава њено хемиско дејство. Према томе, вода ће, и поред тога што већим делом отече површински, вршити хемиски и корозивни рад и стварати крашке облике. Велики проценат нерастворљивих елемената, које садрже ови лапори, понашаће се само као један од модификатора крашког процеса. Обогаћена разним киселинама атмосферска вода, при температури од 8° до 10°С, раствараће око 2,3 до 2,4 гр СаО у једном литру воде. То су услови за развој кластокарста у терцијерним седиментима горњерамске котлине.

Вртаче. — По дну горњерамске котлине јавља се велики број вртача. Најчешће, оне се налазе на заравњеним теменима високих коса, затим на речним терасама и каткад на блажим странама речних долина. Тако се јужно од села Шћита јављају вртаче на теменима Манастирске Косе која одваја долину Сухог Потока на западу од долине Слатине на истоку. Ове вртаче леже на релативној висини од 80 до 100 м. Западно од села Шћита вртаче се јављају на терасама Сухог Потока, тј. на релативним висинама од 4 односно 12 м. Вртаче на благим падинама коса, односно на странама речних долина, јављају се најређе. Сусрећу се једино око долине Сухог и Јелић Потока, на путу између села Шћита и Варваре. Независно од топографског положаја, вртаче се јављају мањевише у праволинимским нивовима управљеним према најближој долини.

Вртаче у терцијерним лапорцима горњерамске котлине показују велику морфолошку разноликост. Оне су најчешће окнасте, левкасте и тањирасте. Али код сваког типа могу бити симетричне или асиметричне. Запажено је да облик вртаче зависи од места појављивања, односно од релативне висине и топографског изгледа терена. Тако су вртаче на заравњеним теменима коса (на релативној висини од 80-100 м) најчешће окнасте-бунарасте. Даље, оне су кружног облика и симетричних страна. Вртаче на вишим речним терасама и благим падинама одговарају најчешће левкастом типу, док су на нижим речним терасама оне најчешће тањирасте. И једне и друге су асиметричне. Код вртача на падинама запажају се највеће разноликости. Оне могу бити и бунарасте и левкасте и тањирасте, али, такође, симетричне и асиметричне, док су редовно елипсастог изгледа. Основни морфографски подаци за поменуте типове вртача дати су у следећој табlici:

Ред. број	релатив. висина	дубина	димензије отвора дужина ширина		Примедба
1	98	10	28	26	На голом дну је понор а стране су обрасле шибљем.
2	80	8	18	18	На дну нема растреситог материјала а понор је у средини.
3	12	1,3	6	4	Дно је покривено материјалом у коме су мале издухе — засуте.
4	4	0,9	4,5	4	Дно јој је покривено материјалом који клизи низ стране вртаче.
5	16	3,8	7	5	Дубока вртача на падини асиметричних страна, стеновитог дна.
6	14	3	8	5	Дно је покривено материјалом у коме су мале издухе.

Према морфографским подацима датим у горњој табlici види се да су вртаче које леже на највећој релативној висини бунарасте, кружног изгледа и симетричних страна (I). На њиховом дну нема растреситог материјала, а понор се налази у средини. Стране су им најчешће обрасле вегетацијом. То су претставници вртача створених најраније на заравњеним теменима коса. Под II приказане су вртаче које леже на вишој и нижој речној тераси. То су плитке, тањирасте вртаче, елипсастиг изгледа и асиметричних страна. Дно им је покривено дебелим слојем растреситог материјала у коме су мале издухе. Преко њихових голих страна клизи обурвани материјал. Под III су приказане вртаче које леже на благим падинама издужених коса. Стране су им асиметричне, а растреситог материјала по њиховом дну има у мањим количинама. Издухе су им под стрмијом страном у правцу пада топографске површине. Елипсастиг су изгледа док су им стране каткад обрасле вегетацијом. Код ових вртача јављају се највеће морфолошке разноликости.



Ск. 2. — Управни пресек вртача: а — бунараста вртача са пространим стеновитим дном и понором, б — левкаста вртача са слабо израженим дном, ц — тањираста вртача чије дно покрива растресити материјал.

