СРПСКО ГЕОГРАФСКО ДРУШТВО

ПОСЕБНА ИЗДАЊА
КЊИГА 40

Др ЈОВАН ПЕТРОВИЋ

КРШ ИСТОЧНЕ СРБИЈЕ

БЕОГРАД
1974.

Проф. др ЈОВАН Б. ПЕТРОВИЋ

ПОСЕБНА ИЗДАЊА СРПСКОГ ГЕОГРАФСКОГ ДРУШТВА
EDITIONS SPÉCIALES DE LA SOCIÉTÉ SERBE DE GÉOGRAPHIE

Свеска 40 Fascicule 40

Др ЈОВАН ПЕТРОВИЋ

КРШ ИСТОЧНЕ СРБИЈЕ

LE KARST DE LA SERBIE DE L'EST

Уредник — Rédacteur
DUŠAN DUKIĆ

БЕОГРАД — BELGRADE
1974.

Уређивачки одбор
МИХАЈЛО М. КОСТИЋ, ЈОВАН ДИНИЋ и ДУШАН ДУКИЋ

Рецензенти
проф. др БРАНИСЛАВ БУКУРОВ
дописни члан САНУ
проф. др НЕБОЈША ЦАРИЋ

Коректор
СТЕВАН М. СТАНКОВИЋ

Тираж: 1400 премерака

Издавач: Српско географско друштво, Београд, Студентски трг 3/III
Éditeur: Société Serbe de Géographie, Belgrade, Studentski trg 3/III

Штампано помоћу добијеном од
Републичке заједнице за научни рад СР Србије

Штампа: „Димитрије Давидовић" — Смедерево

Садржај

Страна

Природни услови за развој крша — — — — — — — 5

Геолошки састав и тектонски склоп — — — — — 6
Главне геоморфолошке одлике — — — — — — 9
Климатске одлике — — — — — — — — — — 11
Земљиште и вегетација — — — — — — — — 13

Хидролошке појаве и одлике — — — — — — — — 14

Области без површинског отицања — — — — — 15
Понорнице и самостални подземни токови — — — 16
Однос подземних и крашких вода и котлинских издани 26
Положај и типови извора — — — — — — — — 28
Режим издашности извора и врела — — — — — 32
Физичко-хемијске особине извора и врела — — — 38
Остале хидролошке појаве и одлике — — — — — 42

Површински рељеф — — — — — — — — — — — 47

Шкрапари и кршеви — — — — — — — — — 48
Вртаче, валоге и увале — — — — — — — — — 51
Слепе долине и суводолице — — — — — — — — 58
Крашко-селективне увале — — — — — — — — 62
Селективно-крашке увале — — — — — — — — 65
Поља у кршу — — — — — — — — — — — 67

Подземни рељеф — — — — — — — — — — — — 74

Положај пећина и јама — — — — — — — — 74
Изглед и величина пећина — — — — — — — — 75
Изглед и величина јама — — — — — — — — 79
Главне одлике пећина и јама — — — — — — — 81
Типови пећина и јама — — — — — — — — — 85

Хидрлошко-морфолошки развој — — — — — — — — 86

Литература — — — — — — — — — — — — — — 91
Резиме — — — — — — — — — — — — — — 94

КРШ ИСТОЧНЕ СРБИЈЕ

Крашки предели Источне Србије везани су за источну зону млађих набраних планина која је великим делом изграђена од кречњачких и доломитских стена. Оне обухватају централне делове највиших планина смештених између долина Мораве на западу, Тимока на истоку, Ђердапског дела Дунава на северу и долина Нишаве и Кутинске реке на југу. Крашки предели у овој области немају непрекидно распрострањење и велику моћност динарског холокарста али се својим одликама и разноврсним појавама приближују најтипичнијем, безводном и љутом кршу. Јављају се у две зоне које се пружају, као и планински венци, од севера на југ са благим извијањем ка југоистоку и истоку. Прва зона, знатно већег пространства и боље повезаности, почиње са Голубачким планинама па се преко Хомољских планина, Бељанице, Кучаја, Ртња, Озрена и Девице и Сврљишких планина наставља, преко Сићевачке клисуре на Суву планину са Црним врхом, Белавом и Столовима. Друга, источна зона, знатно мањих површина, веће расчлањености и разбијености, пружа се од Великог и Малог Штрпца над Казаном, преко Мироча, Дели Јована, Великог и Малог крша, Тупижнице и Тресибабе до Видлича и Басаре, обухватајући и један део Високе у подножју Старе планине. Источно од долине Тимока кречњачке партије се показују у виду мањих, изолованих острваца која немају већег значаја за крш Источне Србије. Укупна површина крашких терена у овој области износи 3.321 km² или 19,5% територије Источне Србије (**1**, 109)

Планине у Источној Србији разбијене су бројним котлинама, које их окружују, дубоким клисурама и кањонима што их раздвајају. Због тога и крашки предели, везани првенствено за планинске венце, заравњена била и гребене, имају изглед изолованих оаза окружених водоодржљивим млађим и старијим стенама. Уз скоро све планинске падине пењу се до знатних висина језерски седименти суседних котлина. Старије, палеозојске стене показују се не само у подини већ често избијају и на планинским билима где су оголићени на мањим или већим површинама. Све то кречњачким пределима Источне Србије даје изглед и наглашава одлике плитког и по распрострањењу ограниченог крша.

ПРИРОДНИ УСЛОВИ ЗА РАЗВОЈ КРША

Хидролошко-морфолошка развијеност и заступљеност крша у Источној Србији резултат је повољних физичко-географских услова, првенствено геолошког састава и распрострањења кречњачких стена, рељефа и климатских особина, као и састава тла и вегетације. Изузимајући климатске особине, које у целој области показују релатив-

ну уједначеност, и морфолошку еволуцију рељефа, остали услови се различито показују у појединим крашким пределима. То се односи првенствено на геолошки састав и тектонски склоп, затим на крупне црте у рељефу и на развијеност површинске хидрографске мреже као и вегетације.

Геолошки састав и тектонски склоп

Мезозојске кречњачке и доломитске стене представљају основу крашког процеса у Источној Србији. Највећу распрострањеност имају кретацејски а најмању тријаски кречњаци. Они леже преко старијих и млађих палеозојских творевина које су представљене амфиболитима, као најраспрострањенијим шкриљцима у овој области, филита, пешчара и аргилошиста. Подину мезозојским карбонатским стенама, у областима где ови имају највећу моћност, чине пермски црвени пешчари и конгломерати (**2**). Местимично се у овим областима јављају као подина и верфенски шкриљци (**3**, 11). Палеозојске стене у основи представљају језгро свих антиклинала у којима се поред кристаластих шкриљаца јављају, у мањој мери, и еруптивне стене диорити, габро и др. Темена ових антиклинала заузимају у склопу свих планина висок положај због чега су врло често откривена на заравњеним билима и крашким платоима. Палеозојске стене су јако убране, најчешће згужване, и показују значајне међусобне дискорданције које су посебно изразите у односу на мезозојске творевине. Њиховим положајем у склопу антиклинала одређен је основни правац циркулације подземних крашких вода и кретање подземних токова.

Тријаске творевине у Источној Србији немају велико распрострањење. Оне су представљене првенствено верфенским шкриљцима и пешчарима доњег тријаса а ређе средњетријаским плочастим кречњацима дебелим понекад само неколико сантиметара. Тријаски шкриљци су јако лискуновити и песковити тако да прелазе у пешчаре. Кречњаци се морфолошки издвајају јер су знатно чвршћи и отпорнији па су од њих изграђене стрме падине нарочито на главама слојева. У целини они су, и наборити и плочасти, јако убрани, поломљени, па чак и бречасти, и дубоко скрашћени (**3**, 17).

Јурске формације имају неједнаку заступљеност у геолошкој грађи Источне Србије. Представљене су пешчарама, конгломератима, лапорцима и кречњацима и највеће развиће имају у североисточној Србији. Почевши од Великог и Малог казана они се пружају на југ, све до долине Тимока, непрекидном зоном широком и до 10 km. У осталим деловима јурске творевине се показују у виду уских зона, ретко ширих од 2 км, које прате суподине Старе и Суве планине али које у основи највеће распрострањење имају на западном ободу и у средишту црноречке андезитске масе (**4**). Дебљина свих јурских творевина износи 4—500 m али су једино стојеви малма заступљени поглавито кречњацима. Највеће распрострањење ови кречњаци имају у области Видлича и Басаре а представљени су силификованим стенама, затим лапоровитим, сивим и сиво мрким, слојевитим и банковитим кречњацима. Јако су поремећени и убрани, често згужвани, пуни пукотина и дубоко скрашћени.

Ск. 1. — Карта Крашких подручја Источне Србије
Cr. 1. — Carte des terrains karstiques de la Serbie de l'Est.

Кретацејске творевине имају највеће распрострањење у Источној Србији. Слојеви доње креде разноврсног су састава и развића у батијалној и неритској фацији док је горња креда развијена у типу госавских слојева медитеранске геосинклинале. Кретацејске

творевине представљене су првенствено кречњацима али се јављају и фације пешчара, глинаца, лапораца и конгломерата који немају велику заступљеност и распрострањење. Највећу моћност и развиће имају кречњаци баремског ката. Од ових кречњака изграђене су скоро све планине у крашком делу Источне Србије изузимајући једино Суву планину на којој највеће распрострањење имају кречњаци валендијског ката. Баремски масивни и банковити, зоогени кречњаци, са многим реквиенијама, дају овим творевинама карактер типске ургонске фације. Дебљина им врло често презали 200 m. Ретко су слојевити али су у целини јако поремећени, врло чисти и дубоко скаршћени. Остале кретацејске, карбонатске творевине имају мање распрострањење али се у погледу састава кречњачких стена, структуре и начина појављивања битније не разликује. Највећу моћност кретацејски кречњаци имају на Сувој планини где на отсецима према Црвеној реци прелазе 1.000 m. У целини су сви ови кречњаци врло чести и редовно садрже преко 95% $CaCO_3$ (**5, 6**). У кречњацима Озрена и Девице проценат $CaCO_3$ достиже и 98% (**7**).

Кенозојске творевине у Источној Србији имају велико распрострањење. Оне су представљене првенствено олигоценским и неогенским језерским седиментима, конгломератима, пешчарима, лапорцима и глинцима, који испуњавају све котлине у овој области. Дебљина им је различита, од неколико десетина до више стотина метара, али је за крашки рељеф од значаја чињеница да се ове вододржљиве стене високо пењу уз планинске стране и належу на мезозојске кречњаке. Присуство језерских стена које належу на кречњаке у знатној мери ограничава несметану циркулацију подземних крашких вода и спутава деловање крашког процеса. Неогенске творевине у неким котлинама леже и на висинама од око 600 m (**8**). Неке од њих су, као нпр. олигомиоценске, слатководне творевине, учествовале у набирању планина захваћених млађим фазама. Тако у Коритњичкој котлини оне представљају карактеристичан структорно-тектонски члан у општем склопу Суве планине. У општем геолошком саставу Источне Србије језерски седименти учествују са преко 30%.

Еруптивне стене заузимају знатно распрострањење у Источној Србији. Највише су заступљене у Црноречком басену, где се у широком појасу, између изворишних делова Пека, Млаве и Ресаве и долине Тимока, пружају од севера на југ. У осталим деловима оне су слабије заступљене и немају већег утицаја на развој крашког процеса. Највише су представљене андезитима, затим дацитима, диоритима, габровима и гранитима. Изузимајући андезите остале стене се јављају у виду мањих острваца нанизаних дуж главних тектонских дислокација.

Тектонски односи у разноврсној геолошкој грађи Источне Србије веома су сложени и имају обележје алпске структуре. Морфотектонска еволуција предела веома је значајна јер је уско повезана са генезом рељефа условљавајући деловање одређених спољашњих сила и фактора. Тектонска структура ове области огледа се у појави полеглих бора, краљушти и великих навлака. У основној структури истиче се полегање антиклинала у правцу истока и североис-

тока, изузетно ка југу, стварање главних дислокација моравске, печко- сврљишке и поречко-тимочке, под утицајем потиска који је долазио са запада и југозапада из Родопске масе. Таква тектонска кретања довела су до издвајања неколико подневачких зона које су се кретале према истоку и североистоку навлачећи се једна преко друге. У двема главним фазама, пресенонској и постсенонској, створено је шест великих навлака: Моравска, Ртањско-кучајска, Тупижничка, Поречка, Мирочка и Бердапска. Ови покрети били су час слабији час интензивнији али су за све време праћени снажним вулканским ерупцијама, на који је начин и образован велики андезитски масив између Ртањско-кучајске навлаке са једне и Поречке и Тупижничке са друге стране. Краљуштање и навлачење учинили су да је цела планинска област у Источној Србији полегла ка североистоку (**9**, 30). После великих издизања и навлачења, у постшаријашкој фази, настаје у појединим зонама радијално разламање и стварање олигоценских басена. Почетком миоцена започиње нова значајна орогена фаза у којој се врше поновна убирања и издизања, раскидања и најахивања старијих формација преко слатководних олигоценских седимената и андезита. Од средине сармата врше се значајна епирогенетска извијања, праћена раседањем, која трају све до краја плиоцена (**10**, 8—12).

Овако дуготрајни и снажни покрети означени убирањем, навлачењем, раседањем и епирогенским извијањем, који нису престали ни после плиоцена, утицали су не само на општу геотектонску структуру у Источној Србији већ и на структуру и изглед стена, у првом реду кречњака. Бројне пукотине, као последица поменутих покрета, пресецају кречњачке масе све до подине. Снопови пукотина првенствено падају ка северу и североистоку али у зависности од локалних покрета имају и друге правце и падове. Комбиноване са другим пукотинама, у првом реду дијастромама, оне представљају густу мрежу која омогућава разноврсну циркулацију подземних крашких вода што је најбитнији услов за деловање крашког процеса у површинским и дубинским деловима кречњачке масе. Таквим одликама, уз остале природне услове, као високу расчлањеност и падавине, остварене су све погодности за стварање крашког рељефа у Источној Србији.

Главне геоморфолошке одлике

Изразито планинско подручје Источне Србије ограђују са запада и истока две главне композитне долине Мораве и Тимока. Према њима су, изузимајући непосредне притоке Дунава, управљене попречне, такође композитне и полигенетске долине бројних притока, које разбијају и расшчлањују планинско подручје. Бројним котлинама, испуњеним језерским седиментима, повезаним дубоким клисурама и кањонима издвојене су, често и потпуно изоловане поједине планине јединственог венца који се у основи пружа од севера на југ повијајући тек после Црноречког басена на југоисток а у долини Нишаве на исток. То је разлог да венци бројних планина немају

уобичајен правац пружања север-југ већ су неки оријентисани од запада према истоку. Попречни правац пружања у односу на главне директрисе имају Хомољске планине, Бељаница, Ртањ, Сврљишке планине и донекле Сува планина, смештене све у западној зони Моравске и Ртањско-кучајске навлаке. Једино Кучајске и Голубачке планине у овој зони имају приближан правац север—југ. Планине источне зоне, у склопу Мирочке, Поречке и Тупижничке навлаке подударају се у пружању својих венаца са основним правцем пружања источне зоне млађих венчаних планина на делу Карпатског лука. Мироч, Дели Јован, Велики и Мали крш и Тупижница, донекле и почетни део Старе планине, имају подневачки правац. На овакав правац пружања планинских венаца утицале су не само тектонске предиспозиције већ и долине река притока Мораве и Тимока. Горњи делови долина Пека, Млаве, Ресаве, Раванице и Топоничке реке, као и Сокобањске Моравице и Нишаве на целој дужини, имају упореднички правац исток—запад. Оне својим котлинама и клисурама расчлањују западну планинску зону. Горњи део долине Сврљишког Тимока и Црни Тимок на целој дужини расчлањују са својим притокама источни део планинске зоне.

Планине Источне Србије, које се ступњевито дижу идући од севера на југ да би са Тремом на Сувој планини достигле највећу висину од 1.808 m, имају острвски карактер не само због дубоко спуштених котлина које их окружују већ и због пространих и широких била која се дижу изнад околних терена. Сува планина, Сврљишке планине, Тресибаба, Тупижница, Кучај, Бељаница, Мироч, Дели Јован и друге одликују се стрмим падинама и пространим заравњеним теменима. Од кречњачких планина једино се Ртањ диже изнад околних котлина стрмим странама и оштрим и истакнутим гребеном. Прави планински гребени у Источној Србији јављају се на планинама изграђеним од магматских стена и ограничени су на Црноречки андезитски масив. У рељефу свих планина Источне Србије, с обзиром на њихов постанак, доминирају тектонске црте. Већина антиклинала полегла је према истоку и североистоку где се јављају и чела навлака. Међутим, у стварности најистакнутије црте у планинском рељефу представљају високи, стрми и вертикални одсеци који се по правилу не јављају на источним странама планинских венаца. Бељаница се благим падинама спушта према Хомољској котлини а вертиканим одсецима пада у долину Ресаве. Озрен, Девица и Лесковик одсецима падају ка Сокобањској котлини на северу док се благим падинама спуштају у долину Попшичке реке на југу. Сува планина је вертикалним и више стотина метара високим одсецима ограничена према северозападу док постепено тоне у Лужничку котлину на југоистоку. Тупижница је стрмијим одсецима ограђена са запада док су источне падине Кучаја стрмије од западних. Ови одсеци, тектонског или селективно-ерозионог порекла, у основи дају посебне карактеристике планинама у Источној Србији.

У долинском рељефу доминирају котлине, дубоко спуштене тектонске депресије, које као и планински венци немају генерални правац пружања. У Понишављу оне се пружају од истока према западу дуж целе долине. Сврљишка, Сокобањска и Хомољска котлина

имају исте правце пружања. Књажевачка котлина је оријентисана од југа на север а Црноречка чак од северозапада ка југоистоку. На основу овога се закључује да је постанак котлина везан за локалне и регионалне тектонске, у првом реду радијалне покрете извршене у предолигоценско доба. Посебно је значајно да су све котлине прошле кроз језерску фазу за време које су на дну наталожени дебели неогенски седименти, мање олигомиценски, а на странама усечени подови у серијама апсолутне висине од 400—800 m. Током језерске и у постјезерској фази усечене су све клисуре које повезују котлине а међу њима се својим димензијама и изгледом, истичу Сићевачка клисура, Клисура Сврљишког Тимока, Горњачка и друге а првенствено композитна пробојница Ђердап. Код моногенетских клисура и кањона посебно се истичу клисура Јерме, Суваје и Склопа у долини Ресаве, Тиснице у долини Млаве и један од најдубљих кањона Лазарева долина на Кучају. За крашки рељеф Источне Србије, као и за рељеф у целини, дубоке клисуре и кањони су од посебног значаја. Оне раздвајају и изолују поједине кречњачке масе ограничавајући несметано кретање подземних крашких токова.

Климатске одлике

Источну Србију одликује умерено-континентално поднебље са осетним утицајима степске варијанте климата. То је управо област која прима годишње од 510—670 mm талога. Идући од запада према истоку котлинска дна примају све мање падавина а највећа аридност показује се у горњим котлинама Понишавља и Тимочкој крајини. Планине у овој области примају нешто увећане годишње суме падавина у зависности од апсолутних висина и положаја. На висинама до 1.000 m излучи се 800 mm, на 1.500 m 900 mm а на највишем врховима и до 1.100 mm талога годишње (**11**). Годишње количине падавина неравномерно су распоређене у читавој области. Максималне количине излучују се у пролеће и јесен а минималне крајем лета и у зиму. Средња количина атмосферских талога за читаву област износи око 760 mm годишње (**12**). Овако мале количине падавина свакако не представљају повољан фактор крашког процеса јер растварање кречњака зависи од количине $CaCO_3$ такође и од укупне суме атмосферских вода.

Средње годишње температуре ваздуха у котлинама Источне Србије имају вредности од 10,8°C до 11,8°C. Максималне средње месечне температуре, са вредностима од 22°—23,5°C, јављају је у јулу а минималне, са вредностима од —3,5° — —0,8°C, у јануару, односно фебруару. Средње годишње температуре у планинским областима, на странама, билима и гребенима, с обзиром на леже и до 1.500 m изнад дна котлинских равни, имају знатно ниже вредности. Тако средња годишња температура ваздуха на висинама од 700 m износи 9,3°C, на висини од 800 m 8,8°C, а на висинама од 800 m свега 8,3°C. Изнад 1.000 m висине температуре опадну на 7,8°C, на висини од 1.200 m 6,8°C, на висини од 1.500 m 5,2°C а на највишим врховима од преко 1.800 m свега 3,6°C. Најраспрострањеније температуре ваздु-

ха у планинама Источне Србије крећу се у вредностима од 5°—7°C. Тај планински појас између 1.000—1.200 m прима просечно око 850 mm талога годишње (**13**, 30—45).

Негативне средње месечне температуре ваздуха у котлинама, на висинама до 500 m, трају од 1—3 месеци. У том периоду јављају се и снежне падавине које се не задржавају дуже од 46 дана а средња висина снега ретко прелази 30 cm. Снежне акумулације достижу највише до 12% од укупне суме годишњих падавина. На висинама од 600—900 m негативне температуре трају најмање 3 месеца а на преко 1.500 m висине и пуних 5 месеци, од новембра до априла. Најниже средње месечне температуре у јануару спуштају се и до —5,5°C. Такви температурни односи указују на високопланинску, делимично и алпску климу у којим се условима снег задржава од 110—130 дана при чему се снежне ретензије пењу и на 40% укупних падавина (**14**,103). Средње годишње температуре ваздуха већ на висанама од 1.200 m имају вредности од 6,0°C а на највишим врховима свега 2,8°C. То су, међутим, управо области у којима кречњачке стене имају највеће распрострањење.

За еволуцију крашког рељефа у Источној Србији од значаја су и климатске прилике предилувијалне глацијације, односно у миоцену и плиоцену. Клима за време I медитерана била је веома топла, мање од горњеолигоценске али и знатно влажнија, при чему су планине биле аридније од котлинских језерских области. За време II медитерана поднебље је било изразито суптропско и влажно, док је после сармата па све до прве половине панона владао нешто сувљи климат. У другој половини панона и у понту клима је била топло-умерена и суптропска али увек знатно влажна (**15**, 305). Приближне годишње температуре ваздуха у периоду миоцен-плиоцен кретале су се по висинама овако:

Висине у m	300	500	700	900	1.000	1.200	1.500	1.800
Темпер. у °C	17,5	16,3	14,9	13,6	13,0	11,7	9,7	7,1

Предилувијалне температуре биле су у просеку за 6°C више од данашњих а за 12°—16°C више од температуре ледених доба. У таквим климатским условима процес карстификације је био врло снажан и растварање кречњака велико о чему сведоче и богате наслаге тера росе из миоценско-приоценског периода, добро заступљене и очуване у скоро свим планинама Источне Србије (**16**, 438). За време леденог доба, у глацијалним фазама, климатски фактор крашког процеса био је веома ограничен. Већ на висинама од 1.200—1.300 m средње годишње температуре имале су негативне вредности. Највише средње месечне температуре износиле су 8,4°C а најниже чак 9,8°C. На висинама од 1.200 m 6 месеци у години имају негативне температуре а на 1.400 m позитивне температуре имају само 5 месеци. Овакво поднебље без сумње је деловало на успоравање крашког процеса поготову у вишим планинским областима. Поновно оживљавање крашке ерозије, изузимајући интерглацијалне фазе, наступа тек са порастом температура у холоцену. Ипак и у најновијем добу овај процес неће достићи интензитет из периода миоцен-плиоцен.

Земљиште и вегетација

У зависности од геолошког састава и поднебља у крашким пределима Источне Србије јављају се и одређени типови земљишта. С обзиром на велику вертикалну расчлањеност поједини типови земљишта се јављају у одређеним висинским зонама, које имају овакав распоред: а. црвенкасто-рудо земљиште и црвеница; б. рудо земљиште (terra fusca); в. планински подзол; и г. планинска црница-буавица. Прва зона пење се уз планинске стране до висине од око 850 m, друга се јавља у следећој зони до висине од 1.100 m, трећа у зони од 1.100—1.500 m а последња, четврта у зони од 1.400 m па до кршевитих врхова. Промена састава земљишта са висином резултат је снижавања температура и повећања атмосферских талога. Диференцијација земљишта по катовима резултат је заједничког деловања педолошких процеса и денудације. Педогенеза у крашким пределима Источне Србије одвија се у два супротна правца. У подножју се врши нагомилавање сексквиоксида а губи се SiO_2 што условљава интензивно оцрвеничавање, док се идући према врховима догађа обрнут процес (**17**, 10). У основи земљиште у крашким пределима Источне Србије нема велику дебљину нити је континуелно распрострањено, нарочито у зонима црвенкасто-рудог и рудог земљишта која се јављају на стрмијим падинама. Нешто већу дебљину имају планинске црнице-буавице које се јављају у вишим зонама. Знатна заступљеност и распрострањеност црвенице у овој области може се објаснити, с обзиром да сада владају неповољни услови за њено формирање, топлијим и влажнијим поднебљем у фази миоцена-плиоцена. Највећу дебљину ово земљиште има у вртачама које се јављају на већим висинама, тек у зони изнад 1.000 m, што се објашњава већим растварањем кречњака под утицајем повећања талога са висином.

Вегетација крашких предела Источне Србије флористички је врло разноврсна али је просторно релативно мало заступљена. Највећим делом су ови предели обешумљени или су шуме потпуно девастиране. Тако се природни шумски комплекси, везани за одређен тип земљишта, јављају само на ограниченим, тешко приступачним планинским просторима. У јужним пределима области, у подножју планина, најпре је заступљен медитерански флорни елемент са знатним бројем врста пртежно ниске вегетације, којима црвеница одговара као тип земљишта. У истим областима јављају се и јужно-европске врсте. Идући у висину и према северу ове састојине замењује балканско-илирски флорни елемент а даље се ређају шуме средње-европског типа са подзолом као одговарајућим земљиштем. Вегетациони појасеви се, као и климатски и педолошки, смењују идући од подножја ка врховима и имају следећи распоред: а. појас белог граба помешан са цером и сладуном; б. појас белог граба са јавором; в. појас мечје леске; г. појас букове шуме која на заклоњенијим падинама и осојним странама прелази у шуму клека и смрче. На истакнутијим врховима и стрмим литицама Суве планине, Ртња и Кучаја јављају се још и црни бор и шуме јеле. У целини на

крашким теренима доминантну улогу имају мешовите шуме распрострањене на заравнима и билима. Изнад шумског ката јављају се пашњаци са степском травом на присојним и аркто-алпским флористичким елементима на осојним странама. У Источној Србији најбоље је очувана природна вегетација букових шума (**18**). Највећи комплекси срећу се на вишим и неприступачнијим кречњачким планинама. Шуме нижих катова у највећој мери су уништене стихијском експлоатацијом, делимично паљењем у нижим областима, током последњих 150 година (**19**, 16—32).

Природни услови за деловање крашког агенса и процеса и развој површинских и подземних крашких облика у Источној Србији, поред знатног распрострањења и развијености кречњака јако чистих а тектонски поремећених, изломљених и пукотинама испресецаних кречњака, знатно су се мењали током геолошке историје. Најповољнији услови јављају се током миоцена и плиоцена, за време топлије и знатно влажније климе, када су ови предели били покривени густом шумском вегетацијом условљеном тропским и суптропским поднебљем. Током дилувијума климатски и вегетациони услови су знатно измењени смењивањем хладнијих и топлијих фаза, поготову у периодима када је вршена снажна акумулација падавина и када се снег задржавао дуже од пола године. У постглацијално доба релативно мале количине годишњих падавина не одговарају интензивнијем развоју и деловању крашког процеса. На великој површини нарочито у нижим пределима, падавине једва прелазе 500 mm годишње а то поднебљу даје одлике степског климата. Поред тога знатно је измењен и фактор вегетације. Она је најпре уништена дилувијалном глацијацијом а затим и интервенцијом човека. Обешумљавање је утицало на интензивније површинско сливање атмосферских вода које су у мањој мери понирале растварајући кречњаке са мањом концентрацијом хумусних и других агресивних киселина. Овакве промене чиниоца крашког агенса битно су утицале на степен развијености крша у Источној Србији у чијој се еволуцији издвајају три главне етапе са више секундарних фаза.

ХИДРОЛОШКЕ ПОЈАВЕ И ОДЛИКЕ

Појавом Ј. Цвијићевих студија, „Пећине и подземна хидрографија у Источној Србији" (1895) и „Извори, тресаве и водопади у Источној Србији" (1896), постављене су основе, још крајем прошлог века, научном проучавању хидролошке еволуције у овој области. У првој расправи аутор указује на основне одлике кретања подземних токова у кршу Источне Србије и њихову везу са постанком пећина и морфолошком еволуцијом кречњачких терена (**20**). Поделом пећина на речне и суве Ј. Цвијић одређује и степен и интензитет скаршћености кречњачке масе која има одлике „плитког крша". Настављајући и даље хидролошка проучавања хидрографије Источне Србије, исти аутор у другој студији, указује на основне типове крашких извора и врела чија је појава резултат циркулације под-

земних вода и кретања подземних крашких токова у кречњачким теренима ове области. Сва ова испитивања и закључци резултат су теренских проматрања и само спорадичних мерења која је обављао сам аутор (**20**). И поред тога две поменуте Ј. Цвијићеве студије представљају и данас основу даљих проучавања хидролошко-морфолошких појава и проблема. Томе доприноси и чињеница да се за последњих скоро 80 година није појавила ни једна комплекснија студија из ове области. Скоро сва проучавања у овој проблематици после Ј. Цвијића везане су за одређене, локалне појаве.

Области без површинског отицања

У крашком рељефу Источне Србије најистакнутије место припада пространим планинским заравнима које се јављају на различитим висинама. Темена скоро свих планина засечена су и уравњена а са њих се дижу, начешће усамљени истакнутији врхови. Висина ових заравни постепено расте идући од севера на југ а условљена је ступњевитим издизањем рељефа. Пространије крашке заравни не јављају се само на неким планинама, као нпр. на Ртњу, које имају истакнутије гребене или чији су највиши врхови изграђени од других стена, каква је планина Кучај или Хомољске планине. Ипак се и на њима јављају крашке заравни које у виду венца окружују планинске врхове и гребене.

На југу Источне Србије јавља се на Сувој планини највиша и једна од најпространијих крашких заравни Валожје. Она је изграђена од јако чистих валендијских кречњака, лежи на висини од 1.450—1.550 m, благо је нагнута од СЗ ка ЈИ, и дубоко скаршћена. Са њене површине, коју расчлањују бројне вртаче и мање увале типа валога, дижу се усамљени купасти врхови висине и до 1.700 m. На површини од преко 240 km² јавља се само један сталан извор Ракош чесма, и два периодска. Све воде које падну на Валожје одмах пониру и јављају се тек у дубоко спуштеним суседним котлинама на јаким крашким врелима (**22**, 8). Друга безводна крашка област у сливу Нишаве је површ Тепоша смештена између долине Височице и Пиротске котлине. Лежи на висини од преко 800 m, разједена је бројним и дубоким вртачама и на њој се не јавља ни један сталан нити повремен извор. Воде које се упијају у крш ове заравни хране врела у Пиротској котлини. Између долина Нишаве и Сврљишког Тимока леже Сврљишке планине чије је теме заравњено и лежи на висини од 1.200 m. И то је пространа крашка зараван без површинског отицања која захвата око 160 km². Она је у северној подгорини разбијена једном издуженом удолином чије је дно у палеозојскјм шкриљцима. Дуж јужног обода ове удолине, на контакту баремских кречњака и палеозојских шкриљаца, јавља се низ сталних извора храњених са крашке заравни темена Сврљишких планина (**23**, 25—43).

Једна од најтипичнијих крашких заравни захвата уравњена била Озрена, Девице и Тресибабе. Лежи на висини од 800—900 m, изграђена је у баремским кречњацима, и захвата површину од преко

350 km². Раздвојена је дубоким кањоном Сврљишког Тимока и неким мањим долинама са токовима периодског карактера. И на овој површи нема извора а воде које падну на њу хране крашка врела и изворе у сливовима Тимока, Сокобањске Моравице и Топоничке реке. На суседним планинама Тупижници и Ртњу не јављају се типске крашке заравни али и оне представљају области без површинског отицања.

У склопу Кучајских планина, чији су централни и највиши делови изграђени од палеозојских стена, јављају се мање крашке заравни од којих се, на источној страни истиче површ Кота и Стобора. Апсолутна висина ове површи креће се од 750—1.000 m. Разједена је бројним вртачама и потпуно безводна (**24**,20). На западној страни крашке заравни Брезовица, Игриште, Пландиште и др., захватају знатно веће пространство. Око 2/3 од укупне површине Кучајских планина су области без површинског отицања.

Планина Бељаница је такође типична крашка зараван. Њено уравњено теме, изграђено од баремских, дубоко скаршћених кречњака, лежи на висини од око 1.150 m и захвата површину од око 120 km². Увале које се јављају на темену Бељанице, са дном у палеозојским шкриљцима, представљају мање хидролошке оазе. Воде са ове високе крашке заравни хране јака врела у долини Ресаве и Млаве. Најзад, поред мањих крашких заравни које се јављају северније од долине Млаве, у непосредном залеђу Казана јавља се и Мирочка површ. То је најнижа кречњачка зараван која лежи на висини испод 500 m. Расчлањена је дубоким скаршћеним долинама, вртачама и увалама а у већем делу је и без површинског отицања.

Области без површинског отицања у кршу Источне Србије обухватају више од 80% од укупне површине кречњачких терена. Са око 12% површине атмосферске воде отичу површински само повремено, после кише и док копни снег, док на свега 8% територије под кречњацима постоји стална површинска хидрографска мрежа. Међутим, на простору који је означен потпуном дезорганизацијом површинске хидрографске мреже јављају се мањи басени са затвореним, унутрашњим сливовима. То су мање увале и поља са посебним хидролошким одликама.

Понорнице и самостални подземни токови

Реке понорнице дају посебно хидролошко обележје кршу Источне Србије. На релативно малој кречњачкој површини, која је уз то разбијена и расчлањена, јавља се више од стотину сталних, периодских и повремених река понорница. Истина оне немају димензије понорница у динарском кршу али се по својим особинама и одликама нимало не разликују од ових. То су најчешће једноструке понорнице, изузетно двоструке, кратких површинских и подземних делова токова. Везане су за планинске заравни и гребене због чега су им и димензије ограничене. Према начину формирања могу се поделити у две групе: а. понорнице у затвореним депресијама увала и поља, и б. понорнице у слепим долинама.

Понорнице прве групе везане су за крашко-селективне и селективно-крашке депресије, поља и увале, које се одликују засебном хидрографском мрежом са унутрашњим одводњавањем. Највећа од ових понорница је Одоровачка река у истоименом пољу, затим следе Изгоре и Баре у Дивљаковачком пољу, Циганске речке, Бусовата и Жагубичке речке на планини Бељаници, као и већи број мањих река-понорница.

