

Speleomorfološke značajke i geneza jamskog sustava Velebita – Dva javora

Andrej Stroj

UVOD

Godine 1992., otkrićem Lukine jame na području sjevernog Velebita pokrenuta su intenzivna speleološka istraživanja. Od 1992. do 2004., na ovom je području istraženo više od 250 speleoloških objekata. Jamski sustav Lukina jama – Trojama (–1392 m) i Slovačka jama (–1320 m) najdublji su speleološki objekti u Hrvatskoj, te 16. odnosno 21. jama po dubini na svijetu. Uz njih, istraženo još 5 speleoloških objekata dubljih od 500 metara; Meduza (–679 m), Patkov gušt (–553 m), Ledena jama (–536 m), Olimp (–531 m) i Lubuška jama (–521 m).

Posljednje značajno otkriće dogodilo se 2004. godine, kada je u jamskom sustavu Velebita – Dva javora (–580 m) istražena Vertikala Divke Gromovnice, duboka 513 metara, danas najdublja poznata vertikala bez vanjskog ulaza na svijetu. Sjeverni je Velebit tako postao speleološki najznačajnije područje dinarskoga krša.

GEOLOŠKE, HIDROGEOLOŠKE I GEOMORFOLOŠKE ZNAČAJKE TERENA

Sjeverni Velebit čine stijene u rasponu starosti od jure do paleogena. Jura je zastupljena karbonatnim naslagama u kojima prevladavaju vapnenci, a prisutni su i dolomiti. Naslage krede rasprostranjene su na rubnim dijelovima sjevernog Velebita, prema Lici, te u priobalju. Čine ih vapnenci s uklopcima dolomita i karbonatnih breča. Stijene jure i krede u hidrogeološkom su pogledu dobro propusne.

Paleogen je zastupljen Jelar karbonatnim brečama, široko rasprostranjenima u istočnim i zapadnim dijelovima Velebita. U pojasu od Starigrada preko Hajdučkih i Rožanskih kukova pa do Gornjeg Kosinja, te naslage prekrivaju cijeli profil Velebita. Jelar breče sjevernog Velebita vrlo su značajne zbog njihove izrazite podložnosti procesima okršavanja (Kuhta, 2001). Područja s najrazvijenijom krškom morfologijom i ulazi u sve najdublje objekte na sjevernom Velebitu nalaze se na terenu izgrađe-

nom od tih stijena. Česta je pojava da speleološki objekti i vertikale prestaju na kontaktu Jelar naslaga i jurskih vapnenaca pa se tako i dno velike vertikale u Velebiti nalazi blizu ovoga kontakta. U literaturi se navode podaci o debljini Jelar naslaga do 300 metara (Bahun, 1974), međutim, prilikom istraživa-



Vertikala u jami Velebiti na –54 m

foto: Darko Bakšić

nja jame Velebite ustanovljen je kontakt Jelar breča i jurskih stijena na dubini oko 500 metara.

Geološka građa sjevernog Velebita uvjetuje i hidrogeološke odnose unutar masiva. Budući da se nepropusne stijene koje na srednjem i južnom Velebitu nalazimo na površini ovdje nalaze na mnogo većoj dubini, erozijska je baza okršavanja razina mora. Na taj je način u masivu sjevernog Velebita prisutna duboka nesaturirana zona s dominantnim vertikalnim tokom vode. Samo najdublji speleološki objekti, Lukina jama i Slovačka jama, u svojim završnim dijelovima dosežu recentne i subrecentne razine saturirane zone, gdje se javljaju sistemi horizontalnih kanala. Kad vode koje u vidu oborina padnu na propusni teren dosegnu saturiranu zonu, pridružuju se vodama rijeka Like i Gacke, koje poniru uz istočne rubove sjevernog Velebita i zajedno nastavljaju teći prema brojnim priobalnim izvorima i vruljama od Karlobaga do Senja.

Kao posljedica takve situacije, najznačajnija je morfološka karakteristika speleoloških objekata sjevernog Velebita njihova vertikalnost. Tako je jama Patkov gušt od vrha do dna jedna vertikalna visoka 553 metra, što je svrstava na drugo mjesto na svijetu. Vertikalna Divke Gromovnice u jamskom sustavu Velebita – Dva Javora, duboka 513 metara, najveća je poznata vertikalna bez vanjskog ulaza na svijetu. Također treba spomenuti 390 metara duboku vertikalnu Bojim, bojim u jami Meduzi.

Vertikalna dubljih od 200 metara ima u gotovo svim značajnijim jamama sjevernog Velebita. Upravo je po tim karakteristikama sjeverni Velebit jedinstven u svijetu.