Вртаче у кластокарсту образују се на тектонским пукотинама узајамним деловањем корозивног и механичког процеса. Изузетно оне могу постати и улегањем земљишта услед корозивног укидања и механичког одношења материјала из подине. Корозија је и у терцијезним лапорцима горњерамске котлине важан агенс. Њено интензивно деловање условљено је високим процентом СаО, који садрже ови седименти, и знатном количином атмосферског талога. Међутим, за постанак вртача у кластокарсту од значаја је и механички процес чије је интензивно деловање омогућено великим учешћем нерастворљивих материја. Без механичког одношења нерастворљивих честица, после кратког деловања корозије, образује се преко лапораца површински слој-покривач. Тај покривач постаје све дебљи уколико корозивни процес иде у дубину. На пример, када корозивни процес доспе до дубине од једног метра, на површини ће, под условом да нема механичког одношења, остати покривач дебео око 40 см. Тиме сам процес непотпуног растварања стене проузрокује ограничено дејство атмосферске воде, што може довести и до престанка корозије. Ту се као фактор садејства при образовању вртача јавља процес механичког одношења нерастворљивих честица. Механичким процесом бива кроз пукотине однет нерастворљиви остатак и оголићена чврста подлога на коју корозивни процес може и даље несметано да делује. Вртаче се, дакле, образују узајамним деловањем корозивног и механичког процеса, а деловање ових сила у смислу стварања крашких облика омогућено је постојањем пукотина и знатним падинама.

Морфолошка разноликост вртача у кластокарсту горњерамске котлине резултат је различитих локалних услова под којима делују поменути процеси. Поред растворљивости стена, честине и димензија пукотина, топографског положаја и др., од великог је значаја и дубина и пад подземних канала којима подземне воде отичу. Тако је запажено да се на већим релативним висинама јављају најчешће бунарасте вртаче. По дну ових вртача налазе се пространи понори кроз које вода односи целокупан нерастворљиви материјал. Нема сумње да вода из ових вртача отиче дубоким подземним каналима са врло великим падом услед чега је и могућно одношење великих количина нерастворљивог остатка. Вртаче на ниским терасама знатно су плиће и њихово дно покрива дебели слој растреситог материјала. Подземни канали којима одлази вода из ових вртача, с обзиром на малу релативну висину, имају незнатан пад, те вода не може да транспортује нерастворљиве остатке у целини; канали под овим вртачама су новијег порекла и знатно мањих димензија. Због тога корозивни процес делује спорије у вертикалном а интензивније у хоризонталном правцу. Код вртача које леже на падинама асиметрија страна је редовна појава; стрмија страна је према реци а блажа према врху падине. И ова појава је у вези са положајем унутрашњих одводних канала. Одводни канали су шири и имају већи пад тек пошто приме и воду из вртаче испод које пролазе и коју дренажују. Услед тога понори се померају у правцу пада топографске површине, односно у правцу отицања подземног тока. Поред ових не смеју се занемарити ни остали фактори који делују на морфолошку разноликост вртача у кластокарсту. Нагиб топографске површине такође је значајан фактор, а то се лепо види нарочито код вртача које леже на падинама. Ако топографска површина има мањи пад, вртаче су кружног изгледа и симетричних страна. Међутим, ако је падина стрмија, вртаче су елипсастиг изгледа и асиметричне. На крају, облик вртаче зависи и од стадијума њене еволуције. Вртаче на заравњеним тменима коса постале су најраније, а вртаче на речним терасама најкасније. Према томе, најстарије вртаче су бунарасте а најмлађе тањирасте. Левкасте вртаче чине један прелазни облик од тањирастих ка бунарастим. С обзиром на неповољније услове које пружају терцијерни лапорци деловању крашког процеса, могу се очекивати и знатно веће модификације у покршинским и подземним облицима кластокарста. Почетни стадијум стварања вртаче карактерише се јачим деловањем хемиске а слабијим радом механичке ерозије. У вишем стадијуму механичка ерозија преузима главну улогу у вертикалном продубљивању зачетне депресије.