Понорница *Одоровачка река* постаје од више потока које хране слаби извори што избијају под гребеном Видлича на контакту горње јурских врло чистих дубоко скаршћених кречњака и доње јурских пешчара, лапораца и конгломерата. Она прима своју највећу притоку Блато која извире под источним ободом поља. Површинска хидрографска мрежа ограничена је на Одоровачко поље, дужине 7,5 km и највеће ширине 4,5 km, чије дно лежи на висини од 680 m. Плитко усечено корито Одоровачке реке има изразито меандарски карактер, нарочито у доњем, нижем у уравњеном делу поља, где се под југозападним ободом јављају главни понори. Дужина главне реке износи 16 km, а дужина свих токова око 38 km. У току летње половине године, када протицај у кориту реке износи свега десетак литара у секнуди, понорница се губи у издухама и алувијалним понорима већ у средњем делу поља. У јесен и пролеће, када падају дуготрајне, свакодневне кише и док копни снег, протицај у кориту понорнице износи и до 3,5 m^3/sek. Тада активни понори дуж југозападног обода поља не могу да приме сву воду због чега се у доњем делу поља ствара периодско језеро. За време изузетно високих вода један део језера увире и у најнижи отвор Одоровачке пећине. Језеро траје 3—5 недеља, често и знатно краће, а дубина му се креће и до 5 m. Поплаве се јављају и после јачих летњих киша и тада наносе велике штете њивама и сенокосима. Бојењем је утврђено да воде из Одоровачког поља избијају у долини Нишаве хранећи Врело у селу Градишту. Флуоресцеин-натријум у води прошао је растојање од 16 km са падом од око 260 m за 96 сати или просечном брзином од 116 m/čas.

Хидролошке одлике Дивљаковачког поља, с обзиром да се у њему јављају две понорнице са засебним сливовима, посебно су интересантне. Већа понорница *Баре* извире на југозападном ободу поља под купастим врхом Буле. Тече према североистоку и тек када сиђе у најнижи део поља понире у уздухе под Колибом. Мања понорница *Изгоре* извире на источном ободу поља, тече према западу и тек на завршетку скреће на север и увире у јаму понора Подлипом. Обе понорнице су кратке и њихови сливови захватају мале површине. Хране се из пространог крашког залеђа Кучајских планина због чега имају воде током целе године. У јесен и пролеће, када Баре и Изгоре носе највише воде, у доњим деловима њихових долина стварају се периодска језера. Периодско језеро понорнице Баре је знатно веће јер понори имају мању пропусну моћ. Оно траје и до 40 дана а дубина прелази 3 m. Воде обеју понорница увиру у поноре на висини од око 420 m. Подземни ток Баре избија на

Врелу Јеловачког потока. Обојена вода прешла је растојање од понора до врела од 1,8 km за 4 сата, савладавши висинску разлику од свега 30 m просечном брзином од 450 m/čas.

Три реке понорнице у великим увалама на планини Бељаници су по својим хидролошким одликама потпуно исте. Дна свих увала изграђена су у палеозојским шкриљцима док су стране од масивних баремских кречњака. У највећој ували Циганске пиштаљине — *Речке* извори се јављају на источној страни дуж контакта. Од њих се образује сталан ток понорнице који тече дубоко усеченим коритом на запад где под Кршем понире у зјапеће гротло Ивковог понора, испитаног до дубине од 130 m. Извори понорнице Речке налазе се на висини од 1.060 m а понор је на 990 m. Дужина понорнице износи 4,3 km а површина слива је 14 km². За време главног минимума протицај непосредно пред понором износи око 5 l/sek а у пролетњем максимуму, крајем априла и почетком маја, око 0,52 m³/sek. Током изузетно високих вода непосредно изнад понора, где је равно дно увале најниже, образује се периодско језеро које траје највише до две недеље. Увала Речке лежи у сливу Млаве и представља изворишни део скаршћене долине Крупајске реке. Међутим, обојена вода понорнице избила је, априла 1954. године, на Малом врелу у долини Ресаве. Растојање од 7 km, са висинском разликом од 650 m, обојена вода је прешла за 110 сати или брзином од 636 m/čas. Овим експериментом утврђено је да хидролошко развоће на Бељаници одступа од топографског развоћа а слив Ресаве се увећава на рачун слива Млаве.

Увала Бусовата лежи испод самог највишег врха Бељанице и дугачка је 2,5 km а широка око 600 m са дном на висини од 1.000 m. Благо је нагнута од запада ка истоку и у том правцу и тече понорница *Бусовата*. Дно увале састављено је од палеозојских шкрилаца а обод од баремских кречњака. Понорница Бусовата постаје од више мањих потока које хране стални извори и периодски извори што избијају на северној и западној старни увале. Сви потоци сливају се према јужном и југоисточном ободу увале где образују Бусовату која поноре под ниским превојем Крша. После тока од свега 1,2 km вода понорнице избија на изворима Сувог дола. Увала *Речке Жагубичке* налази се у источном делу Бељанице, на десној страни дубоке долине Сувог дола. Лежи на висини од око 890 m са дном у палеозојским шкриљцима и ободом у кречњацима. Од више мањих извора образује се јака понорница која увире у издухе на западном ободу увале. Подземне воде Речке, после тока од свега 2 km, избијају на врелу Речке у долини Сувог дола.

Воде понорница Бусовате и Речке Жагубичке образују реку понорницу Суводол. Ова понорница је усекла своју дубоку, местимично кањонску долину, у источном делу Бељанице. Сува долина се завршава на излазу у Жагубичку котлину великом умртвљеном плавином на којој лежи село Суви До. *Понорница Суводол* тече површински око 5 km губећи постепено воду у бројним издухама и уским понорима који леже у самом кориту. За време високих

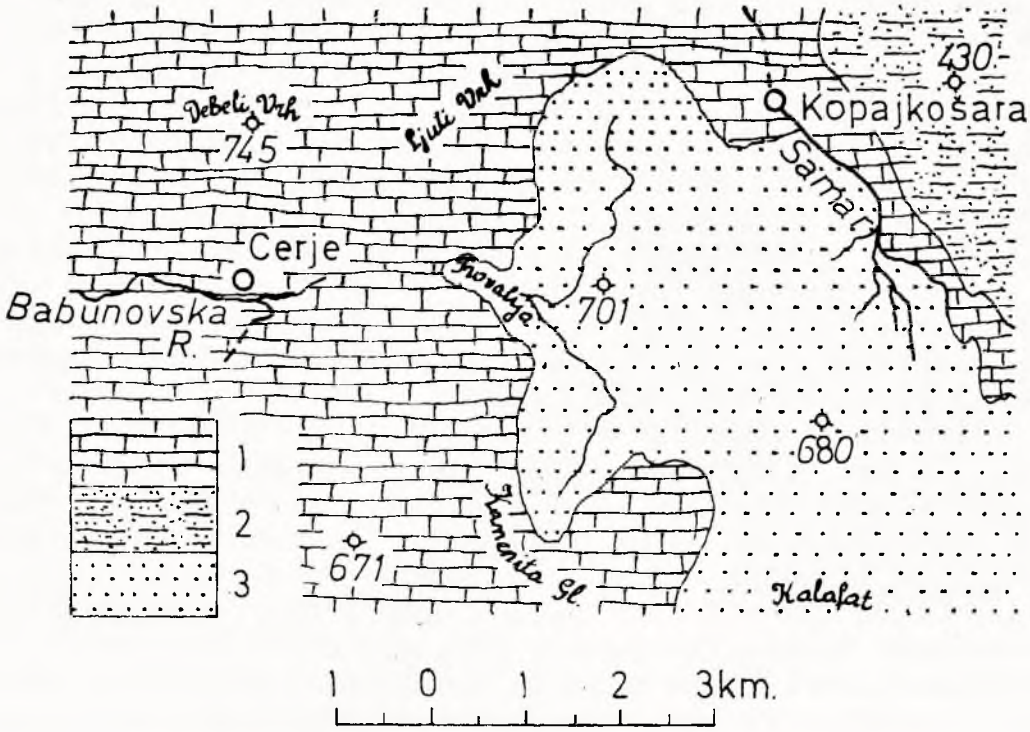
вода ток Суводола продужи се све до краја кањонског дела, око 2 km узводно од Сувог Дола, док се код малих вода завршава у великом меандру. Подземне воде Суводола, једине двоструке понорнице у кршу Источне Србије која је потврђена бојењем, избијају у Жагубичком врелу.

Другу групу понорница представљају типичне алогене еке. Оне су знатно бројније од првих а јављају се као последица разноврсне геолошке грађе и рељефа. Везане су за оне планине чији су виши делови, гребени и истакнути врхови, изграђени од старијих, вододржљивих стена док су ниже падине састављене од кречњачких творевина. У другом случају оне се јављају и у селективно-крашким увалама, типичним котлинским затвореним проширењима. У пределима релативно плитког крша, где старије подинске стене врло често избијају на површину, појава алогених река је врло честа а у зависности од ширине и дебљине кречњачких стена, односно величине тока, јављају се и понорнице. Оне су бројније у северним деловима крша Источне србије, где су кречњаци мање моћности, док су ређе у јужним пределима где карбонатске стене имају неупоредиво већу дебљину.

Највећа понорница са затвореним басеном слива је *Сврљишки Тимок*. Изворишни крак ове понорнице постаје од више потока који се састају испод Бабине главе и образују реку Туију. Пространа слив Туије развијен је у сенонској синклинали, изграђеној од пешчара и лапораца, окруженој баремским кречњацима. Од Сврљишке котлине басен слива Туије одвојен је ниском кречњачком гредом Пандирало. При дну ове греде, која се изнад алувијалне равни Туије диже за око 30 m, налазе се, на висини од 470 m, активни понори. Подземни ток Туије, који увире на источној страни греде, избија на површину само после неколико стотина метара у врху кратке клисурасто-кањонске долинице на Врелу Сврљишког Тимока. Како најнижи канали врелско-понорске пећине у Пандиралу, код села Периша, не могу да приме високе воде Туије то се узводно образује периодско језеро које траје највише десетак дана. Периодско језеро се, осим у јесен и пролеће, може јавити и у току лета, после јаких киша што је последица обешумљености слива.

Друга значајна и посебно интересантна понорница са затвореним басеном слива, у овом делу Источне Србије, јесте Беровичка река. То је понорница Беровичког поља које је смештено између венаца Влашке планине, између долина Јерме и Присјанске реке. Најнижи део поља лежи на висини од 740 m и у њему се јавља басен Беровичког језера. Поље је нагнуто од запада према истоку и од долине Јерме одвојено је кречњачким гребеном Колибе (858 m). Западни део поља изграђен је од пермских црвених пешчара, у којима постаје Беровичка река, док је источни део и обод од баремских кречњака. Стално језеро, које је при највишем водостају дугачко и до 3 km, има отоку која, пошто прође кроз један уски коридор, понире испод Колиба у јаму Паштерицу, на висини од 740 m. После тока од преко 5 km понорница Беровачке реке избија у долини Јерме, код села Власи, на јаким крашким врелима која се јављају на висини од 420 m. Између понора и врела је

проходна пећина Ветрена дупка а понор Пештерица је са дубином од 280 m најдубља јама у овом делу крша Србије. У време док копни снег редовно се узводно од понора Пештерице образује периодско језеро јер алувијални понори не могу да приме сву воду. Када језеро нарасте за око 12 m активира се и главни понор, огромно зјапеће гротло Пештернице.



Ск. 2. — Геолошка карта Калафата са понорницама Самар и Провалија. (Легенда: 1. кречњаци; 2. неогенски седименти; 3. пермски црвени пешчари).

Cr. 2. — Carte géologique de Kalafat avec les cours d'eau souterrains de Samar et de Provalija
(Légende: 1. calcaires; 2. sédiments néogènes; 3. grès rouges permiens).

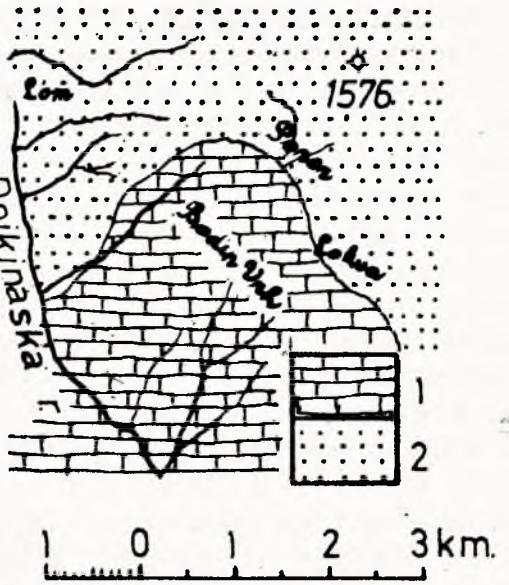
У масиву Калафата, крајњег дела Сврљишких планина, поред више периодских и повремених, јављају се и две сталне реке понорнице, *Самар* и *Провалија*, са затвореним и самосталним басенима слива. Велики број понорница на Калифату последица је геолошког састава и грађе. Централни и највиши делови ове планине изграђени су од пермских црвених пешчара који су са свих страна окружени, ужом или широм зоном, баремских кречњака. Већина река која полази из централног дела Калафата, пошто доспе до кречњачког појаса понире. Само су неке од њих, које теку према Сврљишкој котлини, успеле да савладају крашку ерозију и усеку у баремским кречњацима кратке сутеске. Понорница Самар извире на источној страни Големог Средњака. Њена долина, правца ЈИ—ЗС, усечена је дуж контакта између пермских црвених пешчара и североисточног кречњачког оквира. После тока од неколико километара река Самар, узводно од села Копајкошаре, удара на једну попречну кречњачку греду која пресеца нормалну долину затварајући је

вертикалним одсеком високим око 60 m. Ту се, у челу долине, јавља огромно гротло пећине самар у које увире сталан ток истоимене реке. После тока од око 2,8 km понорница Самор избија на другој страни кречњачке греде као јако Врело у Копајкошари. Понорско гротло Самара лежи на висини од 520 m а врелско на 480 m. Пећина између понора и врела је проходна на целој дужини. На овој понорници извршени су и први експерименти праћења подземног тока употребом флуоресцеин-натријума и радиоактивних изотопа (**25**, 36). Понорница Провалија, са прстатсто развијеном изворишном челенком, одводњава западну страну планинског била Калафата. Више сталних потока избија на падинама Големог Средњака и Шупљег горуна. После тока од 1—2 km потоци се састају и образују понорницу Провалију. Ова тече на запад и око 3 km источно од села Церја понире у пећину Провалију. Подземни ток поново избија на површину после неколико километара низводно од Церја у долини Лабуновске реке.

На пространој Мирочкој површи, у непосредном залеђу Бердапа, јављају се две понорнице са самосталним и затвореним басенима слива. *Велика Равна река* развила је свој слив у истоименој ували, дужине 3,5 km и ширине 1 km, са дном на висини од 400 m, која лежи северно од села Мироча. Са три стране увала је окружена јурским масивним кречњацима док су јој дно и јужни обод изграђени од лијаских пешчара и шкриљаца. Са јужног обода сливају се према дну увале бројни потоци од којих постаје понорница Велика Равна река. Она понире дуж северозападног обода увале, у јако скаршћеним кречњацима, где се јавља и Станкуцулова, понорска пећина, на висини од око 400 m. Претпоставља се да воде ове понорнице хране крашка врела која избијају у ерозионом проширењу Пецке баре, између Великог и Малог казана Понорница *Мала Равна река* развила је свој слив у пространој Цвитановачкој ували, која лежи у североисточном делу Мирочке површи. Увала, која је по свему слична Великоречкој, се пружа правцем ЈЗ—СИ и од долине Реке одвојена је високим кречњачким гребеном. Понорница Мала Равна река се губи дуж контакта, на источном ободу увале, и после тока од око 3 km поново се јавља у снажном Цвитановачком врелу. Врело избија из велике пећине која има облик подземног кањона. И у Мирочким увалама се јављају периодска језера која трају врло кратко.

У сливу реке Пека, који се одликује врло плитким кршем, јавља се велики број сталних и периодских река понорница у затвореним, слепим долинама. Понорница *Ваља пешћера* протиче једном од седам скаршћених и затворених долиница које се јављају на западној страни Малог крша. Понире под истоименом пећином на висини од 597 m а поново се јавља на површину, после кратког тока, у долини реке Куртурјадзе на висини од 575 m. Понорница *Чока ку Скрада*, на западној страни Ћоћа, има слепу, затворену долину са површином од 2,12 km^2. Протиче кроз Раданову пећину. Понор се налази на висини од 630 m а извор на 585 m док се дужина подземног тока цени на око 600 m. *Ваља Фундата* је највећа понорница у сливу. Јавља се у истоименој слепој долини која захвата површину

од 7,15 km². Вода се губи у издухама на висини од 341 m и после тока кроз пећину Фаља Фундате, на дужини од 740 m, поново избија као извор на 325 m. У изворишту Малог Пека јављају се две понорнице. *Рајкова река* одводњава долиницу са површином од 4,7 km² и понире на 459 m. Извире на другој страни кречњачке гредице, после тока од преко 600 m, на висини од 430 m иза врелског отвора Рајкове пећине. *Паскова река* одводњава слепу долину Ваља Сака са површином слива од 12,6 km². Понире у Паскову пећину на висини од 455 m и после подземног тока од око 1,7 km избија на врелском отвору истоимене пећине, на висини од 430 m. *Понорска река* протиче слепом долиницом, дужине 4,5 km, смештеном између Бложа и Крша. Понире под североисточним одсецима Крша, на висини од 375 m. После подземног тока од око 1 km избија испод Дубочке пећине на висини од 315 m. У сливу Буковачке реке највеће понорнице су *Стругарски поток*, који протиче кроз пећину Церемошњу, и *Сува река* која одводњава истоимену скаршћену и слепу долину. Понире на 340 m а поново се јавља, из једне пећинице, на 224 m висине. Остале понорнице у слепим, затвореним долинама у сливу Пека су периодске и повремене (**26**, 34).



Ск. 3. — Геолошка карта подручја понорница Вртибог и Локве (по J. Цвијићу). (Легенда: 1. кречњаци, 2. палеозојски шкриљци)

Cr. 3. — Carte géologiques du territoire des cours d'eau souterrains (d'après J. Cvijić). (Légende: 1. calcaires; 2. schistes paléozoiques)

У планинском подручју Кучаја јавља се велики број понорница прве и друге групе. Појава великог броја река понорница условљена је геолошком грађом и тектонским склопом ове планине. Кучај је у основи изграђен од старијих, палеозојских стена које не само да чине језгро антиклинале већ се јављају и у његовим централним деловима где учествују у грађи највиших планинских врхова. Крила ове антиклинале, у којима су усечене простране крашке за-

равни, израђују моћни баремски кречњаци. Са централних делова Кучаја спуштају се на све стране бројни потоци и реке које пониру у затвореним депресијама, као у западним деловима планине, или се губе у дубоким кањонским долинама на источној страни, према сливу Црног Тимока. Највећа понорница у западном делу Кучаја, која се одликује самосталним басеном слива, је река Брезовица. Басен слива *Велике Брезовице* састоји се из слепе долине и простране увале Велике Брезовице. Горњи део долине усечен је у филитима док је доњи, заједно са увалом, изграђен у баремским кречњацима и палеозојским пешчарима. Главни ток басена Велика Брезовица, чија је разграната изворишна челенка усечена у филитима и пешчарима, дугачак је око 6 km. Према ували се спуштају са северозападног обода и два повремена тока. У суседној ували Мале Брезовице, која је од Велике одвојена ниским превојем, такође се јављају периодски токови. Све ове воде се губе у понорима и издухама на различитим странама басена. Није утврђено према којим врелима се одводњавају разбијене понорнице Велике и Мале Брезовице (**27**, 95—109).

На странама Кучаја које се одводњавају према сливу Црног Тимока број понорница је знатно већи. Све оне извиру у централном делу Кучаја а пониру у дубоким клисурама и кањонима изграђеним у баремским кречњацима. Најинтересантнија понорница у североисточном делу планине, у областима површи Кота и Стобора, је ток *Лазареве долине*. Он постаје од Микуља, Демизлока и Кленцуша у пределу контакта палеозојских и кречњачких стена. „Данашњи токови Микуља, Демизлока и Кленцуша пониру у издухама и понорима чим наиђу на кречњачку масу, због чега је кањон Лазареве долине највећим делом године потпуно сув. Само почетком пролећа, после отапања снега, протиче кроз њега бујан, пенушави речни ток. Тада понори Микуља, Демизлока и Кленцуша не могу да приме целокупну количину воде њихових токова, чији је протицај знатно повећан, што омогућава периодско постојање воденог тока и у Лазаревој долини" (**24**, 27). Понорница Војал, лева притока Микуља, извире на контакту кречњака и кристаластих шкриљаца, испод Кулма Пештера, на висини од 1.100 m, и има развијену изворишну челенку. После тока од око 5 km Војал понире у издухама у кориту кањонског дела долине који је дубоко скаршћен. Понорница *Дубашница* извире испод Великог куша, на висини од 1.060 m, и у горњем делу, на дужини од око 2 km, тече преко палеозојских шкриљаца. Испод Кисмулуја Дубашница губи воду у издухама дуж контакта а само када има веће количине тече и даље скаршћеном долином, пуном понора, која пресеца површ Кота и Стобора.

Понорнице југоисточног обода Кучаја, које силазе са висоравни Тилва Њате, усекле су у кречњачкој зони ширине 2,5—7 km, дубоке кањонске долине. Алогени токови који силазе из централних области планине су паралелне међу собом али су различите дужине. Понорнице *Стрњак*, *Мала река*, *Боговина*, *Сува река*, *Мала* и *Велика река*, *Петрова река* и *Ваља Ринж*, за време ниских вода губе се већ у почетним деловима кањонских и клисурастих долина. У јесен и про-

леће, док падају дуготрајне кише и копни снег, њихови токови се продужују и кад кад изливају и у суподини. Дужина ових понорница креће се од 2—7 km подземног тока. Све оне хране крашка врела која се јављају у суподини Кучаја.

Радованска река је највећа понорница на Кучају. У горњем току, који је усечен у палеозојским шкриљцима, има правац СИ—ЈЗ, док испод Градишта, одакле је њена долина изграђена дуж контакта шкриљаца и кречњака, скреће на ЈИ. На месту где лактасто скреће река је усекла, испод крашке висоравни Беле воде, клисуру Жљебуру. Око 1,8 km низводно од улаза у клисуру сталан ток Радованске реке увире у пећину Пећуру, на висини од 430 m. Изнад пећине је сува долина Жљебуре, са вртачама по дну, а на њеном завршетку се јавља врелска пећина удаљена око 300 m од понорске. Из Врелске пећине, која има изглед мање дворане, избија други део површинског тока Радованске реке. Од 21 km дужине Радованска река, чији се протицај на врелу креће око 100 l/sec, је понорница на дужини мањој од 0,5 km. Понорском систему Радованске реке припадају и понорнице које се јављају у увалама на крашкој висоравни Беле воде. Понорница *Берговац* извире на висини од 720 m, односно 750 m, тече на дужини од око 1 km и понире, у сопственом наносу, на висини од 185 m. Понорница *Пониквица* извире на око 600 m висине и после тока од 1,5 km губи се у наносу. Највероватније је да ове две кратке понорнице хране врела у долини Радованске реке која избија код манастира Крепичевца (**24**, 58).

Понорнице типа сушице такође су знатно заступљене у кршу Источне Србије. И оне су везане за геолошке промене у грађи њихових долина. Горњи токови су им редовно у старијим, вододржљивим стенама. У средњим деловима долина јављају се кречњаци, представљени ужим или ширим зонама, док су доњи делови поново од вододржљивих стена. Главна хидролошка одлика сушица је појава периодских и повремених токова у скаршћеним деловима долина. Међу највећим понорницама овог типа спадају и *Велика* и *Мала Тисница* у сливу Млаве. Обе ове реке извиру у андезитима Црног врха. Непосредно испод разгранатих изворишних челенки оне улазе у кретацејске кречњаке где у издухама губе постепено воду. У сушнијој половини године оне потпуно пресушују непосредно пошто зађу у кањонске и клисурасте делове долина. У зимској половини године, током јесени и у пролеће, са повећањем количине падавина, токови им се продужују па сједињене избијају у Жагубичку котлину. Понорница *Клочаница* је највећа сушица у сливу реке Млаве. Извире у палеозојским стенама северног Кучаја и после тока од десетак километара улази у кањон Суваје, усечен између Вите букве и Бабине главе, на дужини од око 5 km. Преко лета Клочаница пресушује већ на самом улазу у кањон. С јесени њен се ток продужава са повећањем падавина и за време максималних вода избија у котлиницу Лисине где се улива у Ресаву. Најмање количине воде при којима протиче целим кањоном Суваје износе око 800 l/sec. Најбројније сушице јављају се на северној падини Сврљишких планина. То су кратки потоци који извиру под главним планинским гребеном, на контакту палеозојских шкриљаца и баремских

кречњака. Пошто пређу преко уске палеозојске зоне они усецају своје долине у северном планинском гребену, изграђеном такође од кречњака. У овим клисурасто-кањонским деловима оне пониру у бројним издухама. Све сушице учествују у храњењу врела која се јављају у суподини Сврљишких планина али теку целом дужином само у пролеће и јесен.

Самостални подземни токови у кршу Источне Србије, судећи према броју извора и врела, који нису храњени понорницама, веома су заступљени. Велика честина ових токова објашњава се геолошком грађом и структуром кречњачких предела као и изузетном расчлањеношћу општег рељефа. Самостални подземни токови су везани првенствено за оне кречњаче планине у којима се не јављају реке понорнице. То су истовремено крашке области у којима кречњачке стене имају већу дебљину док су водоржљиве стене подине положене знатно дубље. Правац кретања ових токова одређен је скоро у свим кречњачким областима положајем палеозојских стена у унутрашњој грађи антиклинала. Међутим, иако су антиклинале скоро свих планина северне и средишње групе у Источној Србији полегле према истоку унутрашња, хидролошка развоја, због рељефа и речних долина, углавном се пружају правцем З—И. Одступања хидролошког од топографског развоја су редовна појава али су код свих познатих и утврђених примера површински она изразито мала. На Сувој планини самостални подземни токови образују се на странама антиклинале али су усмерени и према њеном паду од СЗ—ЈИ. Сличан је случај и на Бељаници. На тај начин се објашњава и појава да се јача врела, са знатно већом укупном издашношћу, јављају у источним и југоисточним планинским подгоринама. Иначе, подземно хидролошко развоје на Бељаници померено је у односу на топографско знатно на север, према сливу Млаве, док је на Сувој планини потиснуто на југозапад, према Заплањској корутини. Такав положај унутрашње антиклинале, састављене од водоржљивих стена, одражава се не само на правац подземних токова већ и на површину унутрашњих сливова. То се најбоље види на примеру Сврљишких планина. У јужној суподини овог издуженог планинског венца, дужине преко 25 km, избија само једно јако крашко врело, Крупачко, на улазу Нишаве у Сићевачку клисуру. На другој страни, у северној суподини планине, избија шест јаких врела и на десетину снажних крашких и контактних извора. Крашка област Видлича, захваљујући положају подинских, водоржљивих стена, у целини је нагнута према југу а сви самостални подземни токови усмерени су према долини Нишаве где хране јака крашка врела. На северној страни Видлича и Басаре крашка врела се уопште не јављају. На планинама Озрену и Девици теме унутрашње антиклинале померено је на југ због чега су подземни токови са већим сливовима управљени према северу где у подгорини избијају три јака крашка врела. Сва ова разматрања имају потврду у положају палеозојског језгра Кучајске антиклинале које је откривено и високо се диже изнад околних крашких заравни западног и источног крила. Крашке површи у источној подгорини Кучаја имају далеко мању површину

од кречњачких области на западу. И поред тога у источној подгорини планине избијају бројнија и неупоредиво издашнија крашка врела од оних малобројних и слабих која се јављају у западној суподини.

У кречњачкој маси Суве планине образује се 7 самосталних подземних токова чији унутрашњи сливови обухватају високу крашку површ Валожје и планинске стране. Целокупну масу источног огранка ове планине, Шљивовички и Црни врх, одводњава само један подземни ток који храни Белопаланачко врело. Крашку површ Тепоша са Басарским каменом такође подземно одводњава један слив чија главна река избија на Крупачком врелу, недалеко од Пирота. Крашку област изолованог Ртња раздељује у подземљу десетак мањих сливова чији главни токови хране слабе крашке изворе у јужној подгорини планине. У осталим кречњачким планинама Источне Србије развијени су само мањи подземни сливови оријентисани према слабијим крашким врелима и изворима. На основу укупне годишње издашности појединих извора и врела, оцењује се да највећи број подземних сливова захвата површину величине до 200 km^2. Десетак значајнијих врела имају сливове чије се површине крећу од 50—100 km^2. Највећи подземни крашки сливови обухватају област до 130 km^2.

Однос подземних крашких вода и котлинских издани

У геолошкој грађи Источне Србије олиго-миоценске и плиоценске језерске творевине имају велико учешће и значајну улогу у расподели и кретању подземних вода у целини а посебно крашких. Овим творевинама испуњене су скоро све котлине и њихова моћност се цени на више стотина метара. Језерске творевине састоје се од конгломерата, лапораца, глиновитих лапораца, глина, пескова и др. У свим котлинама оне се пењу уз планинске стране до знатних висина и у дебљим или тањим серијама належу на кречњачке стене. Према ранијим схватањима језерска серија представља хидролошки загат, одређује висину истицања подземних крашких вода и дубину карстификације (**28**, 65). Због тога се испод висине неогених седимената не може јавити циркулација воде у кречњачким стенама. Како језерски седименти окружују све кречњачке планине у Источној Србији произилази да су крашки предели потпуно загађени.

Велики број река понорница, оних у затвореним басенима, слепим долинама и сушица, које се образују у централним деловима планина, на старијим вододржљивим стенама, не избија поново на површину ни у коме облику. Тако све понорнице на источним падинама Кучаја, изузимајући Радованску реку, губе воду у издухама и понорима током целе године. Међутим, највећи број крашких врела преко лета пресушује због чега се поставља питање где су воде ових понорница. Пресушује и врело у селу Власи које храни стална понорница Беровичка река. Сталан подземни ток Велике Пећине у селу Држини, код Пирота, појављује се у врелима само у про-

леће и јесен. У суподини кречњачке, изоловане планине Белаве са Црним врхом, која захвата површину од преко 160 km^2, не јавља се ни једно стално крашко врело. Стална понорница Провалија на Калафату периодски избија у неким изворима у долини Топоничке реке. Сличне појаве да се крашке воде губе у издухама и понорима а да се не јављају на ободу кречњачких маса, запажене су и на Сврљишким планинама, Тресибаби, Тупижници, Хомољским и другим планинама у кршу Источне Србије. Из многих усамљених и изолованих кречњачких купа, окружених са свих страна неогенским језерским седиментима не избијају стални крашки извори. Из тога се закључује да подземне крашке воде хране издани у котлинама које окружују кречњачке планине належући својим седиментима на стране и падине.

У котлинама Источне Србије, које имају релативно ограничене сабирне области, јављају се изузетно богате издани. Неке од њих се налазе под притиском а у многим котлинама се јављају праве изданске реке. Такве изданске реке утврђене су у рудницима угља Боговина, Добра Срећа, Јелашница, Ртањ и др. Детаљним експерименталним испитивањима у коповима рудника Боговине утврђено је порекло воде у котлинској издани и дат одговор на проблем губљења воде река понорница на источним падинама Кучаја. У рудничком окну бр. 7, близу Боговинске пећине, којом протиче сталан подземни ток што не избија током целе године на површину, приликом извођења радова откривен је подземни ток чија је највећа издашност износила 2,3 m^3/sec а средња око 1 m^3/sec. Откривен подземни ток лежи на дубини од 223 m, односно 45 m испод алувијалне равни реке и 43,5 m испод коте улаза у Боговинску пећину. На основу овако великог протицаја у слатководним олигоценским, језерским творевинама, закључено је да се ради о подземним крашким водама. Зато је извршено бојење понорнице Боговинске реке. Флуоресцеин-натријум је убачен у најнижи понор, у кориту реке, око 1 km узводно од улаза у Боговинску пећину. Обојена вода избила је у рударском окну после пет дана и тиме је доказано да се крашке воде под притиском инфилтрирају у језерске седименте Боговинског басена. Овакав закључак потврђују и најнижи канали у Боговинској пећини који леже знатно испод коте улаза и висине језерских седимената. Овим експериментом доказано је да су кречњаци источног краја Кучаја скаршћени за око 50 m од најниже коте језерских седимената и да кроз пећинске канале воде понорница непрекидно струје инфилтрирајући се у котлинску издан. Са појавом штетних, уствари подземних крашких вода, срећу се и остали рудници угља у котлинским басенима Источне Србије што доказује да рудник Боговина није изузетан случај. Веза између издани и крашких вода у реону Боговине доказана је и геоелектричним мерењем и сондирањима (**29**, 79—81).

Дубоко скрашћени кречњаци Источне Србије, покривени до знатних висина језерским седиментима, представљају подземне резервоаре који активно учествују у храњењу нормалних и артеских издани у котлинама. Подземне крашке воде инфилтрирају се у водоносне језерске серије дуж контактних и других пукотина најче-

шће под притиском. Таквим начином храњења нормалних издани може се објаснити појава сталних и јаких, нормалних извора који се јављају на котлинским странама а избијају из језерских седимената. Температуре воде оваквих извора приближне су температурама крашких вода. Уз то овакве воде богате су калцијум бикарбонатом, што је првенствено одлика крашких вода. Најзад, количина инфилтрационих вода у зависности је од подземних крашких ретензија и спроводне моћи водоносних хоризоната у котлинама.