SPELEOMORFOLOŠKE ZNAČAJKE JAMSKOG SUSTAVA VELEBITA – DVA JAVORA

Ulaz u Velebitu smješten je na zapadnim padinama Crikvene, u Hajdučkim kukovima. Ulaz je maskiran srušenim blokovima stijene na vrlo strmom terenu i teško je uočljiv. Kroz uzak prolaz ulazi se u prvu vertikalnu, duboku oko 35 metara. Na dnu te vertikale slijedi opet uzak prolaz u sljedeću verti-



Neupadljiv ulaz u jamu Velebitu

foto: Darko Bakšić

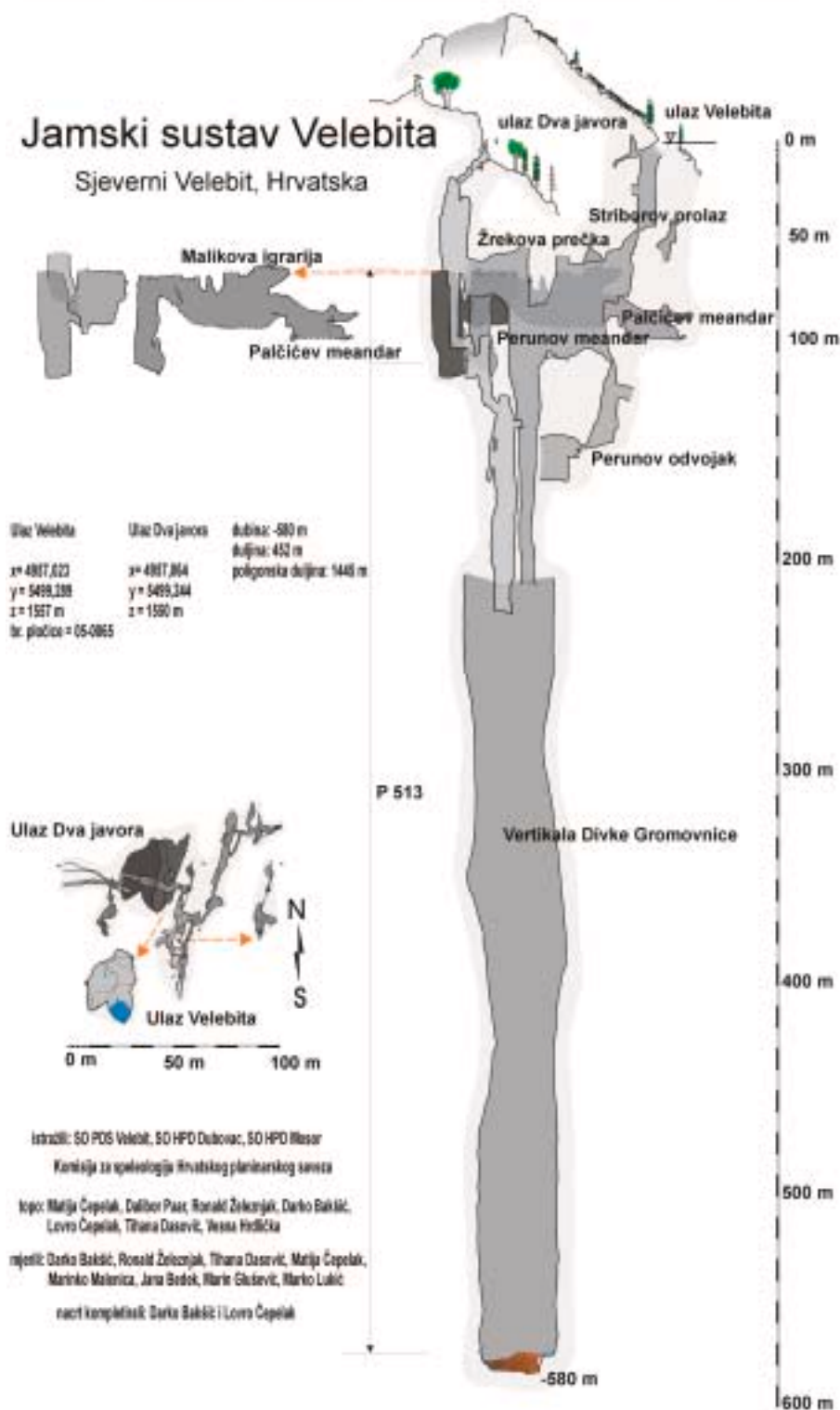
kalu dubine 25 metara. U ovom dijelu sustav postaje izrazito razveden. Prevladavaju meandri, od kojih neki završavaju suženjima (Palčičev meandar), a neki vertikalama (Malikova igrarija, Perunov meandar). Osim Vertikale Divke Gromovnice, te vertikale završavaju na dubinama od 110 do 150 metara. Iz vertikale Perunov odvojak nastavlja se uski meandar do dubine od oko –160 metara, koji je radi daljnjeg napredovanja potrebno proširivati. Iz Perunovog meandra ulazi se i u Vertikalnu