Понори и подземни канали. — Понори се јављају у свим вртачама горњерамске котлине. Код дубоких, бунарастих вртача они се налазе у средини стеновитог дна и претстављени су отворима знатних димензија. Кроз њих несметано отиче атмосферска вода која падне на сабирну област вртаче. Код левкастих и тањирастих вртача, које су најчешће асиметричне, понори се налазе под доњом, стрмијом страном у растреситом материјалу. Отвори ових понора врло често бивају засипани невезаним материјалом услед чега не могу да приме сву воду што се слива у вртачу; тада се у оваквим вртачама стварају језерца. Код вртача које леже на тменима коса, као што су оне јужно од села Шћита, понори имају знатне димензије; ширина им се креће од 10 до 30 см а дужина од 20 до 65 см. Највеће поноре имају вртаче које леже на завршетку кратких долиница које се спуштају

низ благе падине коса. У целини понори имају изглед процепа насталог проширивањем пукотине која се каткад запажа и на стеновитим странама вртача. Код понора стрмија страна је према реци, односно у правцу отицања подземног тока, а блажа према врху падине.

На поноре се надовезују подземни канали. Димензије ових канала су различите и зависе од количине воде која кроз њих протиче. Ако се преко њих одводњавају низови дубоких вртача које имају пространије сабирне области, димензије су им веће, а већи им је и пад на уздужном профилу. Међутим, ако подземни канали одводњавају плитке вртаче са мањом сабирном површином, онда су знатно мањих димензија и имају мали пад. Подземни канал којим се одводњавају вртаче на Манастирској Коси које леже на релативној висини око 80 м, широк је 30 а висок 70 см. Овај канал откривен је једним вертикалним шахтом на дубини од 14 м, око 80 м ниже од последње вртаче. Други канал, којим се одводњавају плитке вртаче што леже на падини Студеначке Косе, налази се на дубини од 4 м; широк је 12 см а висина му износи 25 см. И овај канал је просечен једним вертикалним шахтом. Запажено је да се у подземним каналима јављају и мања проширења. Проширења су створена на местима где у главни канал утиче вода из неког споредног канала. Ова проширења су дубља ако у главни канал долази вода са таванице; тада се јављају удубљења слична ерозионим лонцима у кршу. Ова проширења настају радом механичке ерозије воде у подземним токовима. Општа карактеристика свих откривених и посматраних подземних канала је да су гравитациони и да имају несаглашен уздужни профил. Испод мањих подземних водопада јављају се ерозиона удубљења у којима се задржава вода током целе године. Сви подземни канали избијају на странама речних долина или у кориту река и потока које претстављају њихову доњу ерозиону базу.

Знатан део атмосферских талоба који падне на тле горњерамске котлине утиче у поноре или се упије у многобројне пукотине и отиче подземно. Подземно отицање врши се каналима који су повезани у унутрашње системе. Ове воде избијају поново на површину у виду јаких извора и врела на странама долина и у речним коритима. И понори и подземни канали постали су корозивним и механичким радом атмосферске воде. Водом која садржи угљену, хумусну и друге киселине, а која се креће кроз тектонски створене пукотине, врши се интензивно растварање лапораца. Хемиска ерозија делује најинтензивније на зидове пукотина. Растварајући СаО и друге растворљиве елементе, она проширује пукотине и ствара подземне шупљине-канале. Међутим, како ови лапорци садрже и до 40% елемената нерастворљивих у води, то је за изграђивање подземних шупљина осим хемиског потребан и механички рад. Захваљујући само процесу механичког одношења материјала, хемиско растварање лапораца може се вршити несметано. Тако се и подземни облици кластокарста стварају узајамним деловањем корозивног и механичког процеса на тектонски предиспонираним путевима којим се крећу подземне воде.