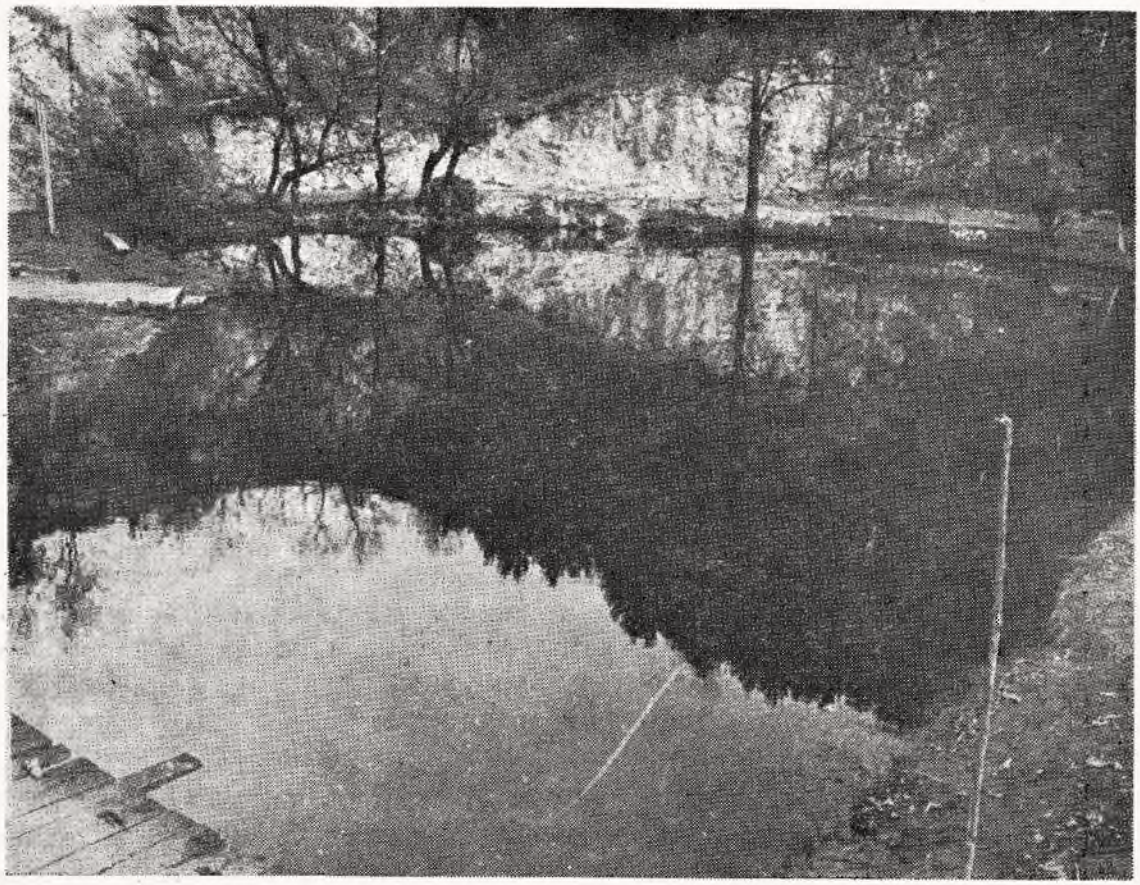
Положај и типови извора

Појава великог броја извора и врела посебна је одлика крша Источне Србије. Према непотпуним подацима из кречњачких стена у овој области истиче око 1.360 извора а од тога су 86 врела чија минимална издашност није мања од 5 l/sec док максимална прелази 100 l/sec. Сви ови извори и врела храњени су са кречњака који захватају површину од 3.321 km². Међутим, типичне крашке области без површинског отицања а то су високе заравни и површи, захватају област од 837,36 km². Од тога скоро половина од 335,18 km² отпада на крашке заравни Кучаја. У осталим областима оне су мање и на Видличу захватају површину од 140,55 km², на Бељаници 139,64 km², Мирочу 123,28 km², Девици и Озрену 34,37 km² и Сувој планини свега 13,36 km² (**21**, 3). У истини ове су површине знатно веће јер се само на странама и у суподини Суве планине, чија висока површ Валожје захвата површину од свега 13,36 km², јављају 36 сталних извора и 9 крашких врела. Тако области без површинског отицања, поред крашких заравни, захватају и планинска била, гребене и делимично стране са укупном површином од око 2.840 km². И поред тога је очигледно да нема других области у нашој земљи ни на Балканском полуострву, у којима се јављају типичнији крш са таквом честином извора и врела. Тако велика заступљеност последица је општих облика плитког, издвојеног, ограниченог и дубоко расчлањеног крша Источне Србије. То је и разлог да извори и врела имају различите положаје и да припадају разноврсним типовима.

Положај извора и врела. — Разноврстан геолошки састав и велика расчлањеност рељефа условили су и различите положаје избијања извора и врела из дубоко скаршћених кречњака. У основи се могу издвојити три основна положаја: а. планински извори; б. суподински извори и в. долински извори. Изузимајући планинске изворе, који се јављају на различитим висинама, без икаквог реда, остале две групе показују извесну зоналност одређену главним тектонским и рељефним цртама.

а. *Планински извори* се јављају скоро свуда, почевши од највиших врхова и планинских била и гребена па све до саме суподине. Њихова појава и положај условљени су првенствено променама у геолошком саставу а врло ретко и рељефном. Највиши извор у кршу Источне Србије је Ракош чесма у Валожју на Сувој планини. Овај извор истиче из пукотина на висини од 1.290 m, на страни мање увале. Сталан је, не мути се и максимална издашност му износи неколико десетина литара а минимална око 2 l/sec (**33**,10). Истицање

овог извора, чија температура никада није виша од 7°C, условљено је појавом једне танке партије лапоровитих кречњака. На суседним Сврљишким планинама највиши извор Баре избија на висини од 1.080 m, на контакту кречњака и палеозојских шкриљаца. Перишки кладенци у истој области појављују се на висинама од 1.020—1.035 m, такође дуж контакта. Температура воде ових извора се креће око 6,5°C али им је издашност, нарочито летња, врло мала. На осталим планинама извори се јављају на мањим висинама. На планини Бељаници највиши извори се јављају у зони од 900—950 m, такође на контакту палеозојских шкриљаца и кречњака. На планинским странама извори су врло чести а јављају се како у зонама контакта тако и у дубоком, скаршћеним долинама. Највиша крашка врела избијају тек у зонама од 500—600 m.



Фот. 1. — Ујезерени басен врела Млаве. (Снимио П. Оторанов)
Phot. 1. — Bassin de la source de Mlava, transformé en lac (Phot. P. Otoranov)

б. *Суподински извори* су најбројнији а јављају се у зонама где се планинске стране ломе и прелазе у котлине. То су претежно стални и јаки крашки извори, претежно врела, чији је положај одређен првенствено рељефом али и контактом кречњака са старијим и млађим вододржљивим стенама. Они се најчешће јављају у нивоу котлинских равни. Запажена је појава да се највећа крашка врела јављају на оним деловима суподине са којих су неогенски седименти најниже спрани и однети. Главни водотоци котлина су управо

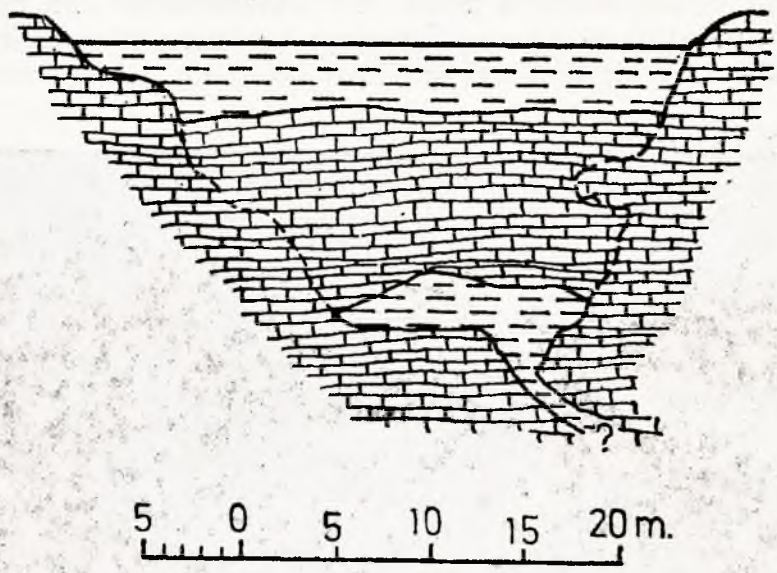
прибијени уз планински обод баш уз стране на којима се јављају јака врела. Очигледна је чињеница да реке прате онај котлински обод под којим избијају крашки извори и врела. Овакав положај није последица асиметричног слива јер се зна да крашки извори и врела учествују у храњењу главних река чак и са 98%. Велики број извора јавља се на додиру алувијалних равни и најнижих тераса а од великог броја врела почињу и главни водотоци. Зоналност је присутна у свим котлинама а одређена је апсолутном висином њихових равни. Изузетак представљају малобројни извори и врела чије је појављивање условљено контактом палеозојских стена и кречњака.

в. *Долински извори* се према општем положају могу сврстати у три категорије, и то: извори на дну кањона и клисура, на странама клисура и у самосталним долинама. У свим кањонима ове области избијају слабији или јачи крашки извори. Они се најчешће јављају непосредно уз обале река али избијају и на странама. Врло често се појављују и у самом кориту због чега се могу осматрати само када су главне реке замућене. Такви се извори срећу у Сићевачкој клисури, кањону Јерме, кањонском делу Височице, кањону Склопа у Ресави и др. Извори на странама клисура су малобројни. Они најчешће истичу из сипара али се јављају и из пећина и на пукотинама. Најзначајнији су извори који избијају у самосталним, бочним долинама. То су првенствено јака крашка врела од којих полазе мање или веће реке. Ови су извори и изградили своје кратке долине уназадним померањем изворишта. Зато су скоро редовно такве долинице затворене амфитеатралним изворишним облуцима. Стране ових облука су стрме и вертикалне а могу бити високе и преко стотину метара.

Типови извора и врела. — Једна од главних одлика плитког крша Источне Србије је појава великог броја крашко-контактних извора. Идући од југа према северу како се смањује дебљина кречњака повећава се број контактних извора и врела. Према начину појављивања они се могу сврстати у четири групе, и то: а. пиштаљине, б. пукотинске, в. сипарске и г. пећинске. Код чисто крашких извора и врела није запажена једино група пиштаљина.

а. *Пиштаљине* су првенствено контактни извори. Они се јављају у хоризонтално положеним зонама контакта између палеозојских или мезозојских, вододржљивих стена подине и кречњака повлате. Њих одликује разбијено извориште и најчешће мала, незнатна издашност. Испод оваквих зона редовно се јављају веће или мање површине забареног земљишта и тресетишта. Јављају се на различитим висинама али су најчешће на дну котлина, односно у суподини планина.

б. *Пукотински извори* су најбројнији у плитком кршу. Они се могу јавити као контактни и крашки. Јављају се свуда али су најчешћи на планинским странама, у клисурама и кањонима. Претежно су мале издашности али, уколико се јави повезан систем пукотина, могу имати и издашност врела. Имају одређено извориште које је најчешће предиспонирано серијом дијаклаза.



Ск. 4. — Вертикални пресек басена Крупачког врела
Cr. 4. — Coupe verticale du bassin de la sorce vauclusienne de Krupačko vrelo

в. *Сипарски извори* избијају из пукотина или пећина чији су излазни делови покривени великим кречњачким блоковима или сипарским материјалом. Имају ограничено рабијена изворишта а главна одлика им је издизање и спуштање највише коте изворишта у складу са колебањем издашности. Најчешће су то слаби извори али могу бити и врло јака врела нарочито ако избијају између блокова. Отвори таквих врела су скривени блоковима обурваних са вертикалних одсека у изворишном облуку или стенама обрушених делова пећинских таваница. Јављају се у суподини планина, у клисурама и кањонима.

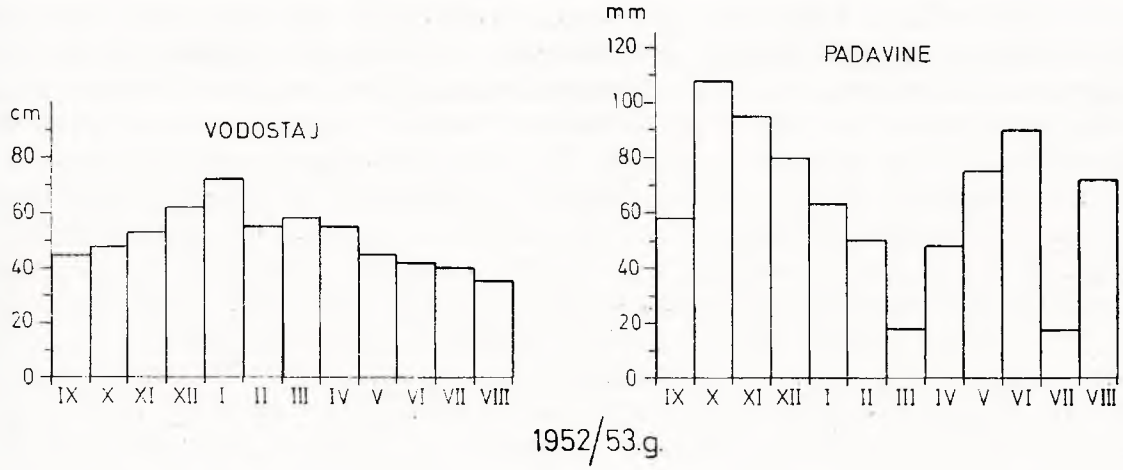
г. *Пећински извори* се најчешће јављају као снажна крашка врела. Она се јављају као чисто крашка али су врло честа и крашко-контактна. То су извори са највећом издашношћу јер на њима избијају и највећи подземни токови који дренирају велике крашке области без површинског отицања. Двадесетак пећинских врела представљају површински наставак подземних делова река понорница. За разлику од претходних група извора пећинска врела могу бити гравитациона или улазна. *Гравитациона врела* се јављају на странама котлина и речних долина. Истичу из пећина различитих димензија које у излазним деловима имају континуелан нагиб са честим преломима али без супротних падова и сифонских лактова. *Улазна врела* су везана за обод котлина и избијају у мањим вртачастим депресијама које су ујезерене. Сви врелски, ујезерени басени имају велике отоке а најтипичнији представници овог типа су Крупачко врело у Белопаланачкој котлини, Жагубичко врело или Језеро и Јеловичко врело у изворишту Височице. Дубина ових ујезерених басена, који леже скоро у висини корита река, може бити већа од 20 m. То значи да се сифонски делови пећинских канала спу-

штају знатно испод корита река. По издашности сва ова врела спадају у ред највећих у кршу Источне Србије. Уједно имају и врло кратке отоке од стотину метара али од њих полазе снажне и увек бујне реке.

Фот. 2. — Крупачко врело у Белопаланачкој котлини, најдубљи ујезерени вртачасти басен у кршу Источне Србије (Снимио П. Оторанов)
Phot. 2. — Source de Krupačko vrelo dans la bassin d'effondrement de Bela Palanka, le plus profond bassin de doline dans le karst de la Serbie de l'Est (Phot. P. Otoranov)

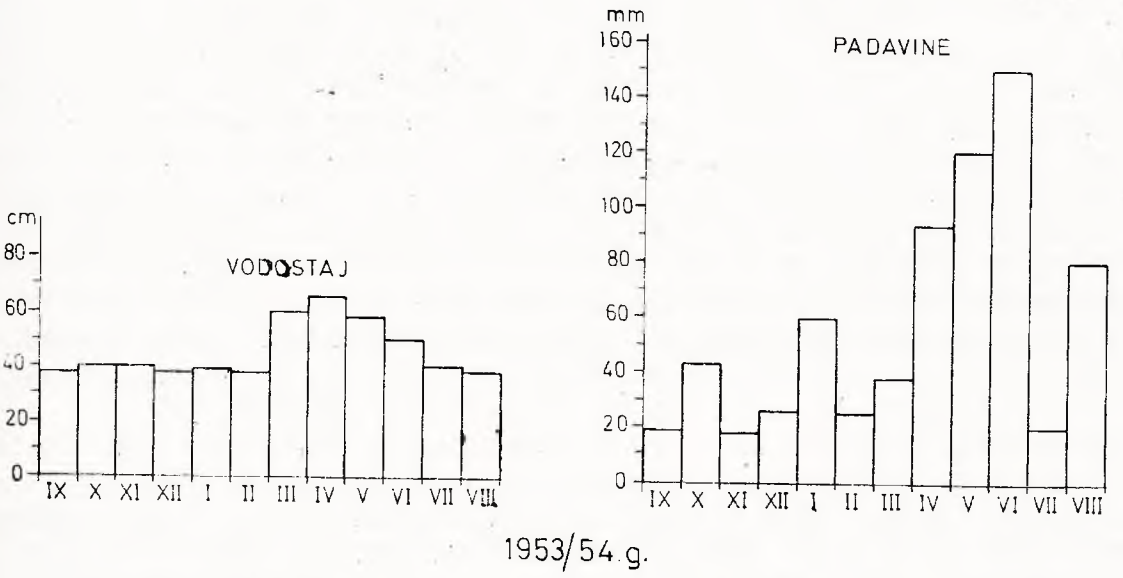
Режим издашности извора и врела

У плитком кршу Источне Србије, где су кречњаци мале моћности скаршћени најчешће до водоодржљиве подине, издашност извора је скоро непосредна функција падавина. На такав однос утичу првенствено мале ретензионе воде у ограниченој кречњачкој маси у којој хидролошки сливови немају велико распрострањење. Велики број извора и врела показује да су крашки предели ове области разбијени на многобројне, претежно мале сливове. Томе доприноси и велика расчлањеност рељефа јер су подземни токови, без обзира на површину сливова, претежно кратки. Због свега тога и издашност извора је уско зависна од плувиометриског и температурног режима.



Ск. 5. — Однос водостаја и падавина на Врелу Млаве.
Cr. 5. Raport entre la hauter des eaux et les précipitations à la source de la Mlava

Средњи месечни водостаји и издашност извора и врела у Источној Србији показују током године два максимална и два минимална стања. Пролећни максимум јаче је наглашен, има дуже трајање и већу издашност, од јесењег, најчешће једномесечног скока повећане издашности. Главни максимум изазван је пролетњим, релативно високим падавинама и отапањем снежних ретензија. Споредни максимум резултат је знатнијих и дуготрајнијих јесењих киша. Између максималних јављају се два минимална стања издашности. Главни, јаче наглашен минимум издашности протеже се на један пролетњи и сва три летња месеца. Споредни, зимски минимум је краткотрајнији и слабије наглашен. Летњи минимум последица је релативно високих температура, малих падавина, нарочито у другом делу, и развијене вегетације. Зимски минимум непосредно је функција негативних температура те снежних падавина.



Ск. 6. — Однос падавина и водостаја на Врелу Млаве.
Cr. 6. — Rapport entre les précipitations et la hauteur des eaux

На већим крашким врелима уочена је уједначеност опадања издашности од пролећног максимума ка летњем минимуму и поред пораста падавина до главног максимума. Ова појава тумачи се наглим приливом снежних ретензионих вода крајем зиме и почетком пролећа, као и листањем шума. Уз то и повишене температуре утичу на повећано испаравање. Почев од јануара и фебруара, у зависности од висине сабирне области, када је издашност уједначена, извори и врела нагло набујају у марту и поред тога што су падавине у неким областима повећане за свега 1 mm. У време прва три месеца опадања издашности у читавој области падавине расту. То је свакако аномалија која се објашњава топљењем снега. У августу је издашност на свим изворима најмања и поред тога што су талози већи за 10—15 mm у односу на претходни месец. Ова појава указује да се и у плитком кршу јављају подземне акумулације са знатним залихама. Нагли новембарски пораст је последица не само повећаних падавина и нижих температура, због којих се испаравање смањује, већ и чињенице да су ретензиони резервоари испуњени у претходном месецу. Томе треба додати и чињеницу да су шуме већ крајем октобра оголеле. На свим врелима децембраски протицај је најприближнији средњем годишњем. Најзад, фебруарски минимум је функција снежних падавина и успореног храњења нарочито у вишим деловима сабирних области.

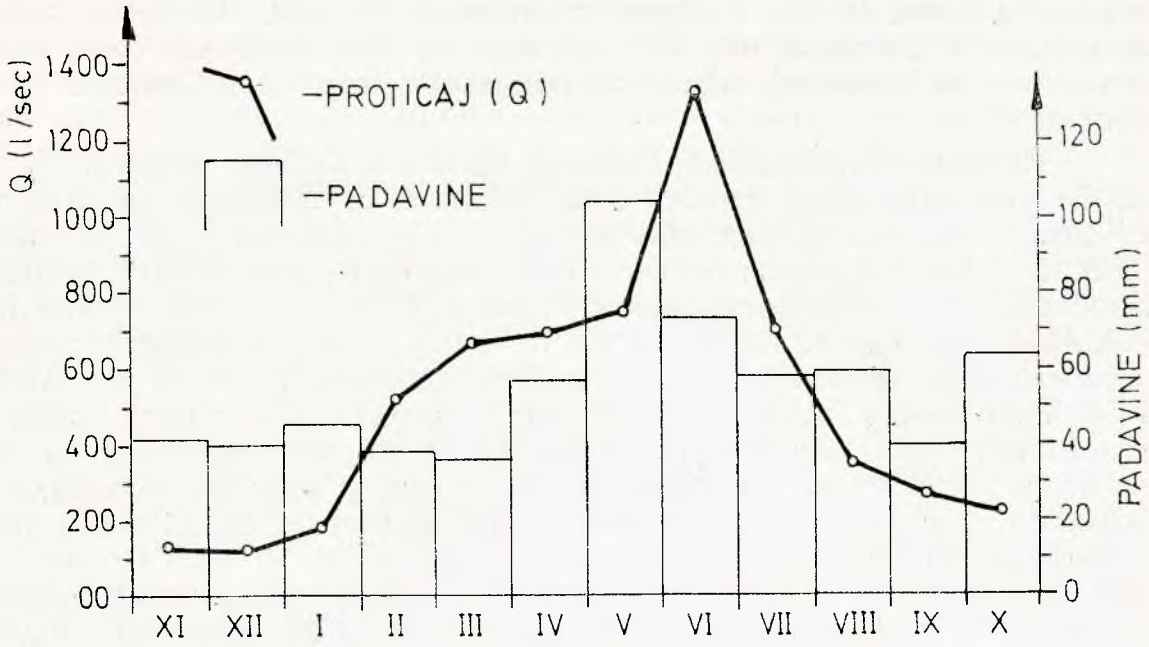
Средња годишња и средња месечна колебања издашности не пружају верну слику утицаја падавина и температура на издашност врела. Веза између климатских фактора и хидролошких одлика, због великог колебања првих, знатно се боље исказује по хидролошким годинама. Тако је, нпр., на Жагубичком врелу 1950. године, максимална издашност била у децембру, месец дана касније од максимума падавина, док је пролетњи максимум исте хидролошке године био једва наглашен. Децембраски водостај био је двоструко виши од средњег годишњег док је мартовски био виши за свега 4 sm. Новембарска издашност била је такође знатно изнад средње са којом се поклапа фебруарска издашност. Минимум издашности и у овој години је у августу али мај, јуни и септембар имају подједнаке вредности. „Као што се из напред изложеног види кретање издашности врела у 1950. години показује супротну тенденцију у односу на кретање средње вишегодишње издашности" (**34**, 29). Кретање издашности у 1951. години потпуно је у складу са расподелом падавина и у основи има своје посебно обележје. Главни максимум почиње у јануару, то значи надовезује се на децембарски максимум претходне године, и траје све до јуна. Другом половином јуна наступа минимална издашност и траје све до октобра. Новембраска издашност и ако показује знатан пораст још увек је испод средње годишњег просека за исти месец. Посебно је значајно да је и поред дуготрајног максималног стања августовски минимум био слабије наглашен у издашности. Поред расподеле и укупна сума годишњих падавина веома јако утиче на издашност врела. У хидролошкој 1951/1952. години на сабирну област Жагубичког врела пало је свега 470 mm талога, што је најмања сума у периоду осматрања. Тој количини падавина одговара и најмања издашност показана водо-

стајем од свега 39 cm. У другој екстремној години, 1950/1951, сабирна област је примила око 801 mm талога. Овако висока сума одразила се и на водостај, односно издашност, који је показивао вредност од 67 cm.

Котлинско-планинске области Источне Србије познате су по јаким краткотрајним пљусковима. Познати су примери да се у току само неколико часова излучи чак и полугодишња сума падавина. Овакав режим падавина осетно утиче, нарочито због велике обешумљености, и на издашност извора и врела. У августу 1950. године једнодневни интензитет падавина од 10 mm у сливу Жагубичког врела проузроковао је повећање издашности и водостаја за 35 cm. Међутим, једнодневне падавине од 13 mm у априлу исте године, када је издашност била максимална, изазвале су пораст водостаја за свега 2 cm. Иста сума једнодневних падавина у октобру повећала је водостај за свега 5 cm. Највећи пораст водостаја од 33 cm у току минимума изазвале су једнодневне падавине од 30 mm. Сличне појаве запажене су и на другим врелима. После трочасовног пљуска, изузетно јаке провале облака, за време које је 20. маја 1938. године на сабирну област Белопаланачког врела пало око 140 mm талога, издашност је повећана са 160 l/sec на преко 5 m^3/sec. Слична повећања издашности запажена су на свим врелима у суподини Суве планине. Летње пљусковите падавине, поред повећања издашности сталних, утичу и на појаву периодских, па чак и повремених врела. Почетком јуна 1948. године, после изузетно јаке провале облака над Сувом планином, прорадило је и врело Ропот у Заплањској корутини. Из њега је избијала снажна река која је ваљала кречњачке блокове тешке и до 10 тона. Према казивању мештана ово врело је пре тога радило још 1898. године, равно пре 50 година. У мају 1969. године, после јаког пљуска, у кањону Ресаве истицала су врела за која се раније није знало. Исте године, почетком јуна, у изворишном облуку Самара истицало је и врело из Горње пећине која лежи око 40 m изнад отвора речне пећине Самара. Бројни примери појаве повремених врела срећу се и у другим областима.

Средња годишња издашност групе јачих крашких врела креће се око 0,5 m^3/sec. Шетоњско врело у сливу Млаве, које избија у западној суподини Горњачке планине, карактерише средњу издашност ове групе извора. То је типично сипарско, скривено гравитационо врело чија сабирна област обухвата пространу крашку висораван средње висине око 850 m. У хидролошкој 1969/70. години средња месечна издашност, са карактеристичним малим и великим водама, кретала се овако:

	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	God.	
MV.	121	**119**	**119**	173	228	346	404	**724**	404	288	230	211	119	l/sec
SV.	128	**123**	178	519	674	682	751	**1326**	699	351	261	220	492	l/sec
VV.	135	**127**	404	1060	1208	1635	2553	**8375**	1060	404	288	288	8735	l/sec



Ск. 7. —Однос протицаја и падавина на Шетоњском врелу.
Cr. 7. Rapport entre le débit et les précipitations à la source vauclusienne de Šetonjsko vrelo.

Код свих вода на Шетоњском врелу максимум је у јуну а минимум у децембру. Карактеристично је да се код овог врела, а највероватније и код других истог типа, јавља само један максимум и један минимум. Такав ток издашности није подударан са месечном расподелом годишње суме падавина што наводи на закључак о постојању ретензионих система у неким од подземних сливова. Посебно је интересантно колебање максималних и минималних вода по месецима. Највећу уједначеност показује издашност током минимума, у децембру и новембру. Разлика између најмање и највеће издашности у децембру износи свега 8 l/sec а у новембру 14 l/sec. Највеће колебање издашност показује у јуну, када се јављају и највеће средње месечне воде. Разлика између минималне и максималне издашности је изузетно велика и износи 1.155%. Током пролећних месеци максимална издашност је 5—6 пута већа од минималне. У току јесени издашност врела је уједначена и не јављају се велике разлике између максималних и минималних вода. Однос између апсолутних максималних и минималних вода је 1:70,3. Према томе крашка врела Источне Србије се у погледу колебања издашности налазе чак и изван категорије где је однос код IV степена врло променљивих извора 1:30.

Крашко-контактна врела, на примеру врела Студене под Сувом планином, показују знатно другачији режим издашности. У периоду осматрања од 1953—1955. године, средња издашност врела Студене износила је 327 l/sec. Минимална издашност се кретала око 240 l/sec а максимална нешто преко 400 l/sec. Однос између минималних и максималних вода креће се у сразмери 1:1,7. То су врела врло уједначене издашности а то значи да имају у свом подземном сливу ве-

лике акумулационе резервоаре. И код ових врела јавља се по један максимум и минимум али се запажају и осцилације. Тако се у периоду од јануара до априла 1953. године на врелу Студена јављају два максимума и један осетан минимум у марту. Овај вид колебања последица је првенствено температурних колебања нарочито код појаве негативних вредности (**35**, 322).

Фот. 3. — Водопад Великог врела у сливу Ресаве (Снимио М. Бревинац)
Phot. 3. — Chute d'eau de Veliko vrelo dans le bassin de la Resava (Phot. M. Brevinac)

На основу спорадичних мерења утврђено је да су најиздашнија пећинска врела. На Врелу Црног Тимока највећа измерена издашност износила је 4,130 m^3/sec (22. 3. 1967. год.) а минимална свега 0,075 m^3/sec (14. 8. 1968. год.). Крупајско врело под северном суподином Бељанице је једно од највећих пећинских врела. У пролеће 1953. го-

дине измерена је издашност од 4,320 m^3/sec. Минимална измерена издашност износи свега 125 l/sec. На Врелу Сврљишког Тимока максимална издашност износи 3,820 m^3/sec а минимална свега 35 l/sec. Врело Самар под Калафатом у максимуму даје око 1,360 m^3/sec а у минимуму једва 30 l/sec. Од врела која избијају у ујезереним басенима највећу издашност има Крупачко у Белопаланачкој котлини. Највећа измерена издашност на овом врелу износи 3,850 m^3/sec (5. 3. 1970. год.) а минимална 160 l/sec (6. 8. 1970. год.). На врелу Млаве у максимуму је измерена издашност од 3,640 m^3/sec а у минимуму 190 l/sec. Од врела са скривеним, сипарским изворištем, наиздашнија су Љуберађско врело (max. 3 m^3/sec, min. 542 l/sec), Велико врело у долини Ресаве (max. 2,160 m^3/sec, min. 85 l/sec), Крупачко врело у Пиротској котлини (max. 1.540 m^3/sec, min. 360 l/sec), Градиштанско у Пиротској котлини (max. 890 m^3/sec, min. 200 l/sec), Источко у Сокобањској котлини (max. 1.680 m^3/sec, min. 70 l/sec). Укупан број крашких врела чија се средња издашност креће око 0,5 m^3/sec износи 42 извора различитих типова. Између осталих треба поменути Мало врело у сливу Ресаве, Боговинско врело и Ваља фундата у сливу Црног Тимока, Преконошко, Белоињско и Црнољевачко у сливу Сврљишког Тимока, Мокрањско, Коритничко, Дивљанско, Белопаланачко, Јеловичко, Божурат и врело Јерме у сливу Нишаве, Врело Црнице и друга. Многа од њих имају велике сабирне области па су и јако издашна. Међутим, на врелима и изворима у Источној Србији уопште се не врше систематска осматрања.

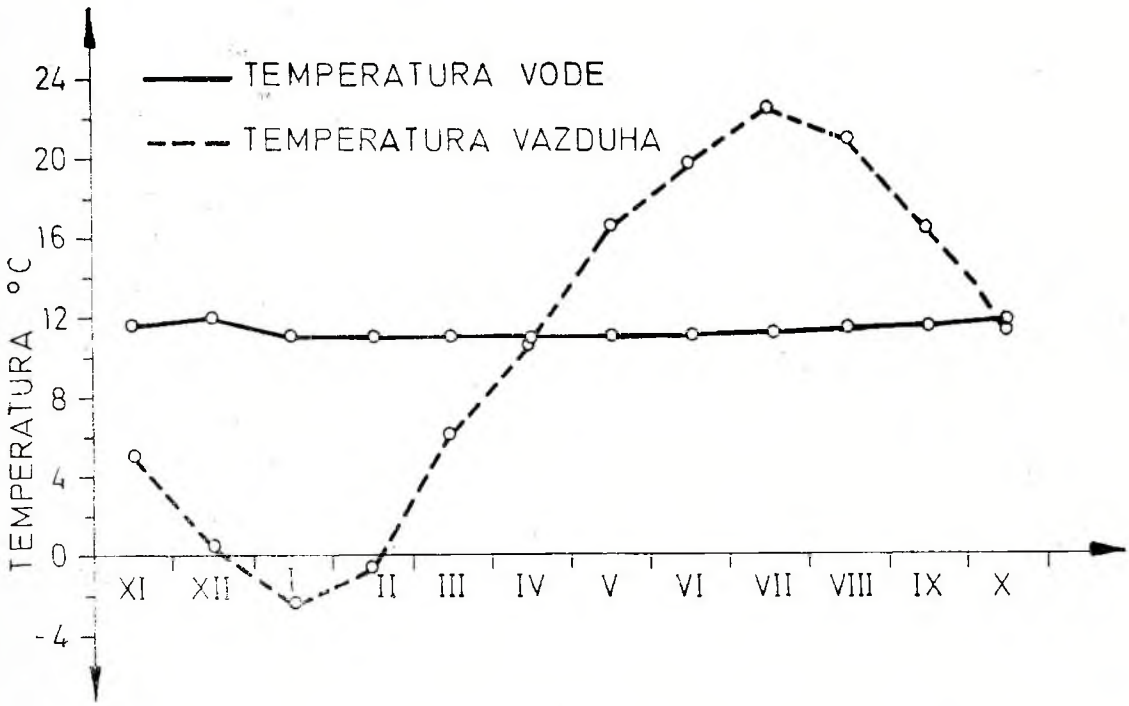
Физичко-хемијске особине извора и врела

Температуре воде. — Средње годишње температуре воде на изворима и врелима углавном су подударне са температурама ваздуха. Међутим, на неким изворима се јављају и знатна одступања ка вишим и нижим вредностима. Код сталних и јаких извора, нарочито на узлазним и ујезереним врелима, температуре су током целе године уједначене и не показују тенденцију већих дневних и месечних колебања. Систематска мерења температуре на Шетоњском врелу, у 07 h, 14 h и 21 h, јединoм у Источној Србији, за хидролошку 1969/70. годину, дала су овакве вредности по месецима:

	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Sred.
Min.	11,3	11,4	11,1	11,0	10,8	10,9	10,7	10,9	11,0	11,2	11,3	11,4	10,7°C
Sr.	11,8	**12,0**	11,4	11,1	**11,0**	**11,0**	**11,0**	**11,0**	11,1	11,3	11,3	11,7	11,3°C
Max.	12,0	12,0	12,0	11,3	11,1	11,0	11,0	11,0	11,2	11,3	11,4	11,8	12,0°C

Средња годишња температура воде на Шетоњском врелу се потпуно подудара са средњом годишњом температуром ваздуха у доњем сливу Млаве али је од температуре ваздуха у сабирној области нижа за 0,8—1,2°C. Интересантно је да се максимална средња месечна температура воде јавља у децембру када је на врелу забележена минимална средња месечна, апсолутна минимална и апсолутна максимална издашност. Ова појава може се објаснити једино чињеницом да

су у испражњеним пећинским каналима у другој половини лета и почетком јесени биле нагомилане топле ваздушне масе које су осетно утицале на загревање воде. На то упућују и повишене температуре у октобру и новембру. Сва три пролећна и први летњи месец показују минималне температуре а то је период максималне издашности врела. Најзад, разлика између апсолутног максимума и апсолутног минимума износи свега 1,3°C што је у односу на средњу годишњу амплутиду ваздуха, која износи 24,8°C, сасвим незнатна. То је још један доказ о постојању пространих подземних просторија у којима се под утицајем акумулираног ваздуха врши уједначавање температуре воде. Годишња амплитуда од свега 1°C је тако мала да се може и занемарити (**36**, 8).



Ск. 8. Кретање температура ваздуха и воде на Шетоњском врелу
Cr. 8. Variations des températures de l'ait et de l'eau à la source de vauclusienne de Šetonjsko vrelo

Средња годишња температура воде на изворима који избијају изнад 800 m висине креће се од 7°—9°C. У зони између 400—800 m температура воде на изворима креће се од 8°—12,5°C, док се у најнижој зони средње годишње температуре на врелима крећу од 9,5°—12,5°C. На падинама Старе планине температуре извора крећу се од 8°—13,5°C, на Сувој планини од 9,5°—12,5°C, на Сврљишким планинама од 5,8°—9,8°C у вишој и од 8°—13°C у нижој зони, на Озрену и Девици од 9,5°—12°C, на Кучају од 9,5°—11°C, Ртњу од 9,5°—10,6°C, у Хомољским планинама од 9,5°—11°C, на Мирочкој површи и у Ђердапској клисури од 9°—12,5°C. Сва ова мерења вршена су крајем пролећа и у току лета што не даје праву слику о температури воде а како су спорадични не могу се вршити ни упоређења.