Расподела и циркулација воде. — Предео терцијерних наслага у горњерамској котлини одликује се површинским и подземним отицањем воде. Отицање воде која се упила у пукотине и поноре врши се у млазевима или мањим токовима који се јављају на површини као слаби извори или јака врела. Тако се вода у терцијерним лапорцима горњерамске

котлине понаша у погледу расподеле и циркулације слично крашким подземним водама. То нам показују експерименти извршени бојењем воде на понорима 6 и 7 априла 1956.

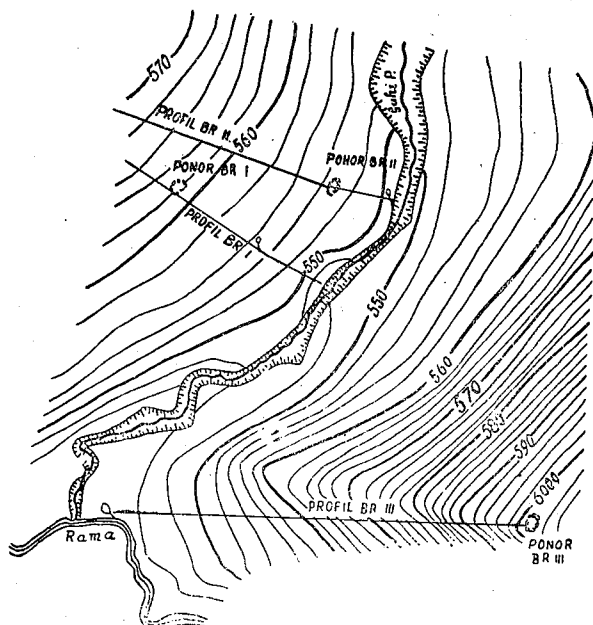
Прво бојење воде извршено је на понору у вртачи која лежи на десној страни долине Сухог Потока, на имању Зоне Николе Анте. За време бојења отапао се снег, тако да су се са благе падине Студеничке Косе сливале у вртачу знатне количине воде. Време је било облачно и ветровито. У понор покривен растреситим материјалом под доњом стрмијом страном вртаче, увирало је око 2 л/сек воде. У 15,10 часова извршено је бојење тока који је увирао у понор са 80 гр Флуоресцеин-натријума уранина ($C_{20}H_{10}O_5Na_2$). Већ у 15,15 часова обојена вода је избила у вртачи која лежи на поменутом имању. Отстојање између једне и друге вртаче износи 70, а вертикална разлика је 5 м. На извору у вртачи, која је била ујезерена, избијало је око 5 л/сек воде, а истицање боје трајало је 65 минута. Поменути тск имао је просечну брзину од 1,4 м/мин. И на овако кратком отстојању количина воде у подземном току увећана је за 3 л/сек. То је потврда да су подземни канали повезани у простране сабирне системе који дренажу више вртача, односно већу област. Карактеристично је дуготрајно избијање боје које није одлика подземних токова у масивним стенама. То је свакако последица појаве да се вода на знатном делу подземног тока мора пробијати кроз невезани материјал којим обилују подземни канали.

Бојење другог подземног тока извршено је истог дана и под истим временским условима. Обојена вода је увирала у понор на дну вртаче која лежи на десној страни долине Сухог Потока, на имању Зоне Николе. Понор је био засут растреситим материјалом. У ток од 3 л/сек, који је увирао у понор, убачено је око 80 гр уранина. Бојење је извршено у 15,35 часова, а обојена вода избила је на извору Врело у 15,45 часова. Извор Врело избија на десној обали Сухог Потока под стрмим отсеком високим око 3 м. Растојање између понора и врела износи 35 м, а вертикална разлика је 5,5 м. Подземни ток имао је просечну брзину од 3,7 м/мин. Из Врела је истицало око 12 л/сек, што значи да је подземни ток увећан за 9 л/сек.

Треће бојење извршено је 7 априла 1956. Том приликом обојен је понор на дну вртаче која лежи на заравњеном темењу Шнитске Косе, недалеко од засеока Дроњци. На дан бојења снег се интензивно отапао, тако да се у вртачу, низ кратку долиницу на чијем свршетку она лежи, сливало око 12 л/сек воде. Бојење је извршено на самом понору широком 16 а дугачком 30 см. У ток који је понирио убачено је 150 гр уранина. Бојење је извршено у 11,35 часова. У 11,55 часова обојена вода избила је на извору Летња Врела. Овај извор се јавља уз саму леву обалу Раме, десетак метара изводно од ушћа Сухог Потока. Удаљен је од понора на коме је извршено бојење за 930 м, а вертикална разлика је 85 м. Према томе, подземни ток је имао просечну брзину од 46,5 м/мин. Издашност Летњег Врела није могла бити измерена због тога што је његово извориште било покривено водом Раме која се услед високог водостаја била излила. Обојена вода избијала је око 2 часа.

Из горњих излагања види се да су подземне воде у терцијерним лапорцима горњерамске котлине разбијене у млазеве и мање токове и да се крећу пукотинама и каналима. Подземни канали нису изоловани, иако вероватно има и таквих, већ претстављају повезане системе који дренажу

мање или веће површине. Кроз њих се крећу мањи или већи подземни токови, што зависи од пространства области коју ови канали дренирају и количине воде која се улије у лапорце. Кретање подземних вода је гравитационо. Изузетно оно може бити и под притиском какав је случај запажен код Летње Врела при високом водостању на Рами. Сви подземни токови саглашавају свој пад површинским рекама које им претстављају доњу ерозиону базу. Брзина кретања подземних вода је различита, а код токова је зависна од пада на уздужном профилу канала.



Ск. 3. — Карта утврђених подземних веза између понора и извора, размер 1:2.500.

Извори. — У терцијерним лапорцима горњерамске котлине, осим слабих извора-пиштаљина, јављају се и јаки извори слични крашким врелима. Врела избијају најчешће на странама речних долина, а не јављају се на већим релативним висинама. Отуда на заравњеним теменима издужених коса влада местимично оскудица у изданској води. Ову појаву запазио је и М. С. Филиповић и каже: »С изузетком Шћита, који оскудева водом и на ком има локава и у фрањевачком манастиру велика чатрња, у осталим селима Горње Раме има довољно воде: ивицом котлине свуда су извори, од којих настају многи потоци« (6, 11). Село Шћит лежи на једној од највиших коса на којој су облици класокарста врло чести.

Извор Врело избија у долини Сухог Потока. Вода истиче из омањег пећинског канала широког 20 а високог 40 см, усеченог при дну вертикалног отсека. Пећински канал постао је на месту где дијаклазу, која пресеца слојеве лапораца од врха до дна отсека, пресеца једна мања пукотина. Летње Врело избија на левој обали Раме такође из једног омањег пећинског каналића. И овај пећински канал изграђен је на месту где се укрштају две дијаклазе, које се лепо виде на отсеку изнад врела.

Сви јаки извори и врела што избијају из лапорца имају јако колебљиву издашност. Најиздашнији су у пролеће када их храни снежница, односно када је понирање атмосферске воде највеће. Крајем лета на њима се запажа минимално стање издашности, изазвано минималним падавинама и високим температурама. Крајем јесени на овим врелима се јави други максимум издашности као последица јесењег максимума падавина и нижих температура. Осим ових запажају се и секундарна колебања у време минималног стања издашности везана за летње пљускове.

Вода што избија из ових врела мути се у пролеће и јесен. Мућење често прелази степен колоидности; тада се та вода не употребљава за пиће. Каткада мућење наступи изненада и тада вода избацује песак. Оваква мућења највероватније настају услед отцепљавања затворених делова канала која су последица великих количина нерастворљивих остатака које подземна вода механички преноси. Температура воде на овим врелима креће се између 8,5° и 9°Ц и незнатно колеба током године.