Најуједначеније температуре воде имају Крупајско и Млавско врело, која избијају у вртачастим ујезереним депресијама, и оне се крећу од 10°—10,6°C. Највећа колебања запажена су на изворима који се одликују великим променама у режиму издашности и она се крећу и до 2,8°C.

Бројна спорадична мерења температуре воде на изворима показују одређене законитости али и врло значајна одступања. Најхладнији крашки извори не јављају се на највишим планинама, како би требало очекивати, већ имају инверсан положај. Извори на Бељаници, иако леже испод висине од 800 m имају средњу годишњу температуру од 9°C. Ту се уочава значај густе шумске вегетације. На северној страни ове планине јавља се и најнижа леденица у кршу Источне Србије. Зато је и разумљиво што извори на овој падини имају и врло ниске температуре. Најхладнији је извор који избија из пећине Самар. Температура воде на овом извору, мерена у мају 1893. године, износила је 5,5°C (**21**, 33). Још два извора у овој области одликују се ниским температурама, Стража и Рајкова пећина, чије се пролећне вредности крећу око 7,5°C. Температуру нижу од 8°C имају још 12 извора и врела у кршу Источне Србије.

Најхладнији крашки извор у кршу Источне Србије избија у северној суподини планине Белаве. Вода истиче испод Црвене стене, из мале пећинице, на висини од 360 m, на левој страни Нишаве од чијег је корита извор височији за 25 m. У сабирној области врела јавља се велики број јама у којима је температура ваздуха 7. јуна 1895. године била свега 2°C. Тада је вода на чесми имала температуру од 5°C (**21**, 23). Мерења извршена крајем лета и почетком јесени 1967. године дала су друге резултате. Најнижа температура од 2,7°C измерена је исте године 8. октобра. Код првог мерења температура спољњег ваздуха била је 28°C а у пећини 4°C док је приликом другог мерења спољашњи ваздух био загрејан до 19°C а пећински до 4,6°C. Овако ниска температура врела Леденице у селу Станичењу објашњава се акумулацијом хладног ваздуха у врло пространим пећинским каналима и дворанама у унутрашњости Белаве (**37**, 213).

Повишене температуре воде имају 14 извора и врела у овој области. У клисури Лужнице код Љуберађе избија група извора чије се температуре крећу од 13,2°—16,5°C (**21**, 23). Проматрањима од 10. јула 1958. године утврђено је да у саставу Лужничких врела избијају, на висини од 441—454 m, 12 извора чије се температуре крећу од 7°—11°C. Од укупне издашности, која је износила 1.980 l/sec, Врело III давало је 1.337 l/sec а Турски кладенац свега 0,05 l/sec. Температура Врела износила је 11°C а Турског кладенца 7°C. Други по издашности извор имао је температуру од 9°C а трећи 8,5°C (**38**, 39). Појава овако великих разлика у температури Лужничких врела објашњава се постојањем засебних система храњења. На високе температуре посебно утичу воде Лужнице које пониру у кориту нешто узводније од врела. Мокрањско врело под Сувом планином избија на више места по ободу једног вртачастог басена. Температура воде на једној групи извора креће се око 10,5°C, са колебањем од 9,5°—12,6°C. Температура друге групе извора, измерена 13. јула 1967. године, износила је 19°C. Разлика у температури воде од 6,4

недвосмислено указује да извори Мокрањског врела, икао избијају у истом басену пречника око 6 m, имају посебна подручја храњења С правом се може претпоставити да и Мокрањско врело припада посебном типу крашкотермалних врела. И Попшичко врело у североисточној суподини Калафата, у сливу Топоничке реке, припада истом типу извора. У омањем вртачастом, ујезереном басену избијају извори са температуром од око 12°C и са 18,5°C. Недалеко од овог врела у изворишном облуку Копајкошарске реке избијају из две пећине јака крашка врела чије се температуре крећу око 12°C. Између њих, на одстојању од свега десетак метара, такође из кречњака, избија снажно врело Топлик са температуром од 16,5°C. И у изворишним облуцима Крупачког врела у Белопаланачкој котлини и Модрог врела у Пиротској котлини избијају снажни извори и врела чије средње годишње температуре прелазе 18°C. Уочљива је појава да се извори са повишеним температурама јављају најчешће у склоповима под којима избијају и најјача крашка врела. Како је појава ових врела и тектонски предиспонирана може се закључити да у њиховим изворишним облуцима избијају дуж раседних пукотина и термалне воде које се у површинским слојевима мешају са крашким.

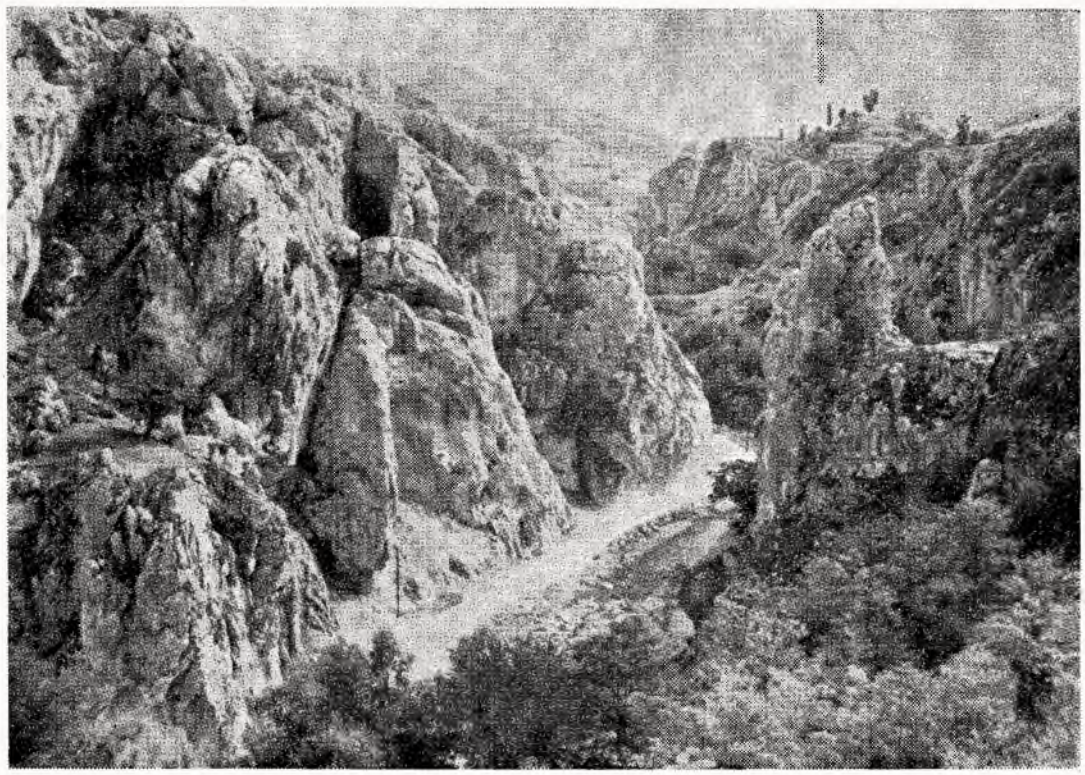
Боја и провидност. — Већина врела што избија у вртачастим ујезереним депресијама носе називе Модро врело, Модро око, Зелено врело и сл. То је због тога што ујезерена вода на овим врелима има модро-зеленкасту боју која потиче од боје стена и водених трава. Боја врела се мења током дана у зависности од поднебља и висине сунца али увек доминира зеленкаста варијанта. Код изузетно дубоких врела поред зелене јавља се и светло плава боја. Такву боју има вода у најдубљим деловима Крупачког врела.

Провидност воде у ујезереним врелима је при нормалним стањима издашности врло велика. У Крупачком врелу провидност износи 18,5 m, у Модром оку 12,5 m а на Жагубичком језеру (врелу) 14 m. За време максималне издашности сва се врела беличасто замућују па се и провидност знатно смањује. При таквој замућености провидност на Крупачком врелу није већа од 6 m. Многи извори па и највећа врела се могу потпуно замутити. Овакво стање последица је изузетно великих летњих пљускова. Црвено обојена вода избијала је на Белопаланачком врелу 1898. и 1938. године. „Приликом труса 1893. год. Жагубичко језеро се четири пута замућивало, и вода је његова била беличасте или жућкасто-беличасте боје и сасвим непровидна" (**21**, 51). Ово врело се мути скоро сваке године после јачих летњих пљускова на Бељаници.

Хемијске особине воде. — Воде крашких извора у Источној Србији показују у целини слабу минерализацију. Према спорадичним анализама, вршеним на различитим изворима, она се креће од 210—360 mg/l остатка испарења. Анализе воде крашког врела Извор, које избија у западној суподни Кучаја, дале су следеће резултате: (**39**, 137)

pH вредност	7—7,4		укупна тврдоћа ^0dH	14,6—18	
нитрати N_2O_5 mg/lit.	6—10	mg/lit.	карбонатна тврдоћа	14	
нитрити N_2O_3	—		калцијум CaO	131	mg/lit.
амонијак NH_3	—		магнезијум MgO	5	
хлориди Cl	6—7,2	„	сулфати SO^4	10—26	„
утрошак $KMnO_4$	3—16,8	„	силиц. диоксид SiO_2	5	
алкалитет n/10HCl	50—54	„	остатак испарења	220—344	mg/lit.

На Великом врелу у Горњој Студени, под Сувом планином, хемијске анализе дале су сличне резултате. У води је 31. VII 1952. године било: сувог остатка на 185°C 180 mg, амонијака NH_4 и нитрата NO_2 није садржала, нитрата NO_3 5 mg, хлора CL 9,1 mg, гвожђа 0,1 mg, утрошак $KMnO_4$ износио је 0,5 mg. Тврдоћа воде износила је 7,9 нем. степени (**35**). Ове и друге хемијске анализе показују да су крашке воде мало минерализоване и да не садрже штетних и непожељних компонената. Према томе оне испуњавају услове пијаћих вода.



Фот. 4. — Поглед на кањонски део клисуре Јелашице
Phot. 4. — Vue de la partie en forme de canon du défilé de la Jelašnica

Остале хидролошке појаве и одлике

Утврђене подземне хидрографске везе. — Поред бројних очигледних веза између понора и извора у кршу Источне Србије подземне хидрографске везе највећих понорница доказане су и експериментално, употребом флуоресцеин-натријума и радио изотопа. Још 1954. године утврђена је веза понора *Речке—Мало*

врело на Бељаници, понорница *Бусовата—Суви до* и *Суви до—врело Млаве, Велика Тисница—Врело Млаве*, све у сливу Млаве. На западној старни Кучаја утврђене су током 1970. године, две подземне хидрографске везе. *Понорница Брезовица* храни *изворе у Жљебури* у долини Радованске реке. Растојање од 7 km обојена вода је прошла за 68 часова, брзином од 0,124 km/čas. Веза *Некудовска река—Врело Црнице*, на растојању од 8,5 km са висинском разликом од 360 m, утврђена је за 184 сати, колико је протекло од убацивања до појаве боје. Средња брзина подземног тока износила је 0,046 km/čas (**40**). Веза понорнице *Самар—врело Рипаљка*, утврђена је флуоресцеин-натриумом и радиоактивним изотопима брома. Индикатори су растојање од понора до врела прешли брзином од 211,1 m/čas (**41**, 825). Подземна веза понорнице *Одоровачка река—врело Градишнице*, у долини Нишаве, такође је утврђена убацивањем флуоресцеин натријума. Средња брзина свих утврђених подземних токова у крашким пределима ове области креће се око 180 m/čas.

Овим експериментима утврђено је да око 40 km² топографског слива Млаве припада хидролошком сливу Ресаве. На Кучају цео слив Брезовице и источног дела површи одводњава се према Црном Тимоку а не сливу Мораве. Тиме је око 50 km² топографског слива Мораве припојено хидролошком сливу Тимока. Изворишни део слива Некудовске реке, који топографски припада сливу Ресаве, одводњава се, заједно са делом Брезовишке површи, према врелу Црнице и сливу Грзе. И Одоровачко поље се, заједно са највећим делом Видлича, одводњава подземно према долини Нишаве а не у суседну Бугарску. Одступања хидролошког од топографског слива код мањих река понорница још су чешћа али су укупне површине обухваћене одступањима развоја знатно мање.

Ј е з е р а, б а р е и л о к в е. — У плитком кршу Источне Србије срећу се и мања језерца сталног карактера. Смештена су у затвореним басенима, најчешће плитким вртачама чија су дна или заглињена или у вододржљивим стенама. Сва су она плитка и мале површине. Обрасла су барским таравама а на обалама се јављају врбе. Најчешће немају отока али има и оних са периодским отокама. Прва су храњена падавинама док друга добијају воду од контактних извора.

У групу језераца, претежно локви или мањих бара, која немају отоку, спадају Језеро под Језерским врхом између Озрена и Девице, Мразгаљица и Локве на Сувој планини, Павлова бара на Бељаници, Баре и Баровите падине на Кучају и др. Највеће од њих, Језеро изнад Сокобање, дугачко око 50 m а широко 40 m, храни се водом од падавина и слабијих извора. Има колебљив ниво али не пресушује јер се у средини депресије одржава повећи вир. Обрасло је зуквом, врбом и другом барском вегетацијом. Остала језера се једва одржавају а многа од њих и пресушују. У првој половини лета, док имају воде, служе за напајање стоке. Сва језера овог типа воду губе испаравањем.

Већих димензија су језера друге групе. Дна језерских депресија су најчешће у палеозојским шкриљцима. Дуж вишег контакта јављају се извори а у нижем су понори. Језеро Баре изнад села Гулијана на Сврљишким планинама. Дно басена језера, дужине око 80 m а ширине 45 m, делом је у шкриљцима а делом у кречњацима. Храњено је водом од више контактних извора, а воду губи отоком понорницом. Обојена вода на понору Баре избила је после 18 часова на Гулијанском врелу. Језеро *Увор у Белим Водама*, у југозападном делу Кучаја, „у обиму је велико око 160 m, већи његов пречник је 52 m, а мањи 47 m. Оно је плитко, а највећа дубина од 3,7 m је у средини језера". При нормалним приликама језеро добија воду од извора Белих вода и Буњине баре. „Оба ова потока пониру у вртачи испуњавајући је водом и градећи језеро" (**21**, 45). Језеро данас има периодски карактер а воде из ове увале хране изворе у клисури Жљебуре у Радованској реци (**24**, 58). *Језерак у Троглану*, на Кучају, налази се у једној пространој вртачи, пречника 120 m, из које вода отиче подземно. Храни се водом из извора који избијају на северној страни депресије из палеозојских шкриљаца. Поток Језерак доноси воду језеру само у јесен и пролеће и тада отока увире у пећину на јужној страни вртаче. Преко лета и притока и отока Језерска пресуше.

Током последњих 80—90 година многа језера, која је испитивао и описао Ј. Цвијић, су пресушила или су преображена у баре и локве. На њиховом дну се сада образују само повремена језерца а већи број басена преображен је у тресетишта. Многе локве одржавају и сточари засипајући њихова дна црвеницом коју стока, овце и козе, угазе и набију у пукотине и прслине.

Крашко-термални извори. — Раније је истакнуто да се у многим изворишним облуцима поред крашких јављају и термални извори. Међутим на већем броју извора и врела мешање термалне и крашке воде обавља се у кречњачкој унутрашњости. Врела Нишке Бање и Бањица код Пирота најтипичнији су представници овог типа извора. Поред ових, и друге значајније терме у Источној Србији, као нпр., Соко Бања, избијају непосредно дуж контакта кречњака и других стена.

Главно врело и Сува бања у Нишкој Бањи избијају под стрмим одсецима Коритњика, на јужном ободу Нишке котлине, дуж познатог Нишавског раседа. Главно врело има покривено извориште док Сува бања истиче из пећине са сифонским, узлазним каналом. У пролеће и јесен, а често и после јачих летњих пљускова, оба врела се замућују и расхлађују. Тада у њима избијају и крашке воде као и воде периодске понорнице Раутовачког потока. Мешање крашких и термалних вода врши се у кречњачкој унутрашњости, непосредно у контактној зони. За време мућења температура воде на Главном врелу опадне и за 15°—18°C а на Сувој бањи се спусти до температуре крашких извора од 12°—14°C. Расхлађивање и замућеност на овим крашко-термалним изворима трају од неколико до 40 дана. У том периоду вода избија и на отвору пећине Сува бања. Пробија-

њем тунела до сифонског лакта у Сувој бањи скраћен је период замућивања али нису избегнуте велике воде које се сливају у унутрашњост Коритњика који је знатно обешумљен (**42**, 12).

Извори Бањице се јављају код села Нишора, на северном ободу Пиротске котлине. Избијају у клисури Добродолске реке на контакту верфенских шкриљаца и кречњака на месту где се укрштају три раседа. Температура воде на три главна извора креће се од 12°—30,5°C а издашност од 0,3—8 l/sec. Међутим, температура најтоплијих извора варира од 18°—31°C што је несумњив доказ мешања „термо-сифонских вода и хладних гравитационих вода, које је у овако сложеним геолошким условима скоро неизбежно" (**43**, 175). Хемијске анализе воде са три главна извора потврђују претходни закључак:

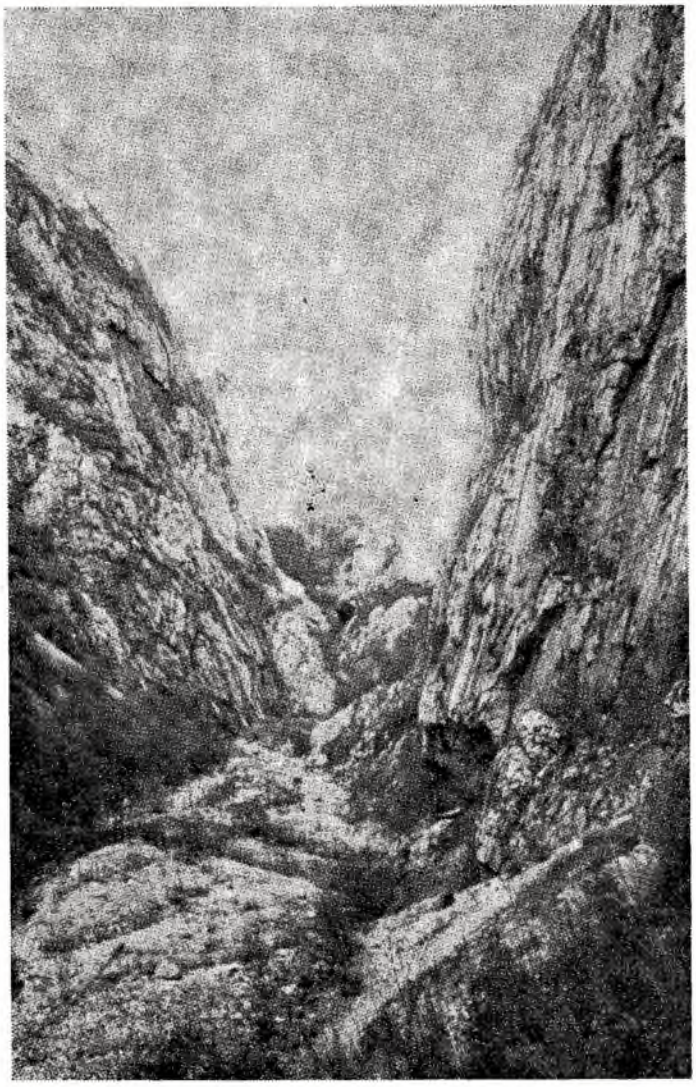
Извор	Q l/sec.	T°C	pH	Ca	Mg	HCO_3	SO_4	Cl	M		Cu	Zn	Mo	Pb	
1	8	30,5	7,4	40	25	230	4	7	306	mg/l	0,5	5	1	5	mg/l
2	5,5	22	7,3	40	23	220	4	7	294	„	0,5	5	1	5	„
3	0,3	12	7,5	40	16	185	4	7	252	„	1,0	5	1	5	„

У Пиротској котлини крашко-контактном типу извора припада и *Бањица под Сарлахом*, која избија на крајњем истоку Белаве са температуром од 18,5°C.

Итермитентни и други извори. — У ретке хидролошке појаве, које се јављају у кршу Источне Србије, спадају Хомољска потајница, врело Сува бања и бројни повремени извори и врела. Они употпуњују хидролошке феномене ове области у којој се на малом простору срећу бројне и интересантне појаве везане за хидрологију крша.

Хомољска потајница се налази у Жагубичкој котлини, код села Лазнице, на левој страни долине Потајничког потока. Вода Потајнице истиче из пукотине која се према унутрашњости рашири и разилази у три канала, од којих је пречник само најширег 15 cm (**21**, 66). За последњих 70 година извор се уназадно померио за око 2 m тако да сада отвор Потајнице има пречник 25—30 cm и видљив део пећинског канала од 2,5 m. Према осматрањима J. Цвијића, од 21. V 1893. године, интервали истицања Потајнице трајали су од 19—23 min а мировања од 39—43 min (**21**, 66). По J. Марковићу, на основу осматрања од 22. VII — 1. VIII 1962. године, периоди истицања трајали су од 23—25 min а пуњења од 3,44—3,57 min. Из овога је закључено да се у главну потајницу, на основу неједнаких интервала, укључују и друге споредне потајнице (**44**, 254). Дана 18. VII 1964. године Потајница је мировала више од 24 часа и из отвора је истицало око 0,03 l/sec воде. Бојењем понора у долини Понорског потока, који је од Потајнице удаљен у правој линији 168 m и височији 18 m, утврђено је да се ова храни и водом из корита ове реке. „Имајући у виду да у кориту Понорског потока само повремено има воде, а затим да је у току експеримената на извору истицала већа количина воде од оне која се губи у кориту Понорског потока, очигледно је да вода Потајнице у првом реду потиче из издани у кристаластим шкриљцима" (**45**, 17).

Потајница у Звижду избија у краткој клисури Пека, недалеко од Кучева, из окапине Потајнице. Улаз поткапине широк је 90 cm а висок 60 cm. Механизам потајнице се састоји у наизменичном пуњењу и пражњењу поткапине. Из ње истиче вода једним уским каналом уз клокотање. Пуњење резервоара Потајнице и његово пражњење зависи од годишњег доба. Интервали су некада краћи од 20 минута, а догађа се да Потајница не ради и до месец дана (**21**, 61).



Фот. 5. — Кањонски део клисуре Јерме. (Снимио С. Стајић)
Phot. 5. — Partie du défile de la Jerma, en forme de canon. (Phot. S. Stajić)

Сува бања припада типу крашких врела која *привидно пресушују*. Привидно пресушивање крашких врела може се посматрати само на излазним сифонским каналима пећина. Када неко сифонско врело привремено пресуши у излазном сифону се образује мало језеро чија се вода не креће. Сува бања истиче из пећине само у току пролећа или после јаких летњих пљускова. Када престане истицање у сифонском каналу се образује језерце чији ниво врло поступ-

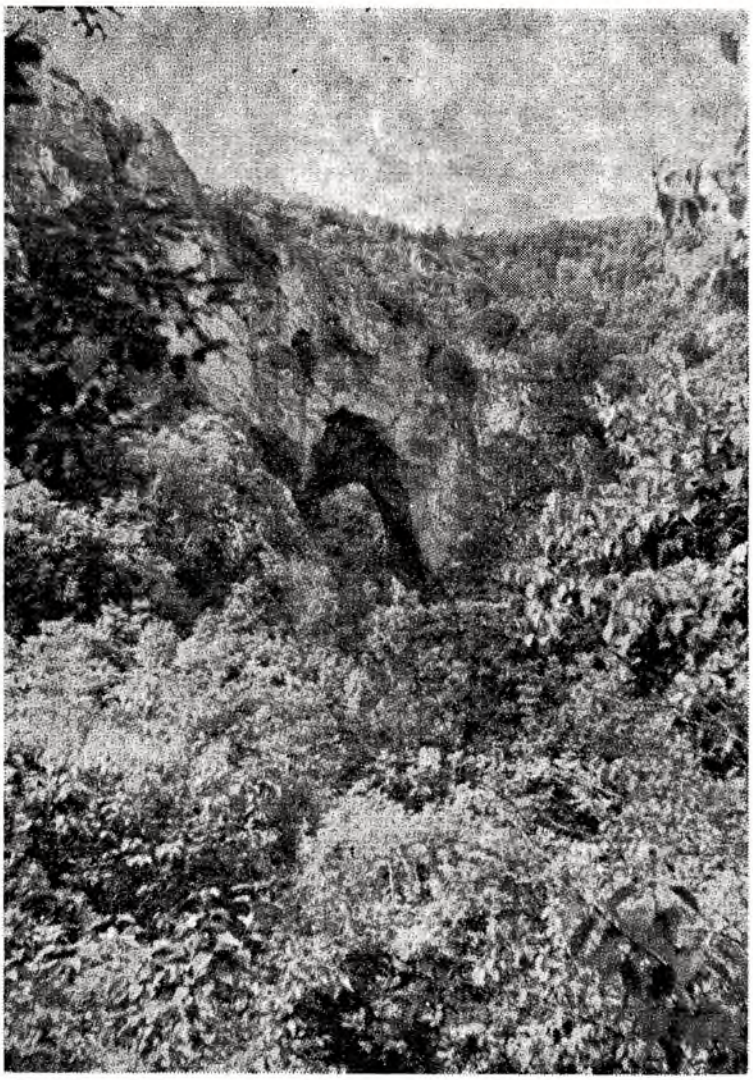
но опада. „Чињеница, да се после прекида истицања врела, вода језерца у излазном сифону, за цело време трајања тог периода, задржава температуру воде, показивала је да термална вода протиче у излазни сифон Суве бање и после прекида истицања врела. То је указивало да пресушивање Суве бање настаје услед пресушивања подземног тока који храни ово врело“ (**46**, 97). Црпљењем воде из сифонског језера утврђено је да постоји непрекидно притицање воде у пећину. То је доказ да врела само привидно пресушују и да се у подземном систему налазе велике залихе воде која одржава исти ниво у лактастом сифону.

Периодска и повремена врела и извори су редовна појава у кршу Источне Србије. Њихово појављивање условљено је првенствено неједнаком расподелом годишње суме падавина, односно максималним и минималним талозима, као и појавом негативних температура. Сва периодска врела редовно се јављају у пролеће за време максимума падавина и док снег копни. У јесен истичу само ако су падавине интензивније и учесталије. Ретко се јављају преко зиме. Повремени извори су такође врло чести. Њихову појаву условљавају јаке пљусковите падавине којима се одликују лета у овој области. И једна и друга се јављају у изворишним облуцима сталних извора и врела.

ПОВРШИНСКИ РЕЉЕФ

Крашки предели Источне Србије одликују се веома сложеним и разноврсним површинским рељефом. Према заступљености у њему доминирају типично крашки облици док су у општем изгледу предела истакнутији полиморфни елементи. Овакав изглед површинског рељефа у кречњачким пределима области резултат је геолошког састава и грађе, заступљености површинске хидрографије и морфолошке еволуције.

У класичном крашком рељефу заступљени су сви облици, од шкарпа и шкрапара до вртача и валога. Код полиморфних облика, представљених већим и истакнутијим формама, најбројније су слепе долине а затим увале и поља. Дебљина и распрострањеност кречњачких стена, које садрже велики проценат $CaCO_3$ а уз то су поремећене и испресецане небројеним пукотинама, погодовали су развоју површинских крашких облика малих и ограничених димензија. Разноврсност геолошке грађе, где кречњаци просторно захватају мање површине, затим њихова мала дебљина, утицали су на стварање полиморфних облика, у првом реду флувијалнокрашких и крашко-флувијалних. Облици образовани селективном ерозијом заступљени су у свим крашким пределима, изузимајући Суву планину где кречњаци имају највећу дебљину. Уз то је и велики број типично крашких облика генетски везан за прекрашки, односно флувијални рељеф. Из општег склопа полиморфног карактера површинског рељефа издвајају се једино шкрапе али не и шкрапари и кршеви.



Фот. 6. Прераст у долини Вретне. (Снимио Д. Гавриловић)
Phot. 6. — Pont naturel dans la vallée de la Tretna (Phot. D. Gavrilović)

Шкрапари и кршеви

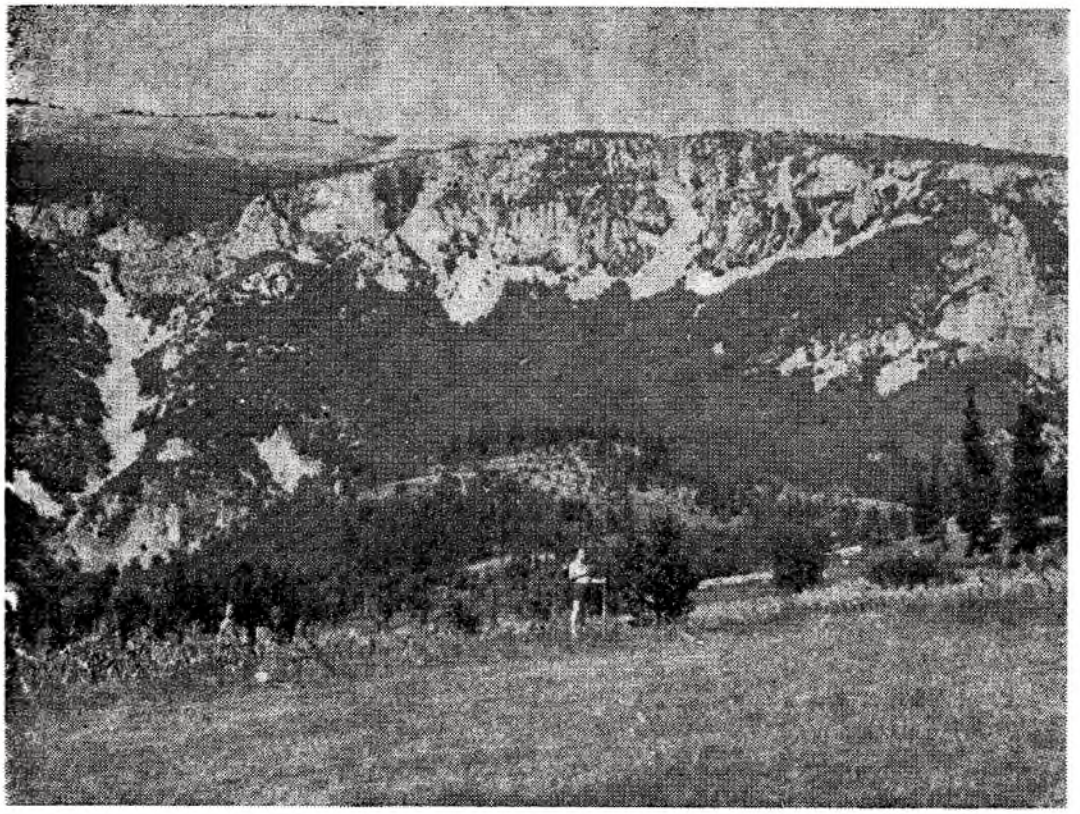
У плитком кршу Источне Србије ребрасте и мрежасте шкрапе, шкрапари и кршеви су најтипичнији облици површинског крашког рељефа. Уз њих се, истина мањом честином, истичу каменице и иворци. У свему, ови крашки облици немају велико распрострањење нити захватају велике површине али се истичу потпуним еволутивним развитком и присуством у свим пределима. Њихова појава условљена је јако чистим и пукотинама испресецаним кречњацима. Распрострањеност им је ограничена малим површинама оголићених кречњака и релативно скромним падавинама. Иначе, тамо где су потпуно развијени имају одлике љутог крша.

Ребрасте шкрапе и музге. — У плитком кршу Источне Србије вертикални одсеци су врло чести и јављају се свуда. Најбројнији су они који су настали селективном ерозијом дуж контакта вододржљивих стена подине и кречњака повлате. Највиши су одсеци на странама кањона као и у изворишним облуцима. Генетски се разликују

али скоро сви засецају крашке површи и високе заравни (**47**, 27). За појаву ребрастих шкрапа и музги од првенственог је значаја чињеница да су одсеци најчешће изграђени од масивних и банковитих кречњака.

Ребрасте шкрапе имају највећу честину на истакнутим и голим планинским гребенима. Дубоким шкрапама оштрих чебеља избраздани су сви врхови Суве планине који окружују потковичаст облук Црвене реке. У долинама овај тип шкрапа највише је заступљен у Сићевачкој клисури на Нишави, Склопу на Ресави, Клисури Јерме, Лазаревој долини, Казану у Ђердапској клисури и другим краћим кањонима и сутескама. Заступљене су и на истакнутим остењацима изграђеним од масивних кречњака а јављају се и непосредно уз обалу Дунава у Казану до оних висина које запљускују таласи. У микрорељефу вертикалних одсека шкрапе имају доминантну улогу. Међутим, осим морфолошког, оне немају већег значаја за површински рељеф ових области.

Мрежасте шкрапе, каменице и иворци. — Мрежасте шкрапе покривају знатне површине на оголићеним билима и блаже нагнутим падинама планина. Најтипичније су на јужним падинама Сврљишких планина, затим на високој површи Валожја, на Мирочкој и другим површима. Због испуцалости јако чистих кречњака показује се у густим мрежама, често са оштрим чебељима, те на већим површинама имају одлике љутог крша. У таквим областима јављају се и шкрапарски бунари који могу да достигну дубину и до 3 m.