Појава јаких извора и врела у терцијерним лапорцима горњерамске котлине проистиче из специфичних особина расподеле и циркулације подземних вода. Како се подземне воде крећу пукотинама и каналима спојеним у системе који дренажу области различитог пространства, то ће се на местима где ови канали избијају на површину јавити слабији или јачи извори. Издашност на овим изворима и врелима колеба сагласно колебању атмосферских талоба и температуре. Колебање је углавном повећано и тиме што у подземним каналима нема већих проширења која би служила за делимично изравњавање протицаја. На крају, појава врела у терцијерним лапорцима горњерамске котлине уско је повезана са хидролошким особинама ових седимената, који се одликују појавом кластокарста.

Закључак

Из претходних излагања види се да крашки процес има далеко шири значај међу агенсима који теже да уравне земљину површину. Он се развија у свим стенама које се растварају у води, независно од геолошке структуре, начина и времена њиховог постанка и топографских карактеристика предела. Истина, погодбе за развој крашких облика у кластичним седиментима неповољније су од услова које пружају масивне и лако растворљиве стене. Због тога је и дејство крашког процеса у њима знатно спорије и не показује се честим и крупним облицима рељефа. Ипак, кластокарст као појава има велики значај, јер се јавља и у стенама финије петрографске структуре које су до скоро сматране водонепропустним.

Терцијерни лапорци горњерамске котлине, с обзиром да садрже висок проценат СаО и других елемената растворљивих у атмосферској води, погодују развоју крашког процеса. Тектонским покретима створене су у њима прелине и пукотине чиме су остварени услови за подземно кретање атмосферске воде и њено деловање на растворљиве стене.

Вртаче су без сумње најинтересантнији облици рељефа у кластокарсту горњерамске котлине. Створене су на пукотинама корозивним и механичким деловањем атмосферске воде. Ова два процеса делују узајамно с тим што се хемиском ерозијом врши растварање око 60% растворљивих састојака које садрже лапорци, а механичком ерозијом транспорт остатка нерастворљивих елемената. Вртаче су морфолошки врло разнолике. Ова

разноликост своди се у првом реду на њихову старост, односно на време кроз које је крашки процес деловао на њихову површину. Рад атмосферске воде интензиван је и у самим пукотинама. Њих вода проширује и преиначава стварајући подземне шупљине и канале.

Сви облици рељефа уско су повезани за начин кретања и расподелу подземних вода у терцијерним лапорцима. Понирућа вода креће се кроз ове лапорце разбијена у млазеве и мање или веће токове. Ови су повезани у сабирне системе различитог пространства и дренажу мање или веће површине. У погледу расподеле подземне воде у терцијерним лапорцима понашају се слично крашким подземним водама. Према томе, оне ће вршити и одговарајући рад на стенама кроз које пролазе. Тај рад усмерен је ка све већој концентрацији разбијених вода у разгранате системе са јаким подземним рекама. То су, углавном, и тенденције крашког процеса. Истина, крашки процес је у кластичним стенама знатно спорији, али ипак делује саглашавајући свој интензитет, поред осталог, и вертикалној ерозији површинских водотока.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Д. В. Рижиков: Основи карстовије јавленија. Доклади Академије наука СССР — Геолошки одел. Молотов, 1950.
2. Ј. И. Маруашвили: Карст обломочних пород, его геоморфологическаја характеристика в свете общего карстоведенија на примере централној Мегрелији (зап. Грузија). МГУ. Инст. географије, 1947.
3. Електропројект: Основни пројекат ХЕ »Рама«. Сарајево 1949.
4. Божиновић Зорица: Анализе стене лапораца из горњерамске котлине. Хемиски институт Природно-математичког факултета у Београду, 1957.
5. Хидрометеоролошка служба НР БиХ: Метеоролошка станица Прозор. Подаци за температуру и падавине.
6. Мил. С. Филиповић: Рама, проматрања о привреди, саобраћају и насељима. Посебно издање СГД. Београд, 1951.