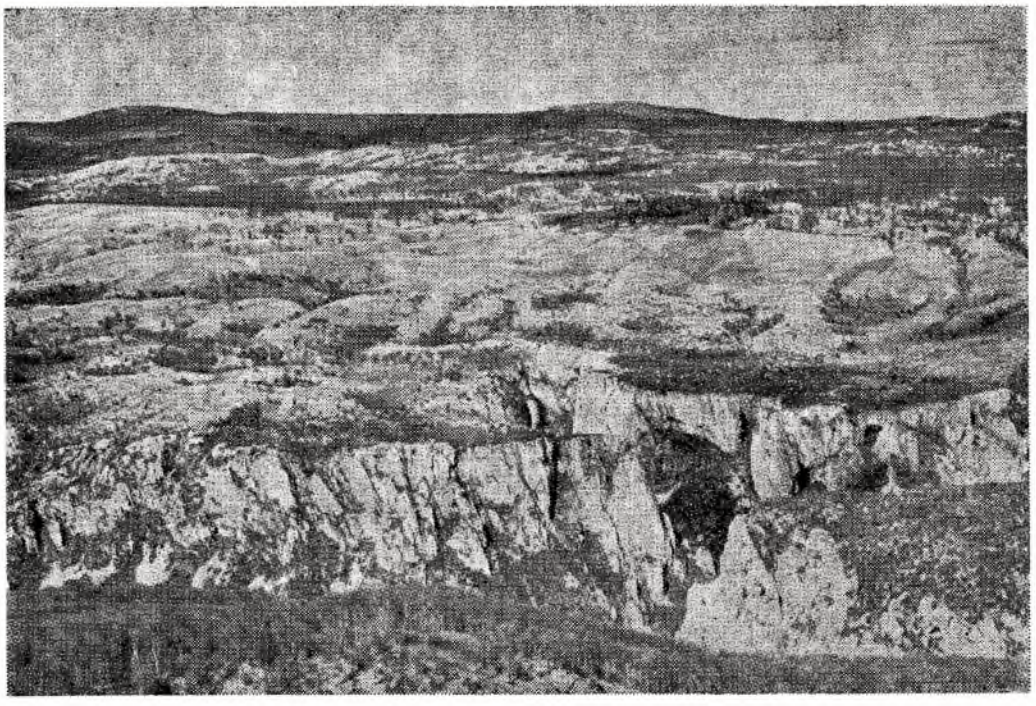
Фот. 7. — Кречњачки одсек Соколице — Бељаница (Снимио Д. Гавриловић)
Phot. 7. — Pente calcaire de Sokolica — Beljanica (Phot. D. Gavrilović)

Каменице и иворци су такође чести у оголићеним кречњацима и јављају се у истим областима где и мрежасте шкрапе. Најчешће су ипак у вишим планинским зонама. Ту су заступљени иворци, веће каменице издуженог облика и карличастог изгледа. Оне су најчешће на Валожју на Сувој планини. Вода се у њима задржава знатно дуже него у плићим каменицама. Најпознатији иворци су Ведра на Ребрини, Девет иворака, Дванајест иворака, Велики иворци и др. (**22**, 34). Као и каменице стварани су у масивним и банковитим кречњацима корозивним радом воде.

Шкрапари и кршеви. — У површинском крашком рељефу свих предела Источне Србије шкрапари и кршеви заузимају значајно место. Јављају се првенствено на крашким заравнима и високим површинама, затим на уравњеним и плећатим билима планина, али су заступљени и на блажим падинама, косама, гредицама и хумовима. Најтипичнији шкрапари и кршеви заступљени су првенствено на високим површима и заравнима, у областима изнад горње границе шума. Са мањим површинама, међутим, заступљени су и на нижим подовима и речним терасама. Ту су, истина, ограничени на најистакнутије делове који су оцедити и оголићени.

Најтипичнији шкрапари, који у површинском рељефу равноправно учествују са вртачама и валогама, јављају се на високој површи Валожја на Сувој планини. Издужене гредице које раздвајају вртаче и валоге, заравни и благе падине прекривене су шкрапарима. Они се јављају и на каменитим странама вртача и валога и спуштају се све до њиховог дна. Кршеви су заступљенији на истакнутијим хумовима и чукарима који доминирају околним тереном. Највеће распрострањење углавном имају на висинама изнад 1.400 m. Ту су и најтипичније шкрапарске површине у овој области (**22**, 96). Плећата била источног дела Сврљишких планина, висока преко 1.000 m, такође су покривена густим шкрапарима и типичним кршевима. Исти облици покривају и јужне падине ових планина од била па до обода Белопаланачке котлине. То је скоро потпуно оголићен и безводан крш а захвата површину од преко 80 km^2. Типични шкрапари јављају се и на оголићеном билу планине Девице где обухватају површину од преко 20 km^2. На Кучајским површима шкрапари су највише заступљени уз велике увале, као што је Брезовичка, али су типичнији на површи Кота и Стобора. На нижим крашким површима шкрапари и кршеви су ређи али могу се јавити и у облику типичног љутог крша. Најтипичнији љути крш у источној Србији јавља се у северном делу Мирочке површи. У сливу Пека шкрапари и кршеви се јављају и на нижим заравнима а карактеристични су на Магарчевој Були и Були Локва (**26**, 78).

Типични шкрапари у кршу ове области пружају утисак завршне фазе у свом развитку. Оштри чебељи су разорени а широки жљебови су испуњени црвеницом и другим материјалом. Шкрапарски бунари су зарушени а каменице испуњене материјалом. Такве шкрапарске површине пружају слику „мора камења" разбацаног и нагомиланог без икаквог реда. На стрмијим нагибима честа су суљања и „течења" сипарског типа. Истина има и типичних шкрапара са одликама љутог крша али се они јављају само у нижим пределима.



Фот. 8. — Површ Стобора на Кучају. (Снимио Д. Гавриловић)
Phot. 8. — Pénéplaine de Stobora sur la montagne de Kučaj. (Phot. D. Gavrilović)

У областима изнад горње границе шума, односно у сфери изнад доње границе дилувијалног снега, кршеви имају већу заступљеност. Нагомилано камење је махом заобљено а у удубљењима се јавља оскудна terra rosa. Такве шкрапарске површине имају све одлике „шкрапарских поља" чији се постанак везује за процесе глацијације и солифлукције (**47**, 109). У рељефу кречњачких планина Источне Србије мразне структуре утврђене су и на висинама од 1.000 m. Уважавајући ову чињеницу, као и висину доње снежне границе од 1.000—1.200 m из доба вирмске глацијације, може се прихватати и полиморфни карактер шкрапара и кршева. Тим пре што су кршеви састављени од претежно заобљених блокова те подсећају на комчиће у глацијалном рељефу. За изглед шкрапара и кршева од значаја је и еолска ерозија. Снажни ветрови, нарочито на већим висинама, издувавали су резидијални и дробински материјал из шкрапарских жљебова чиме су остваривани повољни услови за даљи рад атмосферских вода и процес карстификације.

Вртаче, валоге и увале

У површинском крашком рељефу доминантну улогу имају вртаче које су најбројније и заступљене у свим висинским зонама. Валоге се јављају само на високим површима, где скелет чине прекрашки флувијални облици или у млађим, скаршћеним долинама. Најзад, крашке увале се јављају врло ретко а везане су, као и валоге, за високе површи и скаршћене долине. Заједничка особина ових, најзаступљенијих облика у површинском рељефу плитког и де-

лимично покривеног крша Источне Србије је начин њиховог постанка. Без обзира на постојеће предиспозиције, тектонске и морфолошке, ови облици, вртаче, валоге и увале, образовани су првенствено крашким процесима. Услови за стварање ових облика мењали су се током новије геолошке историје, поглавито климатски, педолошки и вегетацијски, али су основе, чист кречњак испресецан бројним пукотинама, остале непромењене.

Најтипичније крашке површи и заравни, изроване вртачама, валогама и увалама, јављају се у јужним деловима Источне Србије и развијене су на Сувој планини, Девици и Кучају. Мању површину имају на Сврљишким планинама, Озрену, Бељаници и Мирочу. Од севера према југу крашке површи и заравни су ступњевито поређане, као и планински венци и од 640 m на Мирочу уздижу се до 1.400 m на Валожју. Јужно од Кучаја све веће површи леже на висинама изнад 1.000 m. Највиша и највећа крашка површ Валожје, на Сувој планини, лежи на висини од 1.400—1.500 m и изграђена је у доње кредним кречњацима. „Површ Валожја има мрежасту карсну пластику: сплет од валога, „падина" и вртача, између којих су гола кречњачка брда и ртови . . .". „Валоге су сличне увалама у динарском карсту. То су мање дугуљасте и уске увале, по правилу равног дна, које је покривено terra ross-om и другим елувијумом и избушено многим алувијалним вртачама. Стране валога су стрме, кад што каменити зидови и њихова суподина је цик-цак линија, која се где-где у облику оштрих ртова пружа у валогу, а где-где од ње повлачи; кречњачке стране су често покривене шкрапама" (**22**, 96).

Фот. 9. — Кречњачки блок разједен шкрапама
Phot. 9. — Bloc calcaire corrodé par les crevasses

Вртаче су на површи Валожја најбројније а валоге дају изглед крашкој пластици. Оне се јављају свуда, разбацане или распоређене у групама и низовима који прате дна старих долина, односно валога. На заравнима су претежно камените, само им је дно покривено елувијумом, а у валогама су алувијалног типа, ређе камените. Претежно су левкасте, тањирасте и карличасте, изузетно бунарасте. По правилу су асиметричне а има и звездастих. Најчешће пречник им се креће од 20—100 m а дубина од 5—15 m. Ретке су вртаче већих димензија али се срећу и оне са пречником од преко 300 m и дубином до 30 m. Вртаче на Сувој планини показују одређену регионалност и зоналност. „По правилу су у доњим регионима малобројне и мање, а на већим висинама их има више и са већим димензијама (**6**, 124). Главни реон вртача је на самом платоу Валожја и оне се „јављају, уствари, тек изнад 1.300 m надморске висине, а њихов број са висином све више расте што се може објаснити јачим растварањем кречњака под утицајем повећања талога са висином" (**17**, 7).

Валоге су, за разлику од вртача, везане искључиво за површ Валожја. Оне се јављају на висинама изнад 1.300 m, тамо где су и вртаче најгушће заступљене. Валоге су у просеку дугачке 300—500 m, широке 30—100 m а дубоке 20—40 m. Највеће су дужине и од 1.000 m, ширина им достиже и до 300 m а дубина до 120 m. Типичне валоге су Велико и Мало коњско, Ждребица, Валожје и др. Неке валоге вијугају, као и прекрашка речна корита, и могу бити дугачке и до 2 km. На дну свих валога јављају се вртаче у низовима или групама. Алувијалне вртаче у групама се јављају у доњим, нижим деловима валога и већина има улогу поврмених понора. Оне су издубене у црвеници и буавици али се у доњим деловима јавља и материјал „који обилује гвожђевитим конкрецијама". У многим валогама „расут је ситан шљунак од кварца и црвених глинаца". Такав материјал јавља се и на Ждребици, само је крупније гранулације, и у другим валогама и вртачама, на висинама изнад 1.360 m. У пределу Голаша јавља се материјал од црвених пешчара и глинаца. Црвени пешчари и глинци могу се наћи у депресијама и изнад 1.500 m. Овај шљунковити материјал је алогеног порекла и потиче из северозападног залеђа Валожја, из Ветанске антиклинате (**14**, 99).

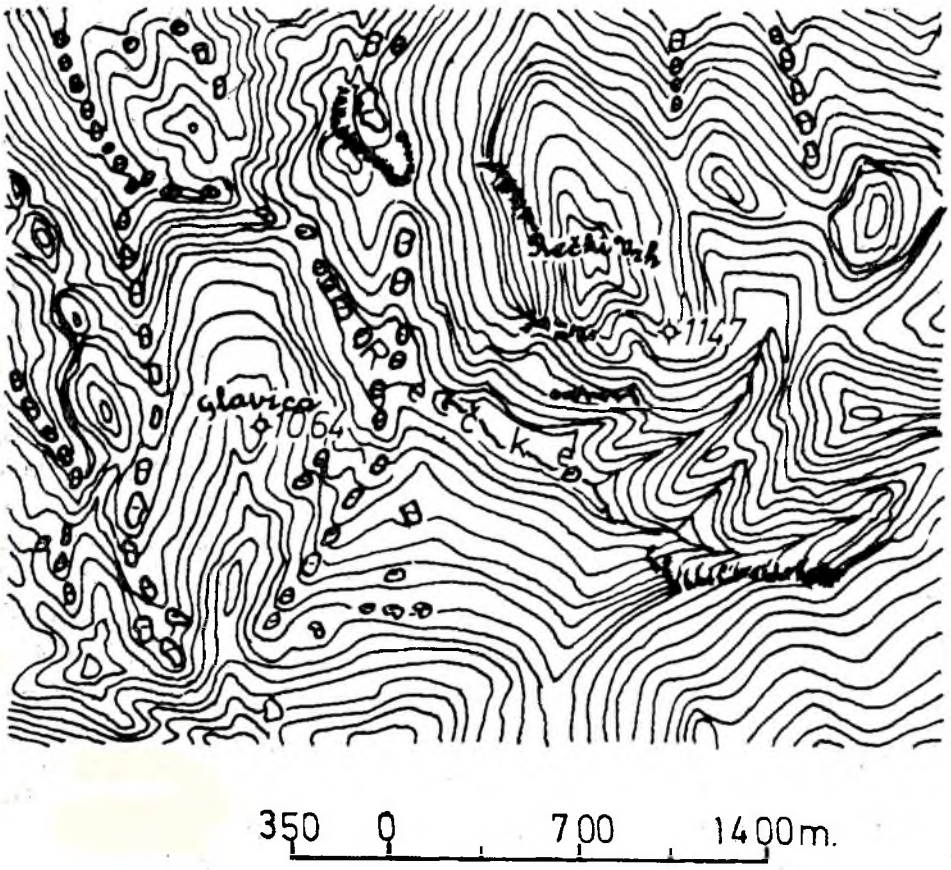
У области Кучаја крашке површи имају површину од 738 km². Оне са свих страна окружују палеозојски венац Јавориштa и леже на висинама изнад 1.000 m (**27**, 95). Најтипичнија је површ Кота и Стобора у сливу Злотске реке која по општем изгледу подсећа на динарски крш. „Централни и северни делови површи покривени су ниском вегетацијом и шумом. Топографска површина је благо заталасана и у рељефу се запажају ниски брегови широких и заравњених темена и уједначених висина и плитке скаршћене удолине неодређеног правца и пада. Површ је потпуно скаршћена, без ниједног сталног површинског тока, избушена безбројним вртачама и мањим увалама које су, најчешће, разбацане без реда. Међутим, код неких од њих запажена је и извесна линеарност у распореду" (**24**, 22). Низови вртача на овој површи везани су за заједничку пукотину или дна некадашњих долина (**30**, 127). Вртаче су, „којима је засејана чи-

тава крашка површ", развијене и у потпуно голом кршу а јављају се и алувијалне на дну долина и валога. Најчешће су заступљене оне које представљају прелаз између ова два типа (**31**, 103). Нижа крашка зараван Беле воде лежи у јужном делу Кучаја, на висини од 860—970 m. „Од површинских крашких облика најбројније и најизразитије су вртаче. Оне се разликују од вртача на површи Кота и Стобора само у томе што су већих димензија. У вртачама чији пречник прелази 300 m, запажају се мање, секундарне. У рељефу преовлађују левкасте и карличасте вртаче. Разбацане су без реда и често су оголићене. Асиметричне су када леже на главама слојева. Линеарни низови вртача запажају се само у скаршћеним долинама" (**24**, 52). И на Брезовичкој површи, која лежи у западном делу Кучаја, најчешће су левкасте и тањирасте вртаче, пречника 20—50 m и дубине 10—20 m. Брезовачка зараван, због великог броја вртача, има изглед богињавог крша. Око увале Велико Игриште јављају се типични шкрапари. „То је права каменита пустара, дуга око 1 km а широка око 300 m. У кречњаку су канали дубоки до 1 m. Нема ни један квадратни километар кречњака, који не би био пун рупа и пукотина" (**30, 75**).

Високе и простране крашке површи, разједене вртачама, јављају се и на Озрену, Девици и Сврљишким планинама. Предели под вртачама на овим површима захватају површину од око 180 km². Махом су то плитке, тањирасте и карличасте вртаче, каменитих страна и дна покривеног алувијалним материјалом. Између вртача, валога и ретких мањих увала су гредице уравњених темена и разривених шкапарима. И на овим површима вртаче се јављају без икаквог реда или у низовима. Ове друге су млађе, често алувијалне, и леже по дну скаршћених долина. Многе се настављају у вертикалне јаме и служе као понори.

Ниже крашке површи и заравни, чију површину одликује појава великог броја вртача, јављају се у свим кречњачким областима. Оне најчешће леже на висинама од 700—800 m и најчешће су обешумљене. Највеће заравни се јављају на темену Тресибабе, у Видличу и у западном делу Бељанице. На Тресибаби се јављају претежно алувијалне вртаче док су на Тепошу камените. У западном делу Бељанице, „на врху купе код Водне, на 740 m н. в., налази се вртача пречника 80—100 m и дубине 7—8 m. Стране вртаче су стрме и стеновите, а дно је заравњено и благо нагнуто према северу. Приликом копања бунара"... на дубини од 15 m, откривен је слој угља дебљине 1—1,5 m. И у другим деловима вртаче је утврђена зона угља док се непосредно испод површине јавља слој сиве песковите глине дебљине 1—1,5 m испод које је слој лигнита. Главни слој угља има сјајан шкољкаст прелом и исте је калоричне вредности као и угаљ из рудника Сење и Водна. Седименти у овој и другим вртачама означени су као миоценске старости (**49, 118**). И у другим вртачама у овој области, такође на висинама преко 700 m, откривене су наслаге угља заједно са прослојцима гвожђевите глине са конкрецијама гвожђа и прослојцима кварцног пешчара.

Вртаче у низовима јављају се у свим крашким областима и на свим висинама. Везане су за врло стара али и изузетно млада скрашћавања. На планини Бељаници најтипичније је изражена структурно повезана мрежа вртача која одговара сплету скрашћених долина. „Повезани низови вртача вијугају као и нормалне долине. Народ их општим именом назива падинама, а многи низови имају засебна имена, као: Поповац, Циганка, Симкина падина, Попова падина...". Многе од њих завршавају се поврх одсека испод којих почињу потоци јаким врелима". Највеће вртаче имају једва 50 m у пречнику а дубоке су 10—15 m. Низови споредних долина оријентисани су према три главна низа долинских вртача. Горњи делови ових падина леже на висини од 900—1.000 m док се доњи делови завршавају на одсецима висине 300—450 m (**32**, 3—12).



Ск. 9. Низови вртача у скаршћеним долинама на Бељаници
Cr. 9. — Séries de dolines dans les vallées karstifiées sur la Beljanica

Северно од долине Млаве кречњачке стене су заступљене на сасвим малим површинама и имају незнатну дебљину. Тако је и крашки рељеф врло ограничен а у њему се не јављају велике заравни и површи. Вртаче и шкрапари су скоро једини представници крашког површинског рељефа али се и оне јављају на одређеним површинама. У сливу Пека, на највишој површи од 800—880 m, вртаче се јављају само у три локалности. На Облој неколико вртача има пречник од 150—200 m док им дубине нису веће од 15 m. На страни Здравча

и Фика њихова дна су у палеозојским шкриљцима. На површи од 690—750 m вртаче се јављају у већем броју једино на Малом кршу и пречник им не прелази 80 m а дубина 10 m. У нижим деловима слива вртаче су везане скоро искључиво за скаршћене долине. У изворишним деловима Великог и Малог Пека оне су најчешће левкасте и тањирасте пречника 50—200 m и дубине 5—25 m. На Коњској главици димензије им се крећу од 20—50 m док дубине не прелазе 10 m. На Магарчевој Ђули јавља се свега 6 вртача али као и оне северно од Дубоке имају пречнике и преко 250 m. На нижим терасама оне су још малобројније. У висини терасе од 210—240 m висине оне се јављају на Лулешу са пречником од 1—1,5 m и дубином од 0,5 m. Сличне овима су и вртаче у Мишићевој падини, долини Врелског потока и др. Најниже вртаче леже на тераси Пека висине 14 m. Једна од њих има пречник од 15 m а дубину од 3 m. Сличне одлике имају и вртаче у непосредном сливу Дунава изузимајући оне које леже у северном делу Мирочке површи. На Тепошу, Белави, Црном врху и другим изолованим, нижим кречњачким областима вртаче се најчешће јављају у скаршћеним долинама.

Крашке увале се, изузимајући валоге, јављају доста ретко у кршу Источне Србије. Оне су заступљене првенствено на високим заравнима и површима док се у нижим крашким деловима скоро уопште не јављају. Најбројније су на површи Валожја где се од валога разликују ширим и уравњенијим дном и нешто блажим падинама. Развиле су се у старим, скрашћеним долинама а покривене су алувијалним и делувијалним материјалом у коме се јављају вртаче и понори. Неколико мањих увала на Девици, Озрену и Сврљишким планинама карактеришу се ниским оквиром и дубина им није већа од 25 m. На површима и висоравнима које окружују Кучајски гребен јавља се двадесетак мањих увала. Само неколико од њих дуже су од 800 m а широке највише до 350 m. Плитке су и често имају изглед већих вртача. На дну већине ових увала јављају се алувијалне вртаче које имају улогу повремених понора. Неколико мањих увала у западном делу Кучаја и Бељанице испуњено је језерским седиментима са прослојцима мрког угља. Све оне леже на висинама испод 800 m.

Заједничка одлика свих увала у кршу Источне Србије је та да су им дна слабо уравњена и нагнута према периферним деловима заравни и површи, односно планина. Често се завршавају непосредно изнад високих одсека под којима почињу нормалне речне долине храњене јаким крашким врелима. Уочено је да се на дну увала не јављају кречњачки гребени и хумчићи заостали разарањем пречага које су одвајале вртаче. Најчешће се јављају у истим низовима са вртачама у горњим или доњим деловима скрашћених долина.

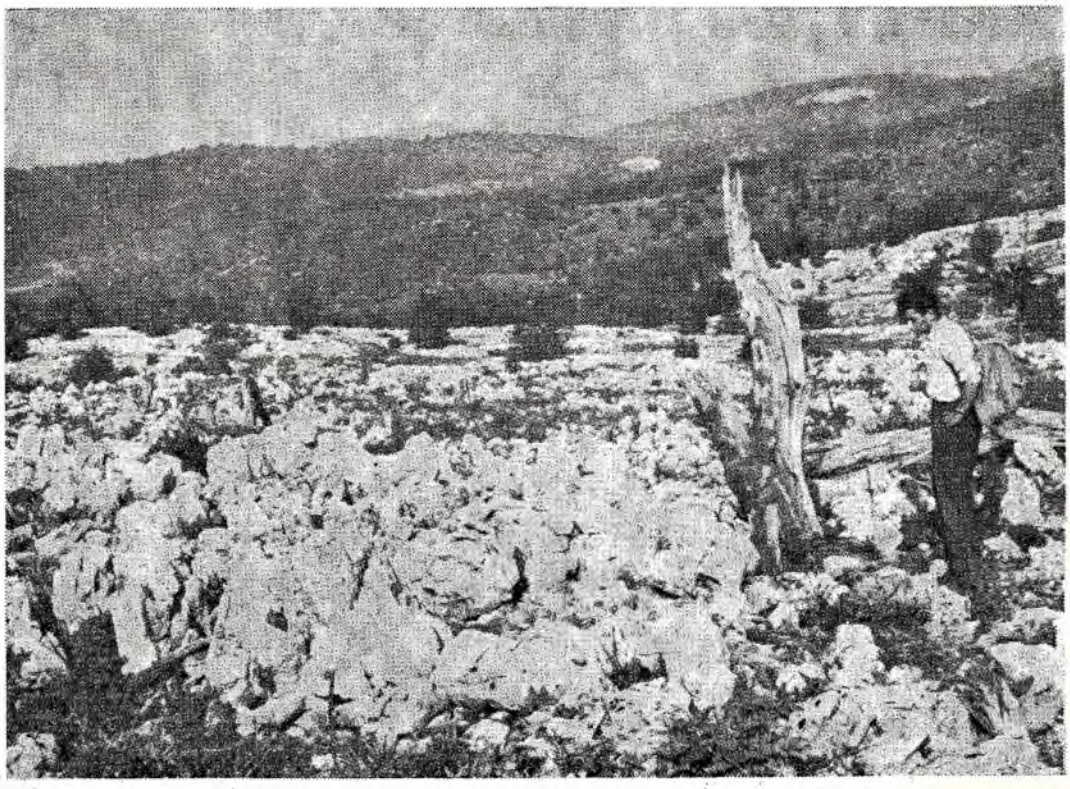
Морфолошке одлике и старост облика. — Класични површински крашки облици, шкрапе, шкрапари, кршеви, вртаче, валоге и увале, заступљени су скоро у свим деловима планинског подручја Источне Србије. Најситније форме у рељефу, шкрапе и вртаче, заступљене су на висинама од 100—1.800 m, од обале Дунава до највишег врха Трема на Сувој планини. У распореду и начину појављивања појединих крашких облика запажене су одређене за-

конитости. Изузимајући шкрапе, које су везане за масивне и банковите кречњаке на одсецима, и камењаре, који се јављају на истакнутим врховима и чукама, остали површински облици везани су за одређене геоморфолошке целине. Вртаче се јављају свуда, изузимајући терене са великим падом, али су у основи везане за крашке заравни, почевши од речних тераса па до плећатих планинских била. У њиховом распореду у највећој мери показује се одређена правилност. Најчешће се јављају у низовима који прате дна старих, скрашћених долина. Ређе су на видљивијим тектонским пукотинама а само изузетно се показују у групама. Валоге или падине су површински облици који се јављају искључиво у старијим скаршћеним долинама и на већим висинама. Уколико вртаче представљају облике првог степена у скрашћеним долинама валоге припадају другом степену. Тиме се објашњава чињеница да су валоге најзаступљеније на највишим крашким заравнима и висоравнима. Увале су, као и валоге, облици виших заравни и висоравни. За разлику од валога увале се јављају на заравњенијим деловима, односно у деловима скрашћених долина који имају мањи пад.

Фот. 11. — Кречњачки одсеци на Сврљишким планинама (Снимио П. Оторанов)
Phot. 11. — Pentes calcaires sur les montagnes de Svrljig (Phot. P. Otoranov)

Сви ови облици се по изгледу не разликују од истих у пределима потпуног крша, односно холокарста. Вртаче се, истина, ређе јављају као бунарасте и дубоке али су зато у појединим деловима области заступљене. Увале су мањих димензија али су такође чешће

него у динарском холокарсту. И у њима се јављају алувијалне вртаче са понорима а одликује их и појава извора, периодских понорница и повремених језера. Валоге су једини површински облици који крашки рељеф Источне Србије посебно карактеришу и издвајају, првенствено по броју и густини заступљености. Сви ови облици заједно дају пределу изглед богињавог крша са истакнутом мрежастом структуром и пластиком.



Фот. 10. — Море блокова источно од Речкиног врха
Phot. 10. — Mer de blocs à l'est de la cime de Rečkin vrh

Појава миоценских угљоносних седимената у вртачама и увалама на западном ободу Бељанице и Кучаја, на висинама од преко 720 m, показује да су површински крашки облици релативно стари. Најстарији су свакако облици који се јављају на планинским билима и високим површима, на висинама изнад 1.000, односно 1.400 m. О старости валога и увала на површи Валожја говоре и седименти гвожђевитог порекла донети из слива Црвене реке чији је изворишни облук сада дубоко усечен у саму крашку површ. Нема сумње да је премиоценска карстификација захватила све пределе изнад висине од 700 m. Најмлађи површински крашки облици су рецентног порекла јер се вртаче јављају чак и на најнижим речним терасама, као што је то случај у сливу Пека.

Слепе долине и суводолице

У крашкој пластици Источне Србије слепе долине и суводолице, заједно са свим типовима скрашћених долина, заузимају по-

себно место. Оне су послужиле као основна мрежа, изграђена деловањем флувијалне ерозије, за надградњу скоро свих површинских крашких облика. Заступљене су свуда, у свим кречњачким областима, а јављају се од планинских била и гребена до суподине и котлина. Најстарије и најјаче измењене срећу на високим заравнима и површинама где имају улогу основе у палеорељефу. У нижим областима старе долине су касније захваћене карстификацијом, мање су измењене а њихова дна су обележена низовима вртача. Од степена њихове старости и измењености у основи и зависи изглед површинског крашког рељефа.

Слепе долине. — У кршу Источне Србије преовлађују три основна еволутивна типа слепих долина. Осим тога јасно се издвајају слепе долине крашког и селективно-крашког типа.

Првом типу припадају најстарије слепе долине које се јављају на високим површима и заравнима и планинским билима. У овим областима преовлађује крашка пластика којој флувијално-денудациони палеорељеф даје основну структуру. По дну и странама ових долина, које су у основи задржале само своје димензије и правац пружања, јављају се типични крашки облици. Првобитна проширења су преобраћена у валоге или увале а у ужим деловима прадолина јављају се низови вртача. Долинске стране су разједене а стрми гребени су уравњени и преобраћени у камењаре и кршеве. Како су ове високе крашке области прошле кроз различите климатске и друге фазе дна ових долина, касније и крашки облици у њима, покривена су дебелим слојем делувијалног, алувијалног а кад што и другог материјала. У овом материјалу јављају се млађи крашки облици алувијалне вртаче и понори. Оне су махом груписане у доњим деловима валога и увала. Пречаге између крашких депресија су сложене због чега не представљају фосилна корита. Због великог степена скраћености у овим се долинама јављају и супротни нагиби па је кад кад врло тешко одредити правац кретања скаршћеног тока. У многим долинама овог типа, због великог присуства резидијалне глине, јављају се и изданске воде и копани бунари. У великом броју су присутне и периодске поплаве до којих долази услед загушења алувијалних понора. На највишој крашкој површи Валожју, где је овај тип слепих и дезорјентисаних долина типски изражен, честе су и локве у којима се вода задржава све до касног лета а у неким и током целе године.

Другом типу припадају релативно млађе слепе долине. Истина оне се могу јавити и у вишим зонама од слепих долина првог типа а велики број лежи и изнад ексхумираних слепих долина. Међутим, у њиховом изгледу и општој пластици крашког рељефа још увек доминирају првобитне црте изграђиване флувиоденудационим процесима. Највећи број ових долина јавља се на планинским странама, од највиших гребена па све до суподине. По дну ових долина такође се јављају низови вртача поређаних генерално у континуелном паду. Супротних падова нема а низиви бочних долина такође су очували континуелан пад. Веће вртаче су честе али су валоге ретке док увала уопште нема. Делувијално-алувијални материјал по дну ових долина је млађег постанка и мање дебљине. Због тога су и алувијалне вртаче

изузетно ретке иако су понори чести. Насупрот Валожју и високим површима и заравнима, на планини Бељаници, где се јављају најтипичније слепе долине другог степена, сплетови вртача се потпуно подударају са мрежом скрашћених долина. Стране су им заједно са дном обрасле шумском вегетацијом па су и шкрапари ређи док су пречаге између вртача више и означавају последњи стадијум корита. По правилу ове су долине и висеће а завршавају се вертикалним одсецима под којима избијају јака крашка врела настављајући нормалним долинама. Због великог општег пада којим се одликују слепе долине овог типа у њима су хидролошке појаве права реткост.

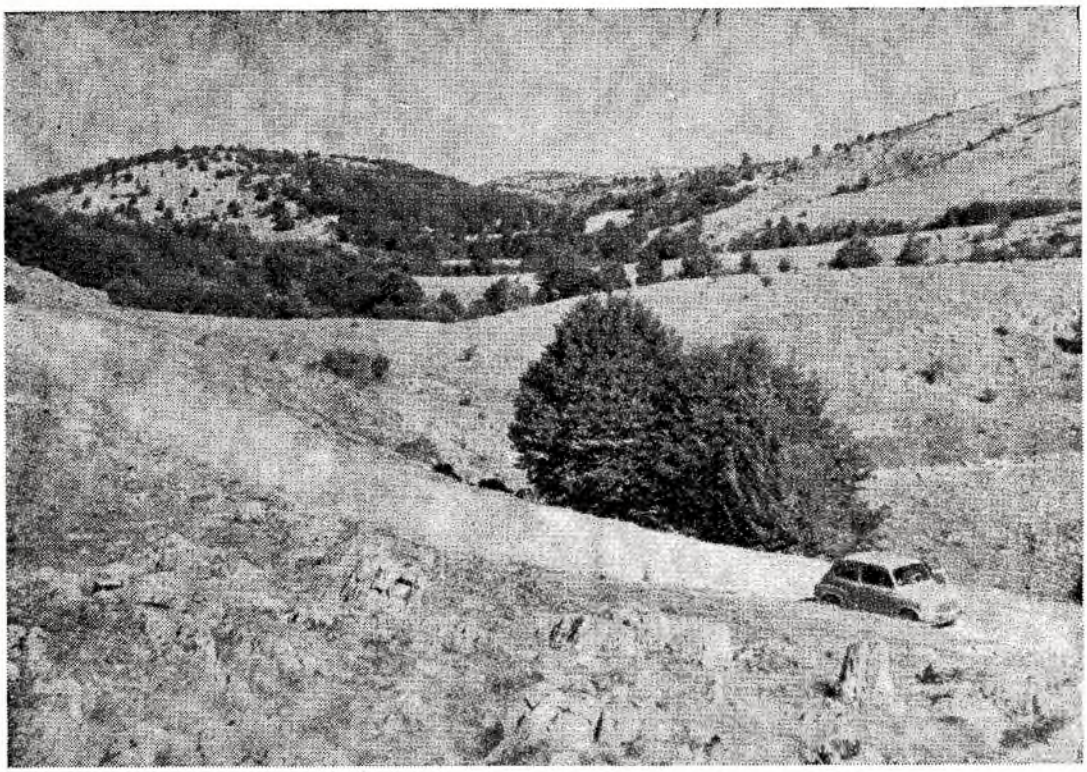
Трећем типу припадају слепе долине различите старости и облика. Од претходних се разликују првенствено према хидролошким функцијама. У њиховим горњим деловима јављају се стални или повремени водотоци, односно понорнице. У доњим деловима, који су различите дужине, њихове долине су скрашћене. У скрашћеним деловима јављају се низови вртача који се најчешће завршавају вертикалним одсецима јер све долине овог типа имају висећи положај. Испод њих су изворишни облуци у којима избијају воде понорнице и на њима се настављају нормалне долине. Ови скрашћени делови могу бити врло кратки, усечени у крачњачку пречагу, а саме фосилне долине избушене су најчешће плитким вртачама. У опште ове слепе долине су најчешће у суподини планина и врло су младе. Најтипичније су у сливу Пека али их има и у сливовима Млаве као и непосредних притока Дунава. У кречњачким пределима веће моћности овакав тип слепих долина скоро да се не јавља.

Флувијално-крашке слепе долине. — Једна од главних одлика плитког и ограниченог крша Источне Србије је појава великог броја малих и кратких река понорница. Оне се јављају у свим кречњачким областима али су бројније идући према северу где се кречњачке стене више истањују а подинске захватају веће пространство. Најбројније су, међутим, на оним планинама на чијим билима и гребенима избијају вододржљиве стене, најчешће палеозојски шкриљци, пешчари, амфиболити и др. Са таквих планина силазе ка суподини бројне реке које се, пошто наиђу на кречњачки оквир, губе у зјапећим понорима и издухама. У првом стадијуму, када се воде губе у издухама а реке пресушују само за време ниских водостаја, ове долине припадају типу сушица. Други стадијум је означен затвореним слепим долинама.

Сушице представљају прву фазу скрашћавања површинских токова и преобраћања њихових долина у слепе. Оне се могу јавити у више стадијума. У првом површински токови пресушују само у току лета и то у доњим деловима долине. У другом оне губе воду већ у горњим деловима долина али већим делом године протичу све до суподине. У трећем стадијуму кроз доњи, кречњачки део долине површински токови теку само повремено, после изузетно јаких пљускова или док снег копни. Долине типа сушица у свим стадијумима заступљене су на источним падинама Кучаја. Такве су Боговинска река, Мала река, Подгорска река и др. На северним падинама Сврљишких планина сушице су Велика и Бела река, Црнољевичка река, Белоињска и друге, а на Калафату Грбавачка река.