ZUSAMMENFASSUNG

KARSTERSCHEINUNGEN IN DEN TERTIÄRSEDIMENTEN IM TALKESSEL DER OBEREN RAMA (IN BOSNIEN)

JOVAN B. PETROVIC

Karsterscheinungen findet man ausser in massiven und leicht löslichen Gesteinen auch in den klastischen Ablagerungen. Besonderes Augenmerk verdienen die Karstbildungen in den jüngeren Sedimenten feinerer petrographischer Struktur. In einer grossen Zahl von Karstfeldern und Talkesseln der westlichen und östlichen Zone der jüngeren Faltengebirge findet man Erscheinungen des Klastokarsts im tertiären Mergel. Aber dennoch sind sie nicht untersucht worden. Erst gelegentlich der Untersuchungen über die Wasserhältigkeit des tertiären Bassins der oberen Rama (Flussgebiet der Neretva) wurde grössere Aufmerksamkeit auf die Karstbildungen in den klastischen Ablagerungen dieses Gebiets gerichtet.

Der Talkessel der oberen Rama liegt im Quellgebiet des Flusses Rama. Er hat sich zu Beginn des Oligozäns zwischen den dinarischen Verwerfungen in der Richtung NW—SO gesenkt. Im Laufe des Oligomiozäns bestand ein See in diesem Talkessel. Der See floss anfangs des Pliozäns ab und im Talkessel blieben mächtige Ablagerungen tertiären Mergel, Sandsteine und Ton zurück. Alle diese Gesteine enthalten grosse Prozentsätze CaO , der bei den Mergelsteinen niemals unter 50% sinkt. Diese Mergel sind sehr zementiert, sie sind aber auch sehr verworfen; eine grosse Zahl von Spalten tritt auf. Da dieses Gebiet eine grosse Menge atmosphärischer Niederschläge empfängt, bestehen sehr günstige Bedingungen für die Entwicklung des Verkarstungsprozesses.

In den tertiären Mergeln des Talkessels der oberen Rama trifft man auch auf morphologische und hydrologische Erscheinungsformen des Klastokarts. Von den morphologischen Erscheinungsformen machen sich besonders die Dolinen (vrtače) und Schluchten an der Oberfläche und die Höhlenkanäle im Erdinnern geltend. Zu den hydrologischen Erscheinungen gehören die unterirdischen Flussläufe und starken Quellen.

Dolinen erscheinen am häufigsten auf den abgeplatteten Scheiteln hoher Bergrücken, dann auf Flussterassen und an den sanfteren Hängen von Flusstälern. Auf den Scheiteln der Bergrücken sind die Dolinen brunnenförmig, auf den Flussterassen tellerförmig, während sie an den sanften Abhängen trichterförmig sind. Ausser den brunnenförmigen, die auf der grössten relativen Höhe liegen und symmetrisch sind, sind die anderen asymmetrischen Aussehens. Bei den ersteren ist der Grund felsig und die Seiten sind mit Vegetation bewachsen. Die teller- und trichterförmigen Dolinen zeichnen sich durch das Erscheinen von lockerem Geröll auf dem Grunde aus. Bei den brunnenförmigen Dolinen liegen die Klüfte offen in der Mitte des Grundes, während sie bei den übrigen im lockeren Geröll liegen. Die Dolinen im Klastokarst werden durch das Wirken chemischer und mechanischer Erosion gebildet. Die mechanische Erosion hat hier eine sichtbare Rolle.

Die unterirdischen Gewässer sind in den tertiären Mergeln des Tals der oberen Rama in Wasserstrahlen und kleinere Läufe zersprengt und bewegen sich durch Spalten und Kanäle. Die unterirdischen Kanäle sind nicht isoliert sondern zu Systemen von verschiedener Verbreitung verbunden, die kleinere oder grössere Flächen entwässern. Diese Gewässer bewegen sich gravitationsmässig, selten auch azendent. Am Ende diesser Kanäle treten starke Quellen auf.

Der Verkarstungsprozess hat demnach eine weitere Bedeutung unter den Agenzien, die Erdoberfläche zu ebenen streben. Er tritt auf und wirkt überall da, wo in Wasser lösliche Elemente an der Zusammensetzung der Gesteine teilnehmen.