Слепе долине са затвореним басенима, чији су горњи делови долина изграђени од водоодржљивих а доњи од кречњачких стена, највећу заступљеност имају у сливу Пека. Горњи делови ових долина затворени су понорским кречњачким облуцима у којима се јављају зјапећа гротла пећина. Изнад облука се јављају, на мањим или већим висинама, делови фосилних долина. Такве су долине Ваља пешћера, Чока ку Скрада, Кременски поток, Ваља фундата, Рајкова, Паскова река, Понорски поток и др. На Кучају су најтипичније затворене долине Радованске реке и Брезовичке реке, на Калафату Самар и Провалија. На Старој планини затворене слепе долине имају Вртибог и Понор а на Сврљишким планинама Барска и друге реке. Слепе долине овог типа јављају се и у другим крашким областима Источне Србије.

Суводолице. — На ближим и плећатим падинама многих кречњачких планина јављају се плитке суводолице широког дна и благих страна. Оне могу бити дуге и по неколико километара и углавном су усмерене низ падину. Дно им је састављено од делувијалног материјала у коме се јављају ниски прегиби. Стране су махом у шкрапарима и кршевима. Морфолошки гледане суводолице највише подсећају на валоге и плитке увале. Како леже на падинама у њима се за време киша и док снег копни образују слаби цурци који се при дну суходолица губе у растреситом материјалу. Често су по дну усечена и плитка корита типа јаруга али се активни понори у виду зјапећих јама скоро не јављају. У свему дно суходолице има терасаст изглед а на заравњеним деловима могу се срести и плитке алувијалне вртаче.



Фот. 12. — Сува долина на Кучају код Зле леденице (Снимио Д. Гавриловић)
Phot. 12. — Vallée sèche sur la montagne de Kučaj près de la Zla ledenica
(Phot. D. Gavrilović)

Суводолице се јављају најчешће на оголићеним планинским падинама. Најтипичније су на јужним падинама Сврљишких планина где се спуштају све до обода Белопаланачке котлине. Честе су и на јужним падинама Суве планине, на Белави и Видличу где се спуштају све до саме равни Одоровачког поља. Неке од суводолица на јужној падини Видлича отворене су према пољу кратким јаругама, типа богаза, кроз које повремено теку слаби потоци. Суводолице се ретко јављају на северним странама планина које су пошумљеније. Због свог положаја суводолице подсећају на скаршћене долине. Међутим, њихов постанак се везује за крашки процес започет у време после обешумљавања. То су благе природне утолеглице чије је дно покривено материјалом спраним са благих планинских падина и страна.

Крашко-селективне увале

У серији полигенетских облика који одликују плитки крш крашко-селективне увале имају посебан значај. Оне се јављају првенствено у оним областима где дебљина кречњака није већа од неколико десетина метара а често је и мања од 20 m. У таквим областима подинске, најчешће палеозојске стене, откривене су и у многим дубљим вртачама. У увалама оне су још чешће и на већем простору разголићене чиме су створени посебни услови за рад селективне ерозије.

Највеће увале у плитком кршу Источне Србије јављају се на уравњеним планинским билима и високим заравнима. По површини, неке од ових крашко-селективних увала, имају димензије и одлике мањих поља. Главна одлика свих увала овог типа је да су им дна изграђена у вододржљивим стенама, најчешће палеозојским шкриљцима, пешчарима и амфиболитима, а стране су од кречњачких стена. Од типичних крашких увала, образованих крашким процесима, крашко-селективне увале се разликују не само у геолошком саставу већ и у начину постанка, односно развитка. Ипак се највеће разлике јављају у хидролошким условима и односима по чему су ове увале сличне, скоро идентичне са пољима.

Крашко-селективне увале на Бељаници. — На планини Бељаници, која лежи између композитних долина Млаве на северу и Ресаве на југу, јављају се три типичне крашко-селективне увале, Речке, Бусовата и Циганске пиштаљине (Речке Жагубичке). Све се оне налазе на самом темену бељаничке антиклинале и поређане су у правцу пружања планине, од запада према истоку. Све три увале предиспониране су бељаничким раседом којим су доведени у исти положај титонски и доњекредни кречњаци јужног крила са кречњацима оксфорд-кимерица северног крила (**50**, 5).

Увала Речке, највећа у овом низу, образована је у старом изворишном облуку скраћене Крупајске реке која је одводњавала највећи део главног била Бељанице. Њено дно, изграђено од палеозојских шкриљаца, које лежи на висини од преко 940 m, окружено је кречњачким одсецима висине 1.040—1.150 m. Кречњаци су масивни, банковити и слојевити а испресецани су, поред главног бељанич-

ког, и бројним споредним раседима. Најмању дебљину имају у северозападном делу увале, свега око 30 m, у ком правцу је увала, превојем отворена ка долини Крупајске реке. У источном делу увале Речке избијају бројни контактни извори од којих постаје истоимена понорница. Понорница Речке усекла је, нарочито у доњем делу равни, дубоко корито V изгледа. Дубина му се, идући прама зјапећем гротлу Ивкове јаме, у којој Речке пониру, повећава и на 15 m. Отварање понора започело је на висини од 986 m, на којој висини лежи и превој, и од тада се увала формира у самосталну басен. Увала Речке дугачка је око 3 km а просечно широка 600 m.

Увала Бусовата лежи такође под самим билом Бељанице. Састоји се из централног дела и бочних скрашћених и нормалних долина. Централни део увале представљен је пространом и широком равни, састављеном од палеозојских шкриљаца, која лежи на висини од око 1.000 m. Окружена је кретацијским кречњацима релативне висине око 160 m. Дно увале дугачко је, у правцу запад-исток, око 1,5 km а широко до 800 m. Са северозапада силази у увалу пространа и широка висећа долина чије је дно разривено двоструким низом вртача. Долина је дугачка око 3 km а широка и до 1 km. Друга скрашћена долина, такође знатних димензија, улази у увалу са западне стране. Са севера и североистока спуштају се у Бусовату два посебна потока и увиру под јужним ободом као самосталне реке понорнице. Образовање увале у самосталну депресију започело

Фот. 13. — Горње Речке на Бељаници (Снимио Д. Гавриловић)
Phot. 13. — Gornje Rečke sur la Beljanica (Phot. D. Gavrilović)

је са скаршћавањем долина, односно на висини од 1.080 m, колико износе и одсеци којима се завршавају висеће долине. И Бусовата има потпуне хидролошке одлике правих поља јер се у најнижим деловима јављају и периодске поплаве које трају и до три недеље.

Увала Жагубичке Речке лежи на десној страни дубоке долине Суводола, у источном делу Бељанице скоро под самим Црним врхом. Пружа се од истока према западу, у ком правцу се шири, и дно јој лежи на око 980 m. Ограђена је кретацејским кречњацима и превојем од 35 m релативне висине одвојена је од дубоко усечене долине Суводола. У најнижем делу увале јавља се стално језеро чији је басен обрастао барском вегетацијом. Из овог језера истиче вода у понore а оно се храни потоцима који се спуштају са источног обода.

Остале веће крашко-селективне увале. — Овај тип увала заступљен је и на другим планинама. *Увала Баре — Иворци*, у средишном делу Сврљишких планина, лежи на висини изнад 1.000 m а окружена је кречњачким врховима који прелазе висину од 1.200 m. Дно увале је у палеозојским шкриљцима које окружују јако чисти и дубоко скаршћени баремски кречњаци. Са Рињских и Гулијанских планина спуштају се ка Барама две скаршћене и висеће долине. Од доњег дела скаршћене долине Гулијанске реке увала је одвојена превојем високим око 30 m. И она се одликује свим хидролошким појавама, изворима, понорницом и периодским језером. *Тепошка увала* лежи на пространој крашкој површи Тепошу под Видличем. Дно ове увале је у кретацејском флишу који је старији од околних кречњачких стена. То је плитка издужена увала чији оквир не прелази релативну висину од 35 m. Извори су на северној а понори на јужној страни увале. Сличне увале јављају се и на Белави, Црном врху и Столу а нешто мањих димензија јављају се на Озрену, Калафату и Тресибаби.

Постанак крашко-селективних увала у плитком кршу везан је за деловање крашког процеса и флувијалне ерозије са денудацијом. После дезорганизације површинске речне мреже, а и у току самог процеса, кречњаци су изложени деловању крашке ерозије. Најпре се, у долинама, стварају вртаче, које у следећој фази, разарањем пречага и срастањем, прерастају у увале. Те увале, осим што су предиспониране долином као палеорељефом, често и раседима, носе обележје претежног рада крашке ерозије. У складу са општом тенденцијом деловања крашког процеса, да се ерозиони процеси преносе у дубину, дно вртача и увала се непрекидно спушта и удубљује. Период самосталног деловања крашког процеса престаје онда када вертикалном ерозијом буду откривени подински, водржљиви седименти. Са оголићавањем подине, која се састоји од старијих, најчешће палеозојских стена, на дну вртаче или увале почиње деловати и флувијална ерозија са денудацијом. Даљи развитак увале обавља се удруженом снагом крашког и флувијалног процеса, односно селективном ерозијом. Тиме почиње друга фаза у еволуцији крашко-селективних увала. Крашка и флувијална ерозија, заједно са пратећим процесима, у следећој етапи делује синхронизовано.

Селективно-крашке увале

Највећи број слепих долина одликује се у горњем делу, усеченом у вододржљивим стенама, клисурастим а у доњем, изграђеном у кречњацима, кањонским изгледом. Овакав изглед слепих долина резултат је великог пада на кратким токовима каквим се одликују све алогене реке у крашу Источне Србије. Ретке су слепе долине у чијим се горњим деловима јављају мања или већа ерозиона проширења, котлинице, која после скаршћавања добијају изглед селективно-крашких увала.

Увала Равна река на Мирочкој површи заузима најсевернији положај у кршу Источне Србије. Смештена је између Великог гребена и Великог Штрпца, скоро на самом развођу а непосредно изнад Казана. Пружа се од југа ка северу на дужини од 2,6 km са просечном ширином од око 1 km. Према равном и широком дну увале, које лежи на висини од око 400 m, силазе са југа две дугачке нормалне долине. Дно увале усечено је у лијаским пешчарима и лапорцима док су три стране изграђене од лијаских и доње кредних кречњака. Оквир увале је од јако поремећених и скаршћених кречњака који леже на висини од око 250 m што је и ниво Мирочке површи. Са централних и уравњених делова Великог гребена, који је изграђен такође од лијаских вододржљивих стена, спуштају се у увалу два стална потока Велика и Мала Равна река. Они се губе у издухама и понорима дуж северног обода увале јер им је корито усечено непосредно уз контакт кречњака и вододржљивих стена.

Увала Цвитановац такође лежи у северном делу Мирочке површи, источно од Равне реке. Пружа се правцем ЈЗ—СИ, на дужини од око 2,5 km, а просечно је широка 500 m. Доњи делови увале, непосредно уз кречњачки обод, су уравњени док су горњи благо заталасани. Дно увале и западни обод изграђени су од лијаских пешчара и шкриљаца док је источни обод састављен од кретацејских кречњака. Са југозапада, од Великог гребена, улази у увалу Цвитановачка река. У самој ували поток прима и воду крашког врела Студенац. Кроз целу увалу усечено је плитко и вијугаво корито које се завршава непосредно под источним ободом и кречњачким бедемом који заграђује увалу. У најнижем делу увале јављају се алувијални а на контакту зјапећи понори у којима се губе воде Цвитановачке реке и других потока.

Брезовичке увале у западном делу Кучаја представљају врло сложен систем селективно-крашких увала и слепих долина. „Долина Брезовице представља данас јако скаршћену, висећу долину, која је крашким процесом морфолошки јако измењена и деформисана . . . и издиференцирана готово у посебне морфолошке целине. Ове секундарне морфолошке целине унутар некадашње речне долине, представљају морфолошко манифестовање одређеног стадијума развитка не само долине Брезовице, већ и простране Брезовачке висоравни“ (**27**, 98). Слепа долина *Велике Брезовице*, дужине око 4 km у горњем делу усечена је у филитима а у доњем у кречњацима. То је типична слепа долина са развијеном изворишном челенком, кли-

сурастог изгледа и са понорским облуком. Увала *Велика Брезовица*, која лежи у продужетку слепе долине, има изглед плитке котлине, односно мањег ерозионог проширења у саставу старе долине. Широка је 1—1,5 km са дном, које је избушено бројним вртачама, на висини од 859 m, односно око 30 m изнад понорског облука слепе долине. Северозападни обод увале усечен је у пешчарима и са њега се спуштају две долине са повременим токовима. Један од ових потока изградио је младу слепу долину. Увала *Мала Брезовица* је такође плитка депресија и лежи у продужетку Велике Брезовице. И то је плитка депресија, чије је дно, које лежи на висини од 835 m, избушено многобројним вртачама. Увала је изграђена у кречњацима и пешчарама а пречник јој износи око 1,5 km. У продужетку скаршћене долине јавља се слепа долина Троглан баре, изграђена у филитима, пешчарима и кречњацима. Она повезује Малу Брезовицу са последњом увалом у овом систему *Добром водом*. И ова увала представља плитку депресију, пречника око 1 km, висине 670—700 m, која је морфолошки најслабије изражена јединица. У овом сложеном и разгранатом систему скаршћене и композитне долине Брезовице јавља се још неколико скаршћених и слепих долина, од којих су неке висеће и разједене вртачама.

Увала *Беле воде* лежи у јужном делу Кучаја на истоименој висоравни. На њу се надовезује увала Буњине баре. Обе увале су крашко-селективног типа са дном на висини од 700—740 m. Изграђене су у кречњацима, пешчарима и филитима. Прва се пружа на дужини од 3,5 km и лежи непосредно уз дубоко усечену долину Радованске реке. У њима се јављају две реке понорнице а до пре неколико деценија постојало је и стално језеро. Воде ових увала, које су хидролошки повезане, припадају сливу Радованске реке.

На југозападним падинама Старе планине, где се испод водоодржљивих стена главног гребена пружа једна уска зона тријаских кречњака, јављају се више мањих и две веће селективно-крашке увале, као и десетине слепих и скаршћених долина. *Увала Понор* је „затворена депресија, чија се уздужна осовина подудара са правцем пружања слојева; има правац СЗ—ЈИ, и дугачка је 700 m. Северни део састављен је из табличастог лискуновитог и кварцевитог пешчара, а јужне, најстрмије стране, које се изнад дна дижу око 80 m, састављене су из модрог, лапоровог тријаског кречњака. Ова је депресија слична босанско-херцеговачким пољима и као и она, врло богата изворима . . .“. „Од тих извора постају потоци, који, вијугајући кроз раван Понора, састају се и улазе у пећину, по којој је цела депресија добила име; други пропадају у вртаче, којих има у јужном делу Понора“ (**21**, 15). *Увала Вртибог* се налази у истој контактној зони. „Слична је Понору и затворена је депресија, чија је уздужна осовина правца СЗ—ЈИ, паралелна са правцем пружања слојева, износи око 1 km, а ширина му је 100—200 m. Неправилног је облика. Стране и највећи део дна састављени су из наборитог тријаског кречњака. Само у северо-западном крају се изнад кречњака јављају у танким слојевима ситнозрни, лисконовити пешчари. Он је и хоризонт многих слабих извора, чија се вода губи у вратачама“ (**21**, 16).

Селективно-крашке увале јављају се и на Влашкој планини, у Видличу и на Тепошу, на Сврљишким планинама и Калафату. По правилу им је виша страна и један део дна изграђен од вододржљивих стена, најчешће палеозојских шкриљаца и пешчара, затим од пермских црвених пешчара, док су остали делови из кречњака. Све се ове увале одликују појавом сталних мањих или већих понорница а у некима се образују и периодска језера. Мањих увала овог типа има и у нижим пределима, као нпр. у сливу Пека.

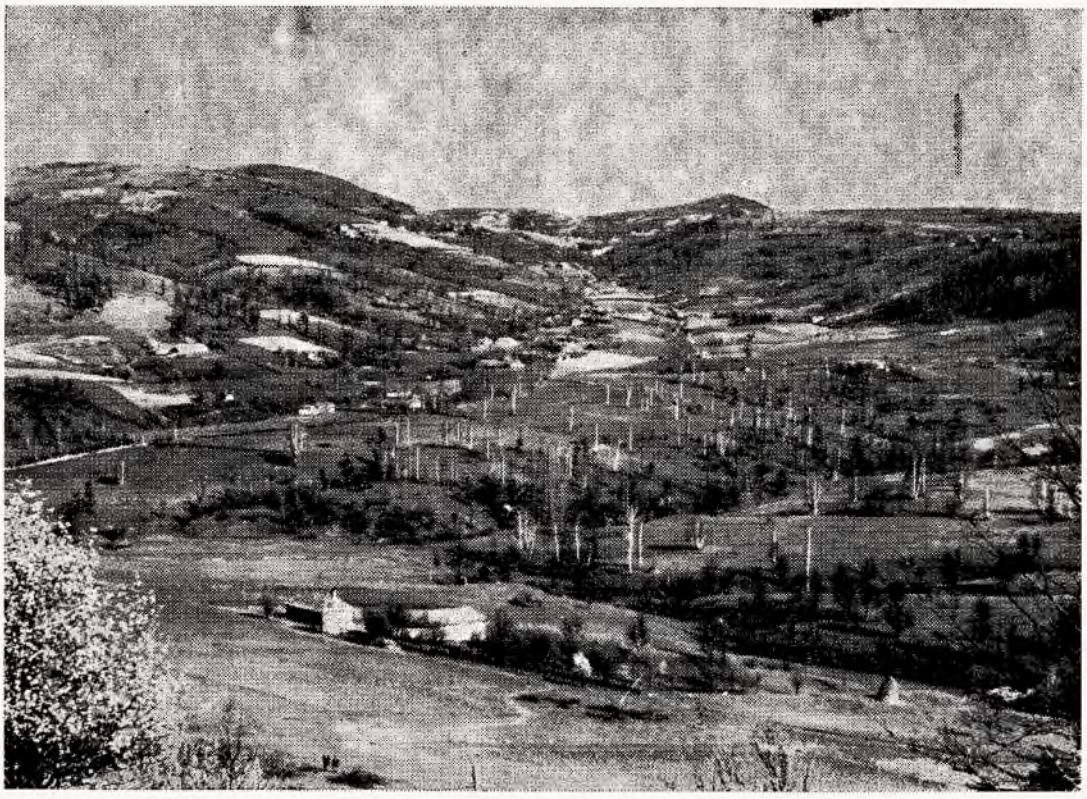
Морфолошка еволуција селективно-крашких увала везује се за почетак скаршћавања и дезорганизацију површинске речне мреже. Отварањем понора у кориту, најчешће дуж контакта палеозојских стена и кречњака, и претварањем кречњачких делова долине у скаршћене а изворишне делове са проширењима у увале. Њихова даља еволуција одређена је палеорељефом и дебљином кречњачких стена, као и положајем понора и дубином подземних пећинских канала. Пропустна моћ понора и канала у првој етапи је мала, због чега се у увалама јављају стална и периодска језера. Са спуштањем и премештањем понора и канала у дубину постепено јачају процеси карстификације као и обурвавања што има за последицу ширење увале. У високопланинским пределима, деловањем ледничке ерозије, још је више наглашен полиморфни карактер свих па и селективно-крашких увала. Палеорељеф је за постанак ових увала, поред дебљине и распрострањености кречњака, основна предиспозиција. У њиховој еволуцији могу се јавити више стадијума а три су основна за преображај ерозионих проширења у увале, и то: флувијална фаза, скаршћевање и селективно-крашка ерозија. При томе је селективна ерозија присутна у свим стадијумима.

Поља у кршу

У плитком кршу Источне Србије поља не представљају усамљену и необичну појаву. Она се јављају врло често али су им димензије, с обзиром на ограничено распрострањење кречњачких стена, мале и скучене. Због тога и немају изглед и одлике великих динарских поља али се по постанку битно не разликују од истих. Заступљена су у свим деловима ове области и у суштини представљају веће селективно-крашке увале.

Дивљаковачко поље. — У међуречју Ресаве и њене највеће притоке Ресаве, непосредно у склопу Кучаја и Бељанице, лежи једно од најинтересантнијих поља у кршу Источне Србије Дивљаковац. Са три стране окружено је ограницима Кучаја, Бабином главом (688 m) са севера, Голом главом (880 m) са истока и југа и Булом (720 m) са југозапада. Дубоком скаршћеном долином повезано је према северозападу са долином Јеловачког потока. Дно поља је на 840 m висине. Дивљаковачко поље има изглед равностраног троугла са базом правца СЗ—ЈИ, наслоњеном на Бабину главу, и дужа оса му износи 5,5 km а краћа 4,5 km. Поље са ободом захвата површину од око 50 km^2. Разбијено и расчлањено дно поља нагнуто је од ЈЗ према СИ и ЈИ ка СЗ.

Геолошки састав Дивљаковачког поља веома је разноврстан. У пољу и његовој непосредној околини јављају се палеозојски шкриљци, пешчари и амфиболити, пермски црвени пешчари, јурски и кретацејски лапорци и пешчари и кречњаци. Обод поља у целини је изграђен, изузимајући предео Буле, од кретацејских кречњака који су делимично навучени преко олигоценскиих језерских творевина. Од герцијарних лапораца и пешчара изграђено је дно поља, а исте творевине јављају се и у југозападном ободу. Пермски црвени пешчари јављају се у суседним долинама док су палеозојски пешчари а амфиболити заступљени на главном гребену Кучаја где се налази и изворишна челенка прекрашке долине. Навучени кречњаци западног и северног обода поља јако су поремећени, разломљени и испресецани пукотинама. Главни расед дуж којег је образовано поље води јужним ободом који је представљен вертикалним и праволиниским одсеком високим око 200 m. Споредни раседи јављају се у скаршћеној долини, под Бабином главом, у Клочаници и на Були. У пределу поља они се укрштају и пресецају са главном раседном линијом.



Фот. 14. Дивљаковачко поље и поглед на Баре
Phot. 14. — Polje de Divljakovac et vue des Bare

Рељеф Дивљаковачког поља је веома сложен и разноврстан. У палеорељефу се истиче стара, скаршћена долина Јеловачке реке са својим композитним одликама, клисурама у горњем и доњем и котлином Дивљаковца у средњем делу. У непосредном рељефу поља истичу се три основна елемента: Висока површ, стрми, вертикални од-

сеци и расчлањена раван поља. Површ која окружује поље, односно у којој је оно усечено, лежи на висини од 640—680 m. Типски је развијена на јужном и источном ободу поља, где је широка 200—400 метара, и разједена је бројним вртачама и шкрапарима. На њој се завршава скаршћена долина Јеловачке реке која се спушта са Кучаја према северозападу. Североисточно од поља у ову површ усечена је кањонска клисура Суваје, односно доњи део долине Клочанице. Између површи и дна поља јављају се стрми, на јужном ободу и вертикални одсеци. Док је одсек на јужној страни типичан раседни дотле су други стрмији делови обода претежно контактни. На странама поља нису изражени никакви подови нити друге заравни сличне терасама.

Дно поља, које је у основи нагнуто од југа према северу, расчлањено је бројним долинама које су оријентисане према одсеку под Бабином главом. Изузимајући долину Баре, која је дугачка око 4,5 km, све остале долинице су дугачке од 2—3 km. Између њих су благе косе и повијарци. У источном делу оне су оријентисане према долини понорнице Изгорске реке, која има мањи и асиметричан слив. Највећи део дна поља припада сливу понорнице Баре која је усечена непосредно уз западни обод поља и такође има асиметричан слив. Развође између ових сливова лежи на релативној висини од 14 метара.

Хидрографске одлике Дивљаковачког поља веома су занимљиве. Иако дно поља захвата релативно малу површину на њему су развијена два засебна слива. Источни део поља одводњава Изгорска (Врелска) река која увире у зјапећи понор непосредно испод главног улаза у Ресавску пећину. Јужни и западни део поља одводњава река Баре која се губи у алувијалним понорима у северозападном делу поља, односно на почетку скаршћене Долине. Реке се хране водом од великог броја извора који избијају дуж источног, јужног и западног обода као и у плитким долиницама. У равни поља постоји богата издан која се хранини од падавина али и из кречњака јужног обода. Најнижи делови поља, у сливу Изгоре и Баре, плављени су од новембра до маја. У западном делу периодско језеро нарасте и до 10 m и тада је дугачко око 800 m а широко 250 m. Може да траје цели зимски период или да се јавља више пута. Периодско језеро испред Изгорских понора је мање и краће траје али се такође може јавити неколико пута с јесени и пролећа.

Постанак поља започео је са скаршћавањем долине Јеловичке реке, једне од највећих притока Ресаве. Још у прекрашкој, флувијалној фази, у области данашњег Дивљаковачког поља постојала је котлина створена дуж раседа. Котлина је била разграната долинама Клочанице и реке Баре а у њој су били сталожени и млађи миоценски седименти. Миоценским а нарочито плиоценским тектонским покретима, када је извршено и навлачење у западном делу котлине, дошло је до скаршћавања горњег дела долине. После те фазе Дивљаковачка котлина представља изворишну челенку скаршћеног тока Јеловичке реке. Најновијим покретима и скаршћавањем дела Долине између изворишног облука Врела Јеловичког потока и котлине она је преобраћена у затворену депресију. У Долини се запа-

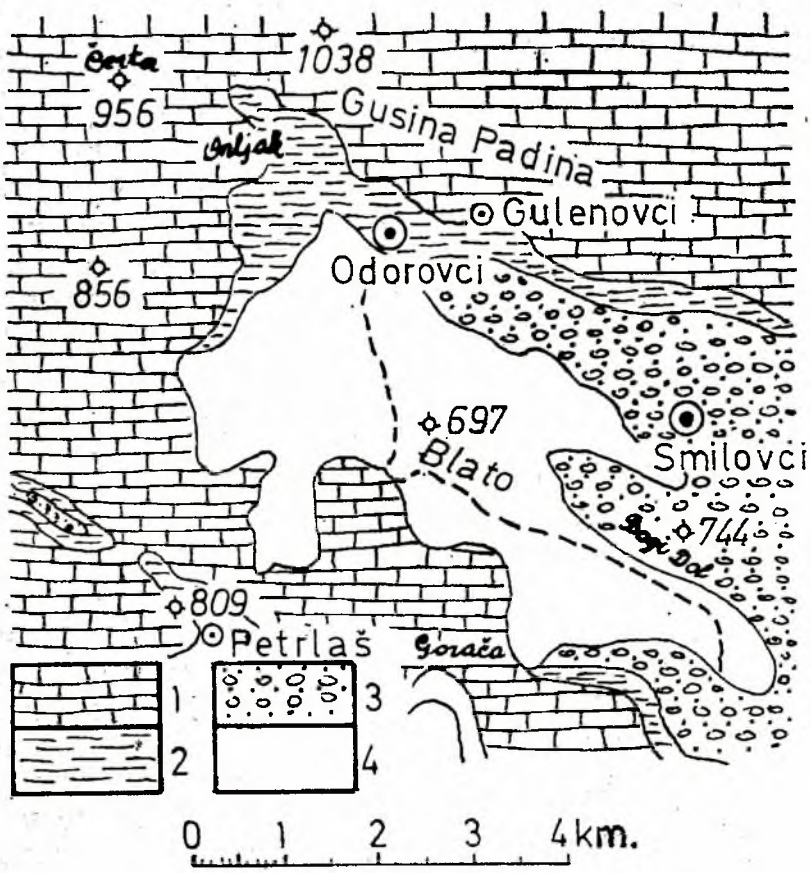
жају три фазе скаршћавања и уназадног померања понора. Даља еволуција поља има две фазе. У првој, која је означена отворима Ресавске пећине, Дивљаковачко поље има јединствену хидрографску мрежу. У другој фази долази до отварања нових понора и поделе слива на Изгорски и Барски. У овим, последњим фазама селективна ерозија дошла је до потпуног изражаја.

Одоровачко поље. — У средишном делу простране крашке и планинске области Видлича, која лежи између долина Височице на северу и Нишаве на југу, налази се Одоровачко поље. Оно лежи непосредно уз граничну област а на крајњем југоистоку крша Источне Србије. Поље се пружа од СЗ—ЈИ и лежи на висини од 680 m. Дно поља у основи је нагнуто од севера према југу а само је јужни нагнут и на ЈЗ. Са севера ограђено је високим кречњачким гребеном планине Видлич (Големи врх 1.371 m), док му источни, јужни и западни оквир представљају гребени и чуке висине 750 m до 900 m, као Беги дел, Горача, Ђурђева глава, Кочине и др. Према истоку поље је од изворишног крака Гинске реке одвојено ниском повијом. У јужни обод раван поља се на више места дубоко увлачи широким затонима. Дужина равни поља износи 7,5 km а највећа ширина је 4,5 km.

Фот. 15. — Одоровачко поље на Видличу. (Снимио П. Оторанов)
Phot. 15. — Polje d'Odorovac sur le Vidlić (Phot. P. Otoranov)

Геолошки састав Одоровачког поља и његове непосредне околине чине углавном мезозојске стене. Најстарије стене, које улазе у састав источног оквира поља, су тријаски шкриљци и пешчари. Око

њих су заступљени јурски шкриљци и пешчари, који се у виду уске зоне подвлаче и под северни обод поља. Највеће распрострањење, међутим, имају кречњаци горње јуре, од којих је претежно изграђена цела област Видлича. Они чине основну геолошку грађу дна поља а ограђују га са севера, југа и запада. Највећим делом Одоровачко поље је испуњено више десетина метара дебелим језерским седиментима. Неогенски седименти представљени су конгломератима, лапорцима и глинама са прослојцима угља. Преко ових творевина наталожен је дебео алувијално-делувијални покривач а у југозападном делу поља и слој тресета.



Ск. 10. — Геолошка карта Одоровачког поља. (Легенда: 1. кречњаци; 2. јурски лапорци; 3. неогени седименти; 4. квартар)

Cr. 10. — Carte géologique du polje d'Odorovac. (Légende: 1. calcaires; 2. marnes jurassiques; 3. sédiments néogènes; 4. quaternaire)

Рељеф поља и његове непосредне околине врло је сложен и разноврстан. На северу се јавља висока антиклинална Видлича а на југу дубоко спуштена Пиротска котлина. Само поље лежи на пространој висоравни Тепоша која је у источном делу јако разорена. У непосредној околини поља издвајају се виша и нижа површ док се у пољу истичу терасе. Виша површ, у којој је поље спуштено, простире се у централном делу Видлича и има висину од 950—1.000 m. То је типична кршка површ са многим вртачама, увалама и скаршћеним долинама. У њој је котлина поља спуштена дуж раседа од којих је северни означен одсецима. Нижа површ висока 800—850 m, заступљена је дуж јужног и западног обода поља. И она је врло ин-

тензивно скаршћена. На источном ободу, који је састављен од шкриљаца и пешчара, ова површ је разорена флувијалном ерозијом и интензивном денудацијом.

У непосредном ободу поља, чије дно лежи за 100—150 m испод ниже површи и оквира, усечене су, изузимајући алувијалну, две терасе, нижа од 15 m и виша од 35 m. Оне су камените, састављене од кречњака, и разривене многобројним вртачама. Раван поља састоји се из централног, вишег и нижег дела, и дубоких продора, затона. Виши део је представљен сједињеном умртвљеном плавином коју су изградили бројни периодски и повремени потоци што се спуштају са северног обода. Нижи део равни је потпуно уравњен, забарен и у њему је усечено корито понорнице Одоровачке реке. Затони се јављају само на јужном ободу. Најдужи је Протопопиначки, који је расчлањен ниским гредицама и хумчићима, а затим Смиловски. У југозападни обод увлачи се дубок затон Петрлаша, широк преко 500 m, где је раван поља најнижа и где се јављају главни понори. Западни оквир поља расчлањен је дубоком скаршћеном валом Тепоша. То је око 10 km дугачка скаршћена долина која избија у Пиротску котлину повише Великог села и Крупачког врела. Њоме је највероватније отицало неогено језеро Одоровачког поља.

Хидролошке одлике поља веома су разноврсне у складу са геолошком грађом и затвореним басеном. У језерским седиментима дна поља јавља се више изданских зона од којих су неке храњене и крашком подземном водом из Видлича. Дуж северног и источног обода поља избијају слаби извори контактног типа. Од њих постају претежно периодски потоци који се губе у равни поља или на плавинама. Одоровачка река, највећа понорница поља, постаје од више мањих потока који се састају испред кречњачког рта Лишја. Она тече јужним ободом поља и пошто прође потес Блато, улази у Петрлашку увалу где се губи у алувијалним и пећинским понорима. Најнижи и централни део поља Блато су плављени. Прве поплаве јављају се у октобру а последње у мају. Бива да најнижи делови поља буду поплављени и у току лета јаким пљусковитим кишама. Око понора поплаве најчешће трају до две недеље а у Блату више од пола године. Воде Одоровачког поља избијају у долини Нишаве.

Постанак поља одвијао се у неколико фаза и више етапа. Одоровачко поље је котлина спуштена дуж раседа правца СЗ—ЈИ. Спуштање је извршено после образовања више површи, односно пре неогена. За време неогена и у плиоцену поље је било испуњено језером које је сталожило дебеле слатководне седименте. Отока језера је у тој фази усекла Тепошку котлину. Крајем плиоцена са отварањем понора у јужном ободу поља прекида се веза између језера у Пиротској котлини и Одоровачког а долина отоке бива изложена скаршћавању. Током језерске фазе усечене су две терасе од 15 m и 35 m. У најновијој фази селективном ерозијом бивају одношени језерски седименти из поља кроз велике пећине на јужном ободу. Истовремено источни оквир поља нападају саставнице Гинске реке, разарају га и знатно снижавају. Већ након повлачења језера нижа површ и те-

расе изложене су просецу карстификације. У садашњој фази виши део поља засипан је плавинским материјалом а нижи еродиран и одношен кроз поноре.

Беровичко поље. — На крајњем југоистоку Источне Србије, у пределу где планине Источне зоне скрећу потпуно на правац запад-исток, и прелазе у Бугарску, између попречних долина Присјанске реке и кањона Јерме, налази се Беровичко поље. Оно лежи између Влашке планине (1.092) на југу и Дренове главе (987 m), Драганара (892 m) и Оштрог камика на северу. Од долине Присјанске реке на западу, одвојено је Камничком гредом (840 m), а од Јерме на истоку, гребеном Колибе (858 m). Поље је у синклинали и пружа се од запада према истоку, на дужини од 8 km, а широко је највише око 800 m. Због оваквог облика више има изглед корутине. Најнижи део поља је на истоку, под Колибама, где његова раван лежи на 740 m висине. Овај део Беровичког поља усечен је у обод за 100—150 m са континуелним нагибом од запада ка истоку или је најшире у западном делу.

Геолошки састав Беровичког поља је сасвим једноставан. Дно му је усечено, изузимајући источни део, у пермским црвеним пешчарима, који се овде показују једном уском издуженом зоном. Од истих стена изграђена је и греда Камнишке стене на западу. Северне и јужне стране поља изграђују кредни, баремски кречњаци. Пречага Колибе, на истоку, састављена је од аптиских кречњака који се јављају у виду мањег уметка. У доњем делу поља, низводно од језера, преко пешчара и кречњака лежи дебео слој тресета.

Рељеф Беровичког поља и његове непосредне околине, као и геолошки састав, прилично је једноставан. Поље се састоји из два котлинаста проширења која су повезана једним уским и дугачким коридором. Горње, Беровско проширење изграђено је у пермским црвеним пешчарима, који високо подилазе под кречњаке Влашке планине. У овом делу поља у рељефу доминирају облици флувијалне ерозије и денудације. Са обода се према дну поља спуштају бројне паралелне долине стрмих страна и великог пада. У овом делу поља јако је заступљена и убрзана ерозија тла па се у равни срећу и плавине. Доње, типично крашко проширење има знатно мирнију пластику. Дно је пространије и потпуно уравњено а кречњачке стране и падине имају благе нагибе и обрасле су вегетацијом. Одсеци се јављају једино у понорском облуку изнад велике јаме Пештерице под Колибама. Са једне и друге стране спуштају се према равни поља бројне скаршћене долине а на гребенима се јављају шкрапари.

Хидролошке одлике поља врло су разноврсне. Језеро у горњем проширењу је једино стално језеро у пољима Источне Србије. За време високих вода оно је дугачко преко 3 km. Тада се пружа све до под Камничку греду и залази у доње токове многих долина. У минимуму дужина му је мања од 500 m. При најмањем водостају највећа дубина језера износи 3,5 m. Тада језеро нема отоку. Стално Беровичко језеро храни се водом из извора, потока и падавина. Губи воду преко отоке која, пошто прође кроз коридор, понире дуж корита у алувијалне поноре. За време максимума и у доњем прошире-

њу поља образује се периодско језеро. Оно траје по више дана а за време изузетно великих вода ниво му нарасте све до главног гротла јаме Пештерице.

Постанак Беровичког поља везан је за сиклиналу правца запад-исток и најмлађе тектонске покрете. У првој фази у сиклинали је деловала флувијална ерозија а велика притока Јерме изграђивала је своју нормалну долину. Интензивним усецањем Јерме, које се јавља као последица отицања неогенског језера из Пиротске котлине, за које време је ова река изградила дубоку кањонску клисуру, поремећени су односи у долини Беровичке реке. Како ова река није могла да прати брзо усецање, због малих вода, долази до њеног скаршћавања. Скоро на самом излазу из долине отварају се под Колибама вертикални понори који означавају почетак крашке фазе. Ова фаза почиње на висини од 860 m, када је долина усечена у кречњацима Колибе скаршћена. Даљи развој Беровичког поља у складу је са геолошким саставом. У горњем делу заступљена је и даље нормална ерозија на пермским пешчарима. Еродирани материјал односи река кроз јаму Пештерицу, и даље кроз пећину Ветрену дупку тако да се поље проширује и удубљује. Прогресивним померањем понорског облука Пештерице поље се продужује и према истоку. Међутим, најновија издизања у кањонском делу Јерме проузроковала су скраћивање отоке јер се јављају све узводнији понори. Истина они могу да приме само мале воде али се подземно њихови канали настављају на велике ходнике Ветрене дупке. Посебан проблем представља постанак басена сталног Беровичког језера. Он је највећим делом у пешчарима али му је источни оквир у кречњацима а објашњава се издизањем кречњака.

ПОДЗЕМНИ РЕЉЕФ

Подземни крашки рељеф у плитком, ограниченом и претежно покривеном кршу Источне Србије показује релативно велику развијеност. На површини од око 3.300 km^2 евидентирано је преко 290 подземних крашких облика. Од укупног броја истражених објеката 134 су пећине дуже од 30 m и 27 јаме дубље од 10 m. Укупна истражена дужина ових објеката износи 43.299 m. Овим је обухваћено и 9 комбинованих јама-пећина и 14 изворско-понорских пећина, тако да укупан број већих објеката износи 184. Осталих 106 мањих или недовољно истражених подземних крашких облика има укупну дужину од 3.240 m, што укпуно износи 46.539 m. Из ових података се види да је подземни крашки рељеф у овој области јако развијен али и да међу подземним крашким облицима преовлађују пећине. Такав однос између пећина и јама одговара општим одликама плитког и ограниченог крша где кречњачке стене имају малу дебљину и где су алогене реке и понорнице врло бројне.

Положај пећина и јама

Крашка подручја Источне Србије подударају се са планинама које су са свих страна опкољене дубоко спуштеним котлинама

или су раздвојене и расчлањене клисурама и кањонима. Таквим рељефом као и геолошким саставом одређен је правац отицања и истицања подземних крашких вода из чега произилази и основни положај пећина. Већина подземних токова организује се у самој кречњачкој унутрашњости док су понорнице везане за слепе долине, увале и поља. Због тога се и највећи број пећина јавља у доњим, излазним деловима подземних токова. То су претежно врелске пећине које су смештене по ободу котлина, у изворишним облуцима, на странама клисура и кањона. Мањи број понорских пећина јавља се на странама затворених депресија. Од укупног броја пећина 109 су врелске а свега 25 понорске. Понорске пећине се, за разлику од врелских, чешће јављају у групама и системима. Врелске су првенствено лоциране у крашким долиницама које се завршавају изворишним облуцима. Скоро редовно се изнад ових облука налазе скаршћене долине које имају висећи положај. Врелске пећине се, међутим, могу јавити и на планинским падинама а да морфолошке предиспозиције нису наглашене. Понорске пећине се редовно јављају у понорским облуцима на завршетку слепих долина или у нижем ободу увала и поља. Врелске пећине у целој области леже ниже од понорских. Најниже се јављају у Ђердапској клисури и Пештерина лежи на око 50 m висине. Највећи број врелских пећина лежи у појасу од 200—400 m. Височије врелске пећине су изузетно ретке а на висинама преко 800 m се уопште не јављају. Највећи број понорских пећина лежи на висинама изнад 400 m и то су области најизразитијих скаршћених долина, увала и поља. Понорске пећине се јављају и на висинама изнад 1.000 m али су прилично ретке.

У положају јама није запажена зоналност, изузимајући понорске, али су присутни одређени елементи у рељефу. Јаме су подземни крашки облици површи и заравни. Оне се јављају у свим висинама на којима се јављају вртаче, увале и скаршћене долине а најчешће су на билима планина која су већим делом уравњена и плећата. И док се пећине показују у нивоу корита река дотле јама у нижим областима по правилу нема. Уколико се и јаве то су плитке јаме, најчешће типа провалија. Понорске јаме се показују у свим висинама на којима се јављају реке понорнице, у слепим долинама, увалама и пољима. Највиша активна понорска јама Ивков понор лежи на висини од 960 m. Највиша јама у кршу Источне Србије налази се под Тремом на Сувој планини и лежи на висини од 1.760 m. У већини јаме су бројно најзаступљеније на крашким заравнима које су испресецане дубоким скаршћеним долинама. У неким од ових долина јавља се и по више јама поређаних у низове. Јаме у групама јављају се само на ободу поља и већих увала. Често су у пољима поређане у више висинских нивоа који означавају старе поноре. У Одоровачком пољу оне су комбиноване са пећинама.

Изглед и величина пећина

Највећи број пећина, понорских и изворских, одликује се једноставним каналима мале дужине. Већина од њих је без већих проширења и најчешће се завршавају сифонским и другим сужењима.

Од укупног броја истражених пећина 38 имају дужину од 100 до 200 m. Само неке од ових пећина имају споредне канале положене најчешће у истом нивоу са главним ходником. Ретке су оне пећине које се показују у два нивоа а уколико се виши канали и јаве најчешће имају изглед вигледских јама. То су махом старије, фосилне пећине чији су главни ходници затворени глиновитим и дробинским материјалом или бигреним и калцитним саливима. У другу групу по заступљености спадају пећине дужине од 50 до 100 m. Има их 33 и скоро све су представљене једноставним каналима. За разлику од претходних, које се најчешће јављају у изворишним облуцима, ове кратке пећине се срећу претежно на странама клисура и кањона. Међу њима су бројније изворске док се понорске срећу врло ретко. Пећина дужине од 200 до 500 m има 30. То су објекти знатних димензија и граће. Сви се они одликују главним ходником из којег се рачвају споредни канали. У склопу главног ходника јављају се мање и веће дворане створене обурвавањем или на ставама двају канала. Канали су често положени у више нивоа а повезани су косим и вертикалним јамама. Овај тип пећина редовно се јавља у изворишним и понорским облуцима али су бројније изворске. Код неких су најнижи хоризонти активне речне пећине док су виши канали фосилни. Овој групи пећина припада и позната Преконошка пећина која се састоји из више ходника, канала и дворана испуњених пећинским накитом и подземним језерима. За разлику од других пећина она лежи на горњој ивици кањона а не у изворишном или понорском облуку. Дужину од 500 m до 1.000 m имају 29 истражених пећина. Оне могу бити састављене од једноставних ходника али и врло разгранате па чак и сложене. Рајкова и Велика пећина у сливу Пека имају једноставне понорско-изворске канале и леже у нивоу река. Пећина Верњикица у кањону Лазареве долине, положена високо изнад његовог дна, има једноставан канал али са више дворана и проширења. Велика Атула у сливу Ресаве се састоји из два канала и једне велике и неколико мањих дворана а њој је слична и Попшичка пећина на северној страни Калафата. За разлику од њих ходници и канали Влашке пећине, у сливу Ресаве, положени су у четири нивоа. Највећи број пећина из ове групе лежи изнад дна речних долина и претежно су фосилне изузимајући Влашку пећину чији су најнижи канали активни (**51. 51., 53.**). Већи број ових пећина, нарочито понорских, лежи у зони контакта између кречњака и палеозојских стена подине. Њима су по изгледу сличне и пећине дужине од 1 km до 2 km којих има, до сада познатих, свега четири, и то су: Паскова, Злотска, Раваничка и Велика пећина. Паскова пећина лежи у скаршћеној долини истоимене реке, у сливу Пека, и састоји се од понорског и изворског дела. Одликује се простим, неразгранатим каналима у којима се јављају само мања ерозиона проширења. Раваничка пећина, у сливу истоимене реке, такође се одликује једноставним изворским каналом из којег се рачва само један значајнији бочни канал (**54**). Велика пећина, у сливу Нишаве, састоји се из неколико канала, од којих је најдужи кањонског изгледа, и једне простране дворане. Све су ове просторије постављене у исти ниво (**55**). Знатно

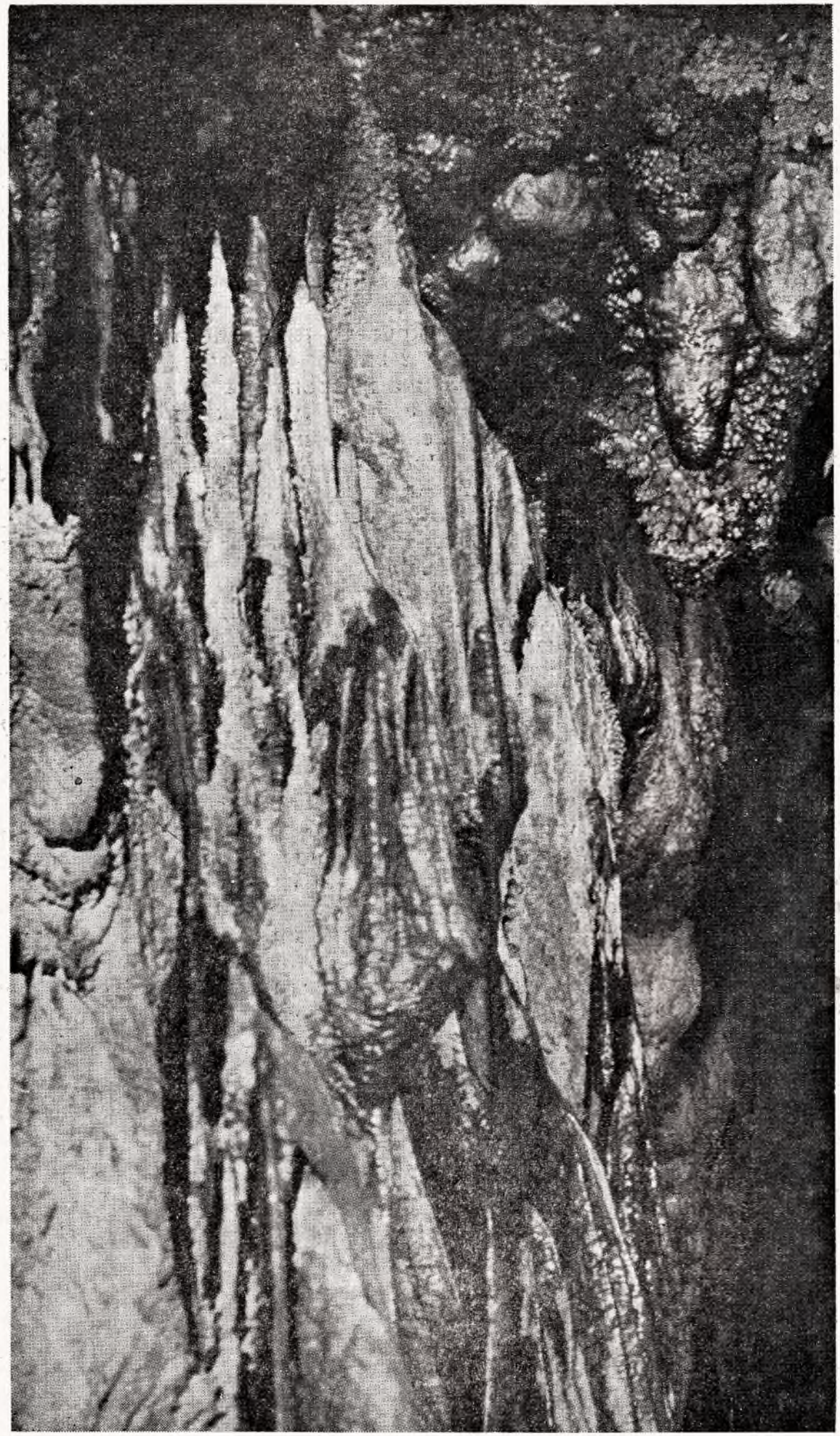
се од њих разликује Злотска пећина. Она има изглед разгранате пећине и састоји се из два главна и више споредних канала, једне велике дворане и неколико мањих проширења постављених у два нивоа (**56**). Скоро све пећине ове категорије леже непосредно изнад речних долина и периодски су или стално активне. Непосредно испод улазних отвора Злотске, Раваничке и Велике пећине избијају стални извори и врела. Изузимајући Паскову пећину, која је и понорска и врелска, све остале су изворске пећине.

У кршу Источне Србије откривено је и делимично или потпуно испитано пет пећина дужих од 2 km. То су Самар, Ресавска, Боговинска пећина, затим Ветрена дупка и Провалија.

Пећина Самар је изграђена у брду Страњаку, крајњем североисточном огранку Калафата, и лежи у сливу Топоничке реке. Испитана је на дужини од 2.820 m. Проходна је од понора Самара, који лежи на висини од 520 m, до Врела Копајкошарске реке, које истиче на висини од 480 m. Речни канал се у горњем делу састоји од више мањих проширења док у доњем делу има изглед подземног кањона. Поред главног канала у састав пећине улази и више споредних од којих је највећи доњи канал који избија у Горњу пећину. На средини брда Страњака налази се улаз у јаму Провалију која у речни канал пећине избија у омањем проширењу. Највећа дворана јавља се непосредно код понорског улаза, који надкриљују високе прерасти, и дугачка је око 38 m, широка до 26 m а висока 18 m. Остале дворане су мање и налазе се на местима где се одвајају споредни канали (**57**).

Ресавска пећина се налази на северној страни Дивљаковачког поља, у међуречју Ресаве и Ресавице, у Бабиној глави, крајњем северном огранку Кучаја. Испитана је на дужини од преко 2.800 m и састоји се из више делова. Главна пећина има улазни отвор на 485 m и почиње широким јамским гротлом дужине око 60 m а ширине до 30 m. Од улаза се настављају дворане и кратка сужења које леже у нивоу улазног отвора. Први спрат се завршава двораном чије дно лежи 14 m испод улазног канала. Други спрат пећине се такође састоји из неколико дворана повезаних кратким и уским ходницима. Све ове дворане леже у истом нивоу. Најнижи канали Ресавске пећине почињу активним понором Изгорске реке који лежи око 30 m испод главног улаза. Овај део пећине има изглед уског кањона у коме се смењују сифони са мањим ерозионим проширењима. Трећи део пећине почиње понором Барске реке а завршава се врелом Јеловачког потока. Изнад Главне пећине, на вишој страни Бабине главе, налазе се улази у три стара понорска канала. Сви су ови улази ступњевито поређани а њихови канали су усмерени према Главној пећини али су тешко проходни (**58**).

Боговинска пећина се налази у источној суподини Кучаја, недалеко од села Боговине, и лежи на висини од 268 m. Испитана је на дужини од 3.517 m. Главни ходник пећине, који се одликује на целој дужини изразитим меандрима, почиње великим лактастим сифоном, дужине 25 m а ширине 10 m. Овај ходник је дугачак 2.600 m а пад каменитог дна износи свега 8,5 m. У првом делу је јако широк, често има изглед издужене дворане, а висина му достиже и до 20 m. Како се у горњем делу проширује има изглед печурке. Северни канал је



Фот. 16. — Накит у Ресавској пећини (Снимио П. Оторанов)
Phot. 16. — Parure dans la grotte de Resava (Phot. P. Otoranov)

најдужи од споредних и испитан је на дужини од 254 m. Остали канали имају мању дужину. На око 2.300 m од улаза почиње канал са подземним током који изразито меандрира напуштајући ходник. Поред ходника и канала овде се јављају и дворане од којих су најзначајније дворана „Постојинске јаме", Обурвана дворана и друге. Подземни ток Боговинске пећине само повремено избија на главни улаз (**59, 60, 61**).

Пећина Ветрена дупка се налази на левој страни долине Јерме непосредно пошто ова напушта кањонску клисуру код села Власи. Испитана је на дужини од 4.150 m а изграђена је у ограницима Влашке планине. Пећина се састоји из два потпуно различита дела, врло дугачког и уског меандарског канала и вертикалне и дубоке јаме Пештерице. Од уског улазног отвора, који лежи на висини од 420 m, почиње каменита дворана дужине око 40 m. Дворана има изглед подземног кањона који је блоковима одвојен од нижележећег канала. Одатле па све до сифонског језера хоризонтални канал пећине има изразит меандарски карактер. На кривинама се јављају мања ерозиона проширења док већих дворана уопште нема. Местимично канал има изглед процепа али све до великог сипара он се постепено пење. Код сипара се налази једини прегиб и одатле је канал испуњен глиновитим материјалом. Сифонски канал са језером дугачак је око 20 m а широк до 3 m. Даље се пећина наставља издуженом двораном испуњеном песковитим и глиновитим материјалом. У овом материјалу усечене су плитке и кратке долинице којима теку периодски потоци. На таваници дворане, високе преко 20 m, избија јама Пештерица. Јама Пештерица, дубока преко 160 m, представља повремен понор Беровичке реке. Узводно од овог отвора налазе се улазни делови још неколико неиспитаних понорских јама. Кроз пећину на испитаном делу протиче понорница Беровичка река која храни сталне изворе и врела у долини Јерме (**62**).

Пећина Провалија се налази на западној страни Калафата и у њој понире Лабуновска река. Улаз у Провалију лежи на 560 m а пећина је делимично испитана на дужини од 4.250 m. Од улаза почиње прилично стрм канал који постепено прелази у омању дворану. Одавде пећински канал има врло мали профил и висина му местимично није већа од 40 cm. Дно му је покривено речним материјалом а таваница је углачана. После више од стотину метара канал се прошири у ходник колебљивих димензија. У целини он има меандарски карактер а на лактовима се јављају мања ерозивна проширења. У другом делу пећина је пространија а главни ходник има већи пад. На овом делу се јављају веће просторије и дворана настала обурвавањем. Испитани део се завршава великом двораном под којом лежи дубока зјапећа јама.

Изглед и величина јама

У плитком кршу Источне Србије јављају се претежно плитке јаме. Од укупно 35 испитаних јама 7 се јавља у комбинацији са пећинама а 28 су праве јаме. Највећи број јама, укупно 10, има дубину од 10—20 m. То су најчешће плитке и једноставне јаме образоване

радом атмосферских вода на пукотинама. Састоје се из једноставног канала који се најчешће завршава омањим проширењем. Уколико ово проширење прерасте у омању дворану, куполастог изгледа, таква јама има облик звекаре. Најчешће се јављају на површима и крашким заравнима а леже на дну или странама вртача и скрашћених долина. Неке од њих имају и улогу локалних понора. Ређе су јаме образоване обурвавањем и оне се редовно јављају у оним вртачама и увалама чија су дна покривена дебелим слојем делувијалног материјала. Суљање растреситог материјала у овим јамама обнавља се после сваког јачег пљуска. За разлику од јама на површима ове се могу јавити и у низовима и најчешће су предиспониране истом раседном пукотином.

У другу групу спадају јаме дубоке од 20—30 m. Има их испитаних 8 а јављају се као и претходне на високим површима и скаршћеним заравнима. Знатно се разликују од првих јер се по правилу састоје из једног вертикалног канала и пространије дворане на дну. Скоро редовно се у вертикалном каналу јављају преломи са мањим или већим платформама под којима су превиси. Најчешће су образоване на једној главној пукотини коју секу споредне пукотине. Чешће су у скрашћеним долинама где служе као повремени понори али их има и на падинама. Отвори јама у скрашћеним долинама најчешће су у елувијалном материјалу док су на странама каменити. Неке од ових јама имају и по два улазна отвора који се непосредно испод површине састају и образују јединствен вертикалан канал. Ове јаме завршавају се мањим или већим дворанама кружног и куполастог изгледа. Дно ових дворана покривено је блоковима и другим обурваним материјалом. Ређе се у њима срећу отвори споредних, најчешће косих канала. Све су ове јаме по правилу звекаре.

Дубину од 30—50 m има 9 испитаних јама, од тога 6 јама је дубоко до 40 m. То су махом сложене јаме а јављају се првенствено на ободу увала и поља, односно у скаршћеним долинама. Састоје се из ступњевитог, коленастог вертикалног канала који се најчешће завршава двораном. За разлику од претходних ове јаме имају и бочне канале, косе или хоризонталне, док неке од њих избијају на таваницама великих пећина. Типичан пример оваквих јама је Провалија која избија у средњем делу пећине Самар. У њу, као и у многе друге, повремено увире река понорница. Редовно су предиспониране раседним пукотинама које пресецају кречњаке све до вододржљиве подине. Неке од ових јама, које имају повољан положај и широко улазно гротло, преобраћене су у леденице, каква је и Леденица на Ртњу.

Само две јаме имају дубину од 50—100 m. Јама у Игришу на Кучају дубока је преко 50 m и налази се у овећој ували. Постала је као активан понор на дубокој раседној линији. И друга јама је у ували и служи као повремени понор. Обе јаме, поред главних, имају и споредне канале и мање дворане. Дворане су створене обурвавањем у оним деловима где главну секу споредне пукотине. У основи се одликују степеницама висине до 20 m и малим полицама а нагнуте су у правцу кретања подземних токова.

Четири јаме имају дубину знатно већу од 100 m. *Ивкова јама* на планини Бељаници испитана је до дубине од 130 m. Налази се на западном ободу увале Речке на висини од 990 m. Од зјапећег гротла, у коме се завршава корито понорнице Речке, почиње вертикална јама са изгледом тектонског процепа. На дубини од око 30 m налази се прва а на дубини од 75 m друга полица. Вертикална јама се спушта до дубине од 120 m где прераста у пространу дворану. Из ове дворане води хоризонталан канал који је затворен сифонским језером. Воде које пониру у Ивковој јами избијају на Малом врелу из простране пећине која лежи на висини од 340 m. Разлика између понорског и врелског отвора износи око 650 m. *Јама Пештерица* се налази на источном ободу Беровичког поља и чини саставни део пећине Ветрена дупка. Од улазног гротла, које лежи на висини од 720 m, до таванице дворане у којој избија Пештерица је дубока 164 m. Пештерица је проста јама јер се од горостасног улаза отвора па све до дна јављају само две мање полице. Доњи део јаме има изглед потпуно вертикалног димњака на чијим се странама виде остаци ерозионих лонаца. Пештерица је још увек активан понор јер у њу, за време високих вода и поплава у доњем делу Беровичког поља, увире један део Беровачке понорнице. *Михајлова јама* се налази у западном делу Кучаја, на потесу Летовишта, непосредно изнад Равне реке. Испитана је до дубине од 167 m. Има два улазна отвора који се непосредно испод површине састају и образују јединствену вертикалну јаму. Прва полица са мањим проширењем јавља се на дубини од око 80 м. На полици су наталожене дебеле наслаге леда под којим почиње други вертикалан спуст са превисом. Друга полица са проширењем налази се на дубини од око 130 m. Из овог проширења јама се спушта косим каналом до омање дворане из које се гранају неиспитани ходници испуњени глиновитим материјалом, дробином и блоковима. Михајлова јама лежи у скаршћеној долини између Некудовских понора и врела у Сисевцу. *Јама Тмница* се налази на северној, скоро вертикалној страни планине Девице, изнад Врела Моравице и Доброг поља. Делимично је испитана али јој дубина сигурно није мања од 200 m. У односу на пећину из које избија повремено врело Моравице Тмница лежи за око 380 m височије. Због тога се може претпоставити да је ова висинска разлика и стварна дубина јаме Тмнице под Девицом.

Главне одлике пећина и јама

Пећине и јаме Источне Србије, размештене на релативно малом простору али велике висинске расчлањености, показују врло различите хидролошке, микроклиматске, седиментолошке и друге особине. Поред висине те су разлике у основним особинама последица и положаја пећина и јама у општем геотектонском склопу појединих области као и старости самих подземних крашких облика. Ипак, на многе од ових особина утичу и грађа и међусобна повезаност и конструкција подземних просторија.

Хидролошке одлике. — Источну Србију одликују појаве великог броја крашких извора а нарочито снажних, издашних врела. Сва ова врела, као и бројни извори, избијају из затворених

или отворених, зјапећих пећина. Већ и сама та чињеница, уз сазнање о постојању на десетине сталних понорница, указује и на хидролошки карактер пећина у овој области. Кроз 46 пећина и јама протичу стални или периодски подземни токови а то је 1/4 од укупног броја пећина. Овако велики број речних, активних пећина ретко се може срести у другим крашким областима. Од тога је чак 9 пећина проточног карактера јер су проходне скоро на целој дужини, од понора до извора. Чак и највеће пећине у овој области, као што су Ветрена дупка и Самар, имају проточни карактер. Од осталих великих пећина једна је понорска, и то Провалија, док је друга Боговинска врелска пећина. Истиче се појава ду су врелске активне пећине нешто бројније од понорских. Међутим, јаме се показују као фосилне изузимајући оне највеће. Пештерица и Ивкова јама су стално активни понори јер се у њима завршавају корита сталних река. Михајлова јама је фосилна док је Тмница под Девицом у свом доњем делу активна. Запажа се да ни једна од плитких јама није активан понор, што је разумљиво ако се зна да леже на високим површима и крашким, безводним заравнима.

Регионална заступљеност речних пећина непосредно указује на карактер крашких области и дубину скрашћености. Идући од југа на север, од Суве планине према Ђердапу, број речних пећина се непрекидно повећава док се дебљина и распрострањеност кречњачких маса смањују. У сливу Нишаве од 36 испитаних пећина и јама само су две активне, речне, и то Велика пећина као понорска и Ветрена дупка као врелско-понорска. У сливу Млаве од 22 пећине и јаме 4 су речне док се у сливу Пека тај број пење на 9 од укупно 17 објеката. Највише речних пећина има у непосредном сливу Дунава у Ђердапу. Овде су од 28 пећина и јама чак 17 речне пећине, првенствено врелске. Све ово показује да се речне пећине јављају првенствено у оним областима где је спуштање подземних токова доспело чак до водонепропустне подине изграђене од палеозојских стена.

Скоро све речне пећине имају велики пад што је последица општег склопа рељефа. Због тога се на подземним токовима јављају чести брзаци и водопади који указују на живу вертикалну ерозију. На другој страни примећује се одсуство већих акумулација, обичних и сифонских језера. Уколико се језера и јаве она су најчешће у излазним, врелским деловима пећина. Тиме се и објашњава појава великог броја узлазних врела од којих су нека чак и ујезерена, као што су врело Млаве, Крупачко и др. Дубоки сифонски лактови у излазним деловима пећина уједно указују да је скаршћавање захватило и кречњаке који леже знатно испод нивоа корита и висине млађих вододржљивих слојева. Иначе, режим пећинских токова у зависности је од висине и расподеле падавина, величине слива и температурних прилика. Закашњавање издашности врела за падавинама, између осталих фактора, последица је и величине и разгранатости пећина. Код проточних пећина, као што је пећина Самар, режим подземног тока у потпуности се подудара са колебањем водостаја на површинским рекама.

Микроклиматске одлике. — Најнижа пећина у Источној Србији лежи на висини испод 100 m а највиша на висини од преко 1.700 m. То је основни разлог да се на овако малом подручју, које има уједначене климатске карактеристике, јаве у пећинама и јамама врло велике микроклиматске разлике. Истина оне су условљене и величином и грађом подземних крашких облика, њиховим положајем у односу на надслој као и хидролошким и другим особинама.

Температуре ваздуха у пећинама и јамама ове области крећу се од —2,8°C до 16,5°C. Најниже средње месечне и средње годишње температуре, са вредностима од 2,5°C до —2,5°C, јављају се у јамама леденицима које леже на различитим апсолутним висинама. Најнижа јама леденица са негативном средњом годишњом температуром, Леденица на Бељаници изнад Сувог Дола, лежи на висини од 620 m. Минимална измерена температура у њој износи —2,3°C а максимална свега 2°C. Највиша температура у леденицама није већа од 2,5°C и ако највиша леденица лежи на висини од преко 1.400 m. Најнижу температуру ваздуха има пећина Леденица у селу Станичењу. У овој пећини, која лежи на висини од 360 m средња годишња температура ваздуха износи 2,8°C, минимална је 1,5°C а максимална 3,5°C. Температура воде која истиче из пећине спушта се и до 1,7°C (**63**). Највише температуре забележене су у пећинама са два или више отвора. Температуре од око 16°C имају многе пећине у сливу Нишаве, Ресаве и Сврљишког Тимока. Међутим, температуре ваздуха у пећинама нормалне конструкције, које имају један улазни отвор а састоје се од ходника, канала и дворана, средње годишње температуре ваздуха крећу се од 11,5°C до 13,5°C. Ретке су пећине у којима се јављају више температуре ваздуха а уколико се и јаве, најчешће у изолованим дворанама, оне не прелазе 14,5°C. Средња годишња колебања температуре ваздуха, изузимајући оне делове пећина и јама који су под утицајима промена температура спољашњег ваздуха, нису већа од 2,5°C. Већа средња годишња колебања примећена су једино у проточним пећинама где се крећу и до 3,5°C. Екстремне негативне температуре, које могу да се спусте и до —8°C, измерене су у пећинама са два или више отвора, као што је напр. Ветрена дупка са Пештерицом у сливу Јерме. Најниже температуре у јамама не спуштају се испод —5,5°C. Температуре са овим вредностима измерене су у Михајловој јами и Леденици на Девици.

Ваздушна струјања се јављају у већини пећина али су најинтензивнија у онима које имају више отвора. Највећа брзина ваздушних струја измерена је у Ветерној дупки — Пештерици. При температури спољашњег ваздуха од —26°C кроз вертикалан канал Пештерице струјао је ваздух брзином од 46 km/čas. Таква брзина условљена је конструкцијом канала јер доњи отвор пећине лежи на висини од 420 m док горњи отвор јаме има висину од 740 m. Уобичајена ваздушна струјања најчешћа су у речним, проточним пећинама. Тако у пећини Самар, током зимске половине године, ваздушна струјања имају средње вредности од око 10 km/čas. У пећинама сложене грађе ваздушна струјања се јављају само у сифонским сужењима и то ближе улазним отворима где нису већа од 5—6 km/čas. У дубљим де-

ловима оних пећина које се састоје од више канала, ходника и дворана владају затишја или су струјања тако мала да их инструменти не могу забележити. Иначе, летња струјања ваздуха из дубљих, нарочито речних пећина, су интензивнија због чега и велики број пећина носи називе ветрена, ветреница, пувара и др.

Влажност ваздуха је уско повезана са хидролошким одликама пећина и јама. Истина она је зависна и од дебљине надслоја као и од појаве подземних стајаћих вода. У речним пећинама, првенствено оним у којима се јављају водопади и брзаци, влажност ваздуха током целе године има вредности од преко 90%. У зимској половини године, када подземне реке носе максималне количине воде, влажност вазудуха се креће од 96—100%. У колебању влажности ваздуха током године запажају се два максимална и два минимална стања. Максимуми се јављају у јесен и пролеће а минимуми крајем лета и средином зиме. Одступања се јављају једино у јамама леденицима у којима се максимум влажности јавља крајем лета а минимум током зиме. Секундарне промене јављају се само у оним пећинама које имају мали надслој због чега на промене у влажности ваздуха утичу и плаховите летње кише. У свим пећинама средња годишња влажност ваздуха креће се од 85—90%, максимална прелази 98% а минимална се спушта до 75%. Најмању влажност ваздуха, која се преко лета спушта и до 60%, имају пећине са више отвора у којима се врши несметана размена ваздуха. Најуједначенију влажност ваздуха, где колебања нису већа од 10%, имају дубоко положене дворане разгранатих пећина. У њима влажност ваздуха колеба од 90—96%. Велику средњу годишњу влажност, која током целе године није мања од 90%, имају и јаме леденице.

Седименти пећина и јама. — Рецентни седименти механичког и хемијског порекла заступљени су мање више у свим пећинама и јамама. У активним, речним пећинама преовлађују флувијални седименти, шљунак, песак и ређе глина. У свим, фосилним пећинама јављају се само наслаге сипарског карактера створене процесом распадања стена. Међутим, у свим пећинама се могу срести и седименти настали обрувавањем. Старост хемијских седимената тешко је одредити и разграничити фосилне од рецентних а они су заступљени такође у скоро свим пећинама и јамама у којима су постојали повољни услови за њихово излучивање. То су првенствено наслаге калцита и бигра. Палеоседименти се срећу само у старијим пећинама и јамама без обзира да ли су ове активне или фосилне.

Механички седименти од највећег значаја за еволуцију пећина и јама представљени су глинама. Пећинске глине се јављају само у подземним крашким објектима ранијег, предилувијалног настанка и фосилизације. Оне су таложене после престанка речне фазе у пећинама. Свуда су лепо стратификоване, шкриљаве структуре, са листовима дебљине до 1 mm. Често испуњавају читаве пећинске просторије и дебљина им се креће и до 24 m. Ретко се у овим глиновитим и глиновито-песковитим наслагама могу срести и песковити прослојци. У неким пећинама ове су наслаге однете скоро у целини а само су се поједине партије задржале у шупљинама и на полицама. Пре-

тежно су црвене боје али се срећу и прослојци сиве боје. Оне најчешће покривају и велике кречњачке блокове настале обрувавањем. У неким пећинама у њиховој подини се могу срести и речни седименти.

Хемијски седименти се јављају у свим пећинама и јамама, без обзира на њихову хидролошку активност, у којима су постојали погодни услови за њихово излучивање. Они се показују у виду бигрених салива и других пећинских украса састављених од калцита. Хемијским седиментима најбогатије су пећине које леже изнад 400 m док је горња граница њиховог јављања 800 m. Чињеница да се хемијски седименти јављају и у речним пећинама објашњава се њиховом старошћу. Многе речне пећине су врло старе али како леже у зони контакта кречњака и палеозојских водоодржљивих стена не могу се развијати у дубину. Тако се моћни хемијски седименти срећу чак и у проточној пећини Самар док се саливи дебели и више од 20 m јављају у понорској, активној пећини Церемошњи. И поред тога у појављивању хемијских седимената показује се извесна правилност, нарочито код вишеспратних пећина. У горњим, старијим спратовима хемијски талози су заступљенији. Са друге стране, у пећинама где је механичка ерозија интензивна ових талога уопште нема. У свему пећине и јаме Источне Србије врло су богате пећинским накитом који је представљен различитим облицима и бојама, што није одлика динарског холокарста.

Типови пећина и јама

Према ранијим схватањима сви подземни крашки облици у Источној Србији деле се на пећине и окапине (поткапине). Пећине се затим деле на речне и суве пећине (**64**, 18). Морфолошки посматрано пећине и јаме у овој области припадају различитим типовима и ако, при томе, остаје и основна хидролошка подела на речне и суве.

Просте пећине су најбројније у кршу ове области. Близу 200 пећина, од чега су 106 краће од 30 m, састоји се из једноставног канала у коме се не јављају никаква проширења. Ове пећине се јављају свуда али су најчешће на странама клисура и кањона. То су врло често и дуже окапине најчешће предиспониране једном већом пукотином а стваране радом процедних вода из најближег кречњачког подручја. Оне могу бити дугачке од неколико десетина до више стотина метара. *Разгранате пећине* састоје се из главног ходника и једног или више споредних канала положених у истом нивоу. Основна одлика овог типа пећина је та да се у њиховој грађи не јављају већа проширења, односно дворане. Овом типу припадају многе пећине у Источној Србији између којих је и Раваничка пећина дугачка преко 1.000 m. *Сложене пећине* су врло бројне у овој области. Њихова главна одлика је у томе што се пећински ходници комбинују са дворанама и другим просторијама из којих се рачвају слепи и споредни канали. Сви ови облици по правилу се налазе у истом нивоу. Овом типу пећина, између осталих, припадају и Преконошка, Попшичка, Радошева пећина и др. *Пећински системи* се састоје из две

или више сложених пећина поређаних у различите нивое који су међу собом повезани вертикалним и косим јамама. Овом типу пећина припадају Одоровачке пећине, Ресавска пећина, Влашка пећина и др. То су најчешће врло сложене и разгранате пећине чији су горњи спратови суви док најнижим ходницима и каналима протичу стални или периодски токови.

Према положају у односу на подземни ток све се оне могу сврстати у две групе, врелске и понорске. *Врелске пећине* су бројније а од највећих њима припадају Боговинска и Раваничка пећина, као и пећински систем Влашке пећине. *Понорске пећине* су најчешће сложене са више отвора поређаних у различите нивое. Највеће међу њима су Одоровачке пећине, које представљају врло сложен систем, затим пећина Провалија, Церемошња и др. У посебну групу могу се сврстати *проточне пећине*, које припадају и једном и другом типу, као што су велике пећине Ветрена дупка и Самар.

Према општем изгледу јаме се могу сврстати у два типа. *Просте јаме* се састоје из једноставног вертикалног канала, неограничене дубине, који се може завршити пукотином или омањом двораном. Како се највећи број јама у кршу Источне Србије, дубине 10—30 m, завршава омањом двораном оне уједно припадају и *типу звекаре*. *Ступњевите јаме* се одликују преломима на вертикалном профилу и полицама са превисима. Такве јаме су ређе али су уједно то и најдубље јаме у овој области. Типу ступњевитих јама припадају, између осталих и Ивкова јама, Пештерица и Михајлова јама, све три дубље од 150 m. У њиховом саставу се на преломима јављају и мања проширења ерозивног постанка од којих нека имају изглед дворана.

И јаме, се могу, према начину постанка, поделити на корозивно-апсорпционе и понорске. *Корозивно-апсорпционе* јаме се јављају на крашким површима и високим заравнима а леже на дну или странама вртача и увала. Њима припадају и *јаме леденице*. То су уствари јаме звекаре које имају широко улазно гротло, најчешће искошен канал са превисом и заклоњену кружно-куполасту дворану. *Понорске јаме* се јављају на ободу поља и увала. Створене су радом река понорница а могу бити активне и фосилне. У прве спада Ивкова јама на Бељаници а у друге Михајлова јама на Кучају.

ХИДРОЛОШКО-МОРФОЛОШКИ РАЗВОЈ

Основу за развој крашког процеса у Источној Србији пружили су повољни геолошки и климатски услови. Меозојски кречњаци, који садрже велики проценат $CaCO_3$, захваћени олигомиоценским убирањем испресецани су бројним и разноврсним пукотинама. Главно убирање, издизање и навлачење започело је после голта а завршено почетком неогена. У миоцену је започела нова орогенетска фаза која се наставља све до краја плиоцена а манифестује се новим навлакама и епирогенетским издизањем планинских делова. Овим покретима створене су основне тектонске црте рељефа Источне Србије са специфичном, алписком структуром. У таквом рељефу током целог неогена доминирају котлинска језера.

Климатске прилике су се, као други предуслов развоја крашког процеса, током ових тектонских збивања непрекидно мењале. Горњеолигоценска клима је топла и влажна. У доњем миоцену она је још топлија и знатно влажнија док је у средњем миоцену суптропска са изразитом влажношћу. Касније, у сармату па све до прве половине панона, над овим областима влада нешто сувији климатски варијетет. У понту клима је умерено-континентална и знатно влажнија од претходне док се у плеистоцену смењују хладнија и топлија, односно сувља и влажнија доба. Најзад, данашња клима, са умереним температурама и релативно малим падавинама, још слабије погодује развоју крашког процеса. У свему, топлије и влажније климатске периоде убрзавале су а хладније и сувље успоравале крашки процес, односно хидрографско-морфолошку еволуцију кречњачких терена Источне Србије.

Сагласно са издизањем и стварањем планина и климатским променама мењали су се и еколошки и педолошки услови који су такође од значаја за интензитет крашког процеса. Током миоцена и плиоцена, због климатских промена, вршено је и смењивање вегетације. У I медитерану област је била покривена биљним састојинама са ксерофилним особинама док у II медитерану доминирају влажни шумски облици суптропских области ловоровог типа. У сарамату су распрострањене мешовито суптропско-тропске шуме које су касније, због осувљења климе, осиромашене. У влажнијим долинским пределима била је развијена галериска шума састављена од зимзелених облика док је на висинама била заступљена вегетација савана. У панону езгистују листопадне и зимзелене шуме док у понту доминирају листопадно-летизелене шуме. за време плеистоцених глацијалних стања горња граница шуме спуштала се и за 1.400 m у односу на данашњу висину. Све је то утицало и на развитак и заступљеност тла које је у топлијим и влажнијим периодима било заступљено дебелим наслагама црвенице образоване интензивним растварањем кречњака.

Хемијско, растварачко деловање атмосферских вода над калцијум-карбонатом, теоретски, почиње оног момента када кречњаци буду изложени утицају спољашњих сила. Хидролошко-морфолошка еволуција крша, међутим, започиње са изграђивањем површинских и подземних крашких облика. У Источној Србији, према реалним чињеницама, она је започета још у олигоцену, управо знатно пре миоцена. У предмиоценском добу интензивном карстификацијом били су захваћени чак и предели који леже на висини од око 700 m. То значи да су више кречњачке области, у првом реду површи изнад 1.000 m висине, биле захваћене карстификацијом знатно раније. На овакав закључак упућују миоценске језерске наслаге са угљем које су сталожене у крашким депресијама, вртачама и увалама. У западним деловима планине Бељанице и Кучаја миоценске језерске творевине испуњавају многе депресије које леже на апсолутним висинама од 720—740 m. Како су баш ова подручја издизана и током плиоцена може се претпоставити да је карстификација старија од миоценске трансгресије захватила чак и ниже кречњачке пределе од 700 m висине. Виши предели су, без сумње, били већ дубоко скар-

шћени јер највиша крашка површ Валожје лежи на висини од 1.400 m док се висина уравњених кречњачких била многих планина креће од 1.000—1.200 m. На овакав закључак упућују и речни седименти, првенствено песак и шљунак, који се срећу у крашким депресијама на Валожју а који воде порекло од шкриљаца и пешчара из изворишног облука Црвене реке.

У миоцену хидролошко-морфолошка еволуција крашких терена Источне Србије била је делимично заустављена. Највише абразионе терасе показују да је неогенска трансгресија покрила највећи део ове области јер се ниво језера пео све до висине од 940 m (**65**, 189). Језерски седименти, међутим, нису утврђени на висинама изнад 760 m где су очувани у крашким депресијама. На планинским странама и падинама они се пењу до 550 m висине, али то не значи да нису имали још виши положај. Изразито стрме планинске стране пружале су повољне услове за спирање и одношење јерезских глина и пескова. Па и тада, за време највишег стања језерског нивоа, скоро сви планински венци и гребени, као и високе површи, које доминирају у рељефу нарочито јужних делова Источне Србије, били су изложени деловању крашког процеса. На такав закључак упућује и сазнање да су ови предели били захваћени новим тектонским покретима после таложења миоценских седимената. За време пиринејске и староштајерске фазе извршено је у области Сењско-ресавског басена, значи на западном ободу Источне зоне млађих веначних планина, навлачење пермских црвених пешчара и мезозојских кречњака преко аутохтоног доњег миоцена (**66**, 78). Навлачења су утврђена и у Црноречком басену у коме су мезозојски кречњаци покрили делове андезитског масива. Уз све то читава средишна област била је изложена непрекидним епирогенетским издизањем док су се суседне, долинске области на истоку и западу спуштале.

Сплашњавање неогеног језера изазвало је поново оживљавање крашког процеса. Већ у плиоцену крашким процесом били су захваћени чак и они кречњаци који нису били изложени карстификацији из доба премиоценске трансгресије. Заједно са исчезавањем језера из котлина Источне Србије, због повољних климатских услова, у првом реду високих падавина, врши се и интензивно спирање и одношење језерских седимената. Тим процесом оголићују се и излажу деловању спољашних сила све дубље партије кречњака. У овој фази долази до пуног изражаја и велика висинска расчлањеност ове области што још више убрзава вертикалну ерозију. Спуштање и премештање подземних токова у дубину доводи до наглог развоја подземних крашких облика док је површинска крашка ерозија и даље најбоље заступљена на високим заравнима и планинским билима. Стрме планинске стране не пружају повољне услове за изграђивање површинских крашких облика па се зато на њима образују издужене, коритасте утолеглице док се на вертикалним одсецима образују шкарпе. Због великог спирања и одношења растреситог покривача планинске стране све више добијају изглед специфичних шкрапара.

Нова фаза у хидролошко-морфолошкој еволуцији кречњачких терена Источне Србије наступила је у плеистоцену. Истина дилувијалном глацијацијом нису биле захваћене планине ове области али су прекиди у карстификацији, због ниских температура, били неминовни. На највишим планинама негативне температуре трајале су и до 7 месеци и за то време су вршене снажне акумулације. Тако велике количине снега утицале су за време кратког лета на врло интензивно спирање тла и његову акумулацију, у виду глина, у пећинама и јамама. Овакав процес био је још очигледнији у међуледеним добима када су простране подземне шупљине биле потпуно испуњење црвеницом. Таквим процесима, уз интензивно оголићавање, спране су и однете моћне наслаге црвенице образоване на површини током топлијих и влажнијих периода.

Крш Источне Србије одликује се особеном хидролошко-морфолошком еволуцијом што је у основи последица специфичне геолошке грађе, тектонског склопа и рељефа. Он нема изглед и особине безводних холокрашких области, каменитих полупустиња већ се одликује бројним површинским токовима, рекама понорницама, изворима и јаким крашким врелима и прилично очуваном шумском вегетацијом. За разлику од површинске заступљености крша и крашких облика у кречњацима ове области извршена је скоро потпуна дубинска карстификација. Највећи број крашких извора а поготову јаких врела избија у контактној зони. То упућује на оправдан закључак да је дубинска карстификација доспела у завршну фазу свог развитка. И заиста, највећи број подземних токова протиче пећинама које леже на додиру кречњака повлате и палеозојских стена подине. То је и главни разлог да се велики број извора и врела јавља високо на долинским странама и планинским падинама. Изузетактак чине југоисточни предели, Сува, Сврљишке и друге планине, у којима подземни токови, због велике моћности кречњака, нису доспели до вододржљиве подине. У већем делу Источне Србије, нарочито северно од Црноречке котлине и долине Ресаве, спуштање и премештање подземних токова у дубину је завршено. Појава великог броја извора а нарочито снажних крашких врела указује на разбијеност подземних токова са ограниченим сабирним областима. Томе доприноси и велики број река понорница које се јављају у увалама, пољима и скаршћеним долинама. У котлинама испуњеним језерским седиментима крашка врела избијају најчешће у суподини околних планина. Њихова појава условљена је загатом од вододржљивих неогенских седимената (**67**, 76). Међутим, овакав загат има само релативан карактер. Највећи број ових врела хране пећински подземни токови чији се излазни сифонски лактови спуштају за више десетина метара не само испод висине језерских седимената већ и испод корита суседних река (**68**, 17). Нека од пећинских врела у Бердапској клисури, у Великом и Малом Казану, имају сифонске лактове који се спуштају знатно испод нивоа Дунава (**69**, 14). Све ове чињенице показују да хидролошка и дубинска морфолошка еволуција кречњачких терена није ограничена положајем млађих, језерских седимената нити њиховом висином. Без обзира што се језерске стене наслањају на падине и стране кречњачких планина

до занатних висина, хидролошко-морфолошка еволуција се обавља и даље премештањем подземних токова у дубину. Истина, дубинска карстификација се у овим околностима обавља под специфичним условима али са основном тенденцијом спуштања и премештања подземних токова све до водонепропустљиве подине. Најзад, уочљива је и чињеница да су језерски седименти спрани са планинских страна баш у пределима где избијају извори и врела и да у изворишним облуцима имају најнижи положај.

Подземни крашки рељеф се одликује појавом великог броја пећина и јама. То је директна последица велике разбијености подземних сливних, сабирних подручја и самосталних подземних токова као и дубоке скаршћености. Највећи број пећина изградили су самостални подземни токови али најдуже пећине и пећинске системи, као и најдубље јаме припадају понорским системима. Велика висинска расчлањеност рељефа условила је брзу дубинску карстификацију, спуштање и премештање подземних токова, због чега се и не јављају пространи пећински системи већ једноставне и врло дугачке пећине. Системи су заступљени једино код понорских система и то на ободу крашких поља или већих увала. Из истих разлога и све понорске јаме имају велику дубину јер су растојања између понора и врела сасвим незнатна, најчешће мања од 5 km. Јаме су првенствено подземни крашки рељеф високих површи и заравни. На основу положаја, изгледа и мале дубине закључује се да су настале радом понирућих вода са стране вртача или мањих увала. Процеси обурвавања и таложења привилегија су већих пећина.

Површински крашки рељеф у потпуности је развијен и заступљен свим облицима. У његовом општем изгледу доминирају полиморфни облици у првом реду слепе долине. Оне се јављају свуда, на површима и високим заравнима, на планинским билима и падинама. Најбројније су у рељефу оних планина чија су највиша била и врхови изграђени од вододржљивих, палеозојских стена. На високим површима оне су преобраћене у уске и вијугаве увале типа валога. Поред шкрапа, шкрапара и камењара у рељефу високих заравни доминирају вртаче различитих димензија и облика. Између њих су типични шкрапари што општем изгледу високих површи даје облик љутог и безводног крша. У пластичнијем и немирнијем рељефу поред вртача најважније место заузимају увале различитог начина постанка. Типичне крашке увале јављају се једино на високим површима. У осталим кречњачким пределима доминирају селективно-крашке и крашко-селективне увале. Њихова појава и заступљеност најтипичније представљају специфичан крш Источне Србије. Најзад, и у плитком и ограниченом кршу ове области јављају се и поља. То су типичне селективно-крашке морфолошке творевине везане првенствено за промене у геолошком саставу. Као и највећи број увала и поља леже у старим, скаршћеним долинама. У почетном, флувијалном стадијуму она су представљала мање котлине које су касније преобраћене у затворене депресије. У еволуцији неких поља јављају се и језерске фазе. Дебели језерски седименти потврђују дуготрајност егзистовања језера што оправдава појаву ступње-

вито поређаних заравни дуж понорског обода поља. У неким пољима после скаршћашања јавили су се самостални хидрографски системи који управљени према различитим понорским зонама изграђују засебне речне басене. Све ове појаве, хидрографске и морфолошке, дају плитком и ограниченом кршу Источне Србије посебно обележје издвајајући га од осталих крашких области код нас и у свету.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gavrilović D.: **Ein Beitrag zur Kenntins des Karstes in Serbien**, Naše jame, VII, Ljubljana, 1965.
2. Петковић В.: **Геологија Источне Србије**, Посебна издања СКАН, књ. CV, Београд, 1935.
3. Протић, Петковић и Милојевић: **Тумач за геолошку карту листа „Пирот“**, Посебна издања Геолошког института, Београд, 1932.
4. Петковић В.: **О тектонском склопу Источне Србије**, Глас СКАН, CXL, Београд, 1930.
5. Петковић К.: **Геолошки састав и тектонски склоп Суве планине**, Посебна издања СКАН, Београд, 1930.
6. Милић Ч.: **Главне одлике краса Суве планине**, Зборник радова Географског института „Јован Цвијић“, књ. 18, Београд, 1962.
7. Сушић З.: **Прилог за познавање геолошког састава Озрена и Девице (Источна Србија)**, Геолошки анали Балканског полуострва, књ. XXI, Београд, 1953.
8. Жујовић Ј.: **Геологија Србије I део**, Посебна издања СКАН, Београд, 1893.
9. Луковић М.: **Постшаријашки покрети у Источној Србији**, Весник геолошког иниститута, књ. VI, Београд, 1938.
10. Петковић В.: **О геолошком саставу и тектонском склопу југоисточног дела Тимочког басена**, Глас СКАН, CXLI, Београд, 1933.
11. Renijer H.: **Die Niederschlagsverteilung in Südeuropa**, Mémories la Société de Geographie, Beograd, 1933.
12. Милосављевић М.: **Температурни и кишни односи у НР Србији**, Годишњак шумарског факултета, бр. 8, Београд, 1950.
13. Vujević P.: **Podneblje FNR Jugoslavije**, Arhiv za poljoprivredne nauke, VI, Beograd, 1953.
14. Милић Ч.: **Прилог познавању генезе црвенице на Сувој планини**, Зборник радова ГИ САН, књ. 16, Београд, 1959.
15. Woltsted P.: **Das Eiszeitalter, Grundlinien einer Geologe des Quartäre**, I, Stuttgart, 1954.
16. Пантић Н.: **Биостратиграфија терцијарне фауне Србије**, Геолошки анали Балканског полуострва, XXIV, Београд, 1956.
17. Павићевић Н.: **Типови земљишта на Сувој планини**, Земљиште и биљка, II 1, Београд, 1953.
18. Дуњић—Јовановић Р.: **Пашњаци и ливаде на Сувој планини**, Архив за пољопривредне науке, XI, Београд, 1958.

19. Јовановић Б.: **О шумама Србије почетком XIX века,** Посебна издања СГД, св. 32, Београд, 1954.
20. Цвијић Ј.: **Пећине и подземна хидрографија у Источној Србији**, Глас СКАН, XLVI, Београд, 1895.
21. **Цвијић Ј.: Извори, тресаве и водопади у Источној Србији,** Глас СКАН, LI, раз. I, Београд, 1896.
22. **Цвијић Ј.: Сува планина и карст Валожја,** Гласник СГД, св. 1, Београд, 1912.
23. Петровић Ј.: **Извори и врела на северним падинама Сврљишких планина и њихов значај,** Зборник радова ГИ Природно-математичког факултета, св. IV, Београд, 1957.
24. Петровић Д.: **Слив Црног Тимока,** Посебна издања ГИ „Јован Цвијић", књ. 22, Београд, 1970.
25. Петровић Ј.: **Праћење подземног тока понорнице Самар,** Зборник радова Философског факултета, XI/2, Нови Сад, 1968.
26. Милић Ч.: **Слив Пека, Посебна издања ГИ САН, књ. 9, Београд, 1956.**
27. Петровић Д.: **Брезовица, прилог морфогенези рељефа западног Кучаја**, Гласник СГД, св. XLIII, бр. 2, Београд, 1963.
28. Јовановић П.: **Загађени карст**, Зборник радова посвећен Јовану Цвијићу, Београд, 1924.
29. Луковић С.: **Хидролошки проблеми рудника Боговине** (рукопис).
30. Цвијић Ј.: **Географска испитивања у обалсти Кучаја,** ГАПБ, књ. 5, Београд, 1891.
31. Петровиић Д.: **Слив Злотске реке,** Зборник радова ГИ САН, XXXIX, књ. 7, Београд, 1954.
32. Лазић А.: **О кршу на Бељаници,** Гласник СГД, XXVIII, бр. 1, Београд, 1948.
33. Петровић Ј.: **Извори и врела на Сувој планини и њихов значај,** Зборник радова ПМФ, књ. 1, Београд, 1954.
34. Петровић Ј.: **Утврђене подземне хидрографске везе у кршу Србије,** Зборник радова Института за проучавање крша „Јован Цвијић", књ. 1, Београд, 1955.
35. Милојевић Н.: **Хидрологија Големог врела у Доњој Студени,** Геолошки анали Балканског полуострва, књ. XXVIII, Београд, 1961.
36. Републички хидрометеоролошкии завод, **Хидрометеоролошки подаци за Шетоњско врело.**
37. Милић Ч.: **Лужничка врела, прилог климатској морфологији краса**, Зборник радова САН LXXII, ГИ књ. 17, Београд, 1960.
38. Петровић Ј.: **О температури врела Леденце у Станичењу,** Заштита природе, 34, Београд, 1967.
39. Милојевић Н.: **О могућности снабдевања водом градова Параћина и Ћуприје,** Геолошки анали Балканског полуострва, XXIX, Београд, 1962.
40. Завод за геолошка и геофизичка истраживања, **Подаци о протицају и температурама врела** (документација).
41. Петровић Ј.: **Пећина Самар,** Заштита природе, 28, Београд, 1957.
42. Милојевић С.: **Нишка Бања, хидролошке појаве и проблеми,** Зборник радова Института за проучавање крша „Јован Цвијић", књ. 2, Београд, 1957.
43. Милојевић Н.: **Хидрогеологија Пиротске Бањице,** Зборник радова Рударско-геолошког факултета, св. 11—12, Београд, 1970.
44. Марковић Ј.: **Природне реткости Хомољске котлине,** Заштита природе, 21—25, Београд, 1962.
45. Гавриловић Д.: **Интермитентни извори у Југославији,** Гласник СГД, св. XLVII, бр. 1, Београд, 1967.
46. Милојевић С.: **Природно пресушивање крашких врела,** Гласник СГД, св. XXXIII, бр. 2, Београд, 1953.
47. Милић Ч.: **О појави одсека у југословенском красу,** Зборник матице српске за природне науке, св. 23, Нови Сад, 1962.

48. Lehmann H.: **Morphologische Studien auf Java.** Geographische Abhandlungen, III, 9, Stuttgart, 1953.

49. Гавриловић Д.: **Реликти купастог краса у Карпатско-балканским планинама Југославије,** Зборник радова ГИ „Јован Цвијић", бр. 23, Београд, 1970.

50. Гавриловић Д.: **Прилог познавању тектонске структуре планине Бељанице,** Гласник СГД, св. XLVI, бр. 1, Београд, 1966.

51. Петровић Д.: **Пећина Верњикица,** Зборник радова ГИ „Јован Цвијић", књ 19, Београд, 1964.

52. Петровић Ј.: **Попшичка пећина,** Зборник радова Института за проучавање крша „Јован Цвијић", књ. 1, Београд, 1955.

53. Gavrilović D.: **Bogovinska pećina,** Naše jame, 11, Postojna, 1960.

54. Петровић Д.: **Раваничка пећина,** Зборник радова ГИ ПМФ, св. XV, Београд, 1968.

55. Петровић Ј.: **Велика пећина,** Пиротски зборник, књ. 4, Пирот, 1972.

56. Петровић Д.: **Злотска пећина,** Зборник радова Института за проучавање крша, књ. 2—3, Београд, 1958.

57. Петровић Ј.: **Пећина Самар,** Заштита природе, бр. 6, Београд, 1956.

58. Petrović J.: **Resavske pećine,** Turistička štampa, Beograd, 1970.

59. Милојевић С.: **Појава и проблеми крша,** Посебна издања СКАН, CXXIII, Београд, 1933.

60. Petrović D.: **Bogovinska pećina,** II jugoslovenski speleološki kongres, Zagreb, 1961.

61. Pretner E.: **Prekonoška pećina,** Naše jame, 1, Postojna, 1959.

62. Петровић Ј.: **Пећина Ветрена дупка,** Пиротски зборник, 2, Пирот, 1969.

63. Петровић Ј.: **Одоровачке пећине,** Зборник радова Природно-математичког факултета, бр. 1, Нови Сад, 1970.

64. Цвијић Ј.: **Подземна хидрографија и морфолошка еволуција краса,** Посебна издања СКАН, св. 34, Београд, 1957.

65. Цвијић Ј.: **Ртањ,** Гласник СГД, св. 2, Београд, 1912.

66. Максимовић Б.: **Геолошки и тектонски односи угљеног терена Сењско-ресавских рудника и његовог обода,** Геолошки институт „Јован Жујовић", Београд, 1956.

67. Јовановић П.: **Загађени карст ипак постоји,** Гласник СГД, бр. XXXV, св. 1, Београд, 1955.

68. Петровић Ј.: **Примедбе на теорију о загађеном карсту,** Гласник СГД, бр. XXXV, св. 1, Београд, 1955.

69. Петровић Ј. — Бугарски Д.: **Пећине и јаме у Бердапској клисури и на Мирочкој површи,** Зборник радова матице српске за природне науке, бр. 32, Нови Сад, 1967.

Résumé

LE KARST DE LA SERBIE DE L'EST

Les régions karstiques de la Serbie de l'Est occupent une superficie de 3.321 km² ou 19 p. 100 de la superficie de cette province. Elles se rattachent à l'arc de montagnes Karpato-Balkaniques et s'étendent du defilé de Đerdap (Portes de Fer) au nord jusqu'à la montagne de Suva planina au sud. Elles n'ont pas l'apparence d'une zone karstique unie, mais sont plutôt limitées aux montagnes qui sont isolées et séparées l'une de l'autre par les bassins d'effondrement et les défilés. La région montagneuse entière et très articulée et disséquée et les hauteurs des montagnes s'accroissent graduellement en allant du nord vers le sud où, sur la montagne susmentionnée de Suva planina, il apparaît le sommet le plus élevé de la région, Trem avec une altitude de 1.808 m.

La base pour l'évolution du karst est constituée par les calcaires mésozoïques, pour la plupart crétacés. Ils forment toutes les croupes etcrêtes de montagnes. Ils sont très purs, ils coniennent même jusqu'à 99% de $CaCO_3$, exceptionnellement plissés, chevauchants et disturbés, souvent froissés et pleins de crevasse qui les coupent dans la plupart des cas jusqu'à la base imperméable, composée de roches paléozoïques. En allant des Portes te Fer vers le sud l'épaisseur des calcaires augmente de quelques dizaines à plusieurs centaines de mètres.

La Serbie de l'Est est caractérisée par un climat sec et les températures modérées. Les fonds des bassins d'enfondrement reçoivent de 600 à 700 mm de précipitations par an, tandis que les crêtes de montagnes en reçoivent plus de 800 mm. Les températures annuelles moyennes varient autor de 11°C et les températures minima environ —1°C. Au cours du miocène et du pliocène le climat était considérablement plus chaud, mais aussi plus humide, tandis que pendant le pléistocène ces montagnes n'étaient pas embrassées par la glaciation.

A l'exception des hautes pénéplaines et crêtes karstiques qui sont entièrement ardies, dans les autres parties du karst de la Serbie de l'Est l' hydrographie est représentée dans une mesure considérable. Sur presque toutes les montagnes il y a environ 200 brefs cours d'eau qui s'engouffrent. Ces cours d'eau souterrains drainent les uvallas et les poljas et ils sont le plus nombreux dans les vallées aveugles où ils ont un caractère allogène. Tout ce territoire est caractérisé par un grand nombre de sources karstigues et de puissantes sources vauslu-

siennes, Ces dernières apparaissent au piedmont de montagnes, sur la bordure des bassins d'effondrement ou dans les défilés et les canons. Elles sont le plus abondantes au printemps, lorsqu'elles sont alimentées par l'eau de neige ensemble avec l'eau de pluie et elles fournissent les plus petites quantités d'eau vers la fin de l'été et au début de l'automne. La température de l'eau dans ces sources varie autour 12°C, mais il y a aussi des sources considérablement plus froides. Ainsi la source de Vrelo à Staničenje, située à une altitude de 320 m, a la température de 1,7°C seulement. Les sources et les sources vauclusiennes appartiennent aux différents types, mais les plus puissantes sont celles qui jaillissent des grottes.

Le relief karstique superficiel est représenté sur toutes les montagnes. Outre les crevasses et les dolines qui apparaissent partout, mais surtout sur les croupes plateaux et les de montagne d'un intérêt particulier sont les uvala et les poljes. Les uvalas apparaissent en deux formes, à savoir: comne uvalas karstiques et uvalas selectives. Les uvalas karstiques sont situées dans les anciennes vallées karstifiées, tandis que les uvalas sélectives-karstiques apparaissent sur les croupes de montagne. Elles se sont formées par l'enfoncement des dolines, d'abord dans les calcaires et ensuite dans les schistes et les grès paléozoïques. Les uvalas sélectives-karstiques sont devenues par la transformation des élargissements d'érosion en dépression fermées, par la karstification des cours d'eau superficiels. Les poljas ont également le caractère d'éroison karstique-sélective. Ils se sont formés tous dans les anciennes vallées karstifiées. Leur fond est généralement situé dans les roches paléozoïques plus anciennes, tandis que leur bordure est formée de calciares. Au cours du néogène, sertains poljes étaient comblés de lacs.

Les grottes et les avens caractérisent le relief karstique souterrain. Sur cette surface relativement exiguë on a examiné plus de 200 grottes et fosses. Les grottes sont les grottes de sources et les grouttes d'abîmes et les plus grandes ont une longueur de plus de 4 km. Elles apparaissent comme grottes simples, grottes ramifiées, grottes complexes et systèmes de grottes. Elles se distinguent toutes par les précipitations chimiques abondantes qui apparaissent aussi dans les horizons secs et plus hauts des grottes de rivières. Les fosses sont pour la plupart peu profondes et elles apparaissent le plus souvent sur les plateaux karstiques. Les plus profondes sont les fosses de gouffres dont la profondeur ne dépasse pas, tout de même, 200 m.

Les régions karstiques de la Serbie de l'Est ont les traits distinctifs du karst peu profond et limité. Ce karst est passé dans son évolution par plusieurs phases qui étaient conditionnées en premier lieu par les changements du climat. Au cours du néogène, dans les parties plus basses, a eu lieu une interruption de la karstification, causée par la transgression de la Mer Panonienne. Après l'écoulement des lacs de nombreux bassins d'effondrement, sur les côtes des mon-

tagnes étaient restés les sédiments néogènes qui ont également ralenti la karstification profonde. Elle avit, d'ailleurs, commencé avant le miocéne déjà, car dans un grand nombre de dolines et d'uvalas, situées à l'altitude d'environ 700 m, apparaissent les sédiments lacustres. Les conditions climatiques actuelles, particulièrement les précipitatons peu abondantes, ne favorisent point le processus karstique. Et pourtant, dans la plus grande partie de cette région karstique, la karstification profonde a atteint la base imperméable.

Крајем 1974. г. у издању Српског географског друштва изаћи ће

ГЛОБУС 5 и 6

Садржај Глобуса број 5

1. В. Буричковић, **Марксистичко образовање и васпитање младих у самоуправној школи и улога наставе географије;**
2. Т. Ракићевић, **Улога наставних садржаја физичке географије у формирању марксистичког погледа на свет;**
3. М. Поткоњак, **Настава географије и њена идејно-васпитна вредност;**
4. В. Шошкић, **Методски приказ примене бројних (количинских) показатеља и цифара у настави географије;**
5. М. Бразда, **Графичке методе у настави географије (уз практичне примере);**
6. М. Љешевић, **Употреба анероида и клизимера у географским истраживањима и у настави географије;**
7. Д. Дукић, **О настави географије на Географском факултету Московског државног универзитета „Ломоносов";**

Ново, актуелно, значајно

1. Д. Родић, **Новија схватања о геотектонској подели рељефа Југославије;**
2. Ј. Динић, **Специфичности основних водопривредних проблема Динарског краса;**
3. П. Радусиновић, **Нека актуелна размишљања у вези са исхраном светског становништва;**
4. А. Тарасјев, **Руска географска имена у савременом српскохрватском језику.**

Садржај Глобуса број 6

1. Ј. Илић, **Основне карактеристике наставе економске географије и улога овога предмета у формирању марксистичког погледа на свет.**
2. М. Васовић, **Угрожавање локалне средине и географска настава;**
3. Т. Ракићевић, **Настава географије у школама за основно образовање одраслих;**
4. Ј. Бирић, **Методски поступак у настави географије;**
5. М. Јоловић, **Кратак приказ географских садржаја СР република и САП покрајина Југославије;**
6. Р. Марковић, **Астронаутика и модернизација географске наставе;**
7. Б. Чолаковић, **Професионална географија у Америци.**

Ново, актуелно, значајно

1. М Радовановић, **Марксизам и географија;**
2. Б. Јурић, **Основне карактеристике друштвено-економског и политичког система Југославије у светлу новог Устава;**
3. С. Јовић, **Основни узроци светске монетарне кризе и најважнији предлози за реформу међународног монетарног система;**
4. Б. Јаћимовић, **Основне карактеристике и територијални распоред конурбација у свету;**
5. З. Марковић, **Има ли Земља заиста три природна сателита?**
6. М. Савић, **Транскрибовање географских назива са румунског и италијанског језика.**

Поред ових чланака и одељака оба броја ГЛОБУСА садрже и следеће уобичајене одељке: **Географске екскурзије, Географска енциклопедија, Мањи прилози, вести и занимљивости, Статистика, Библиографија и Хроника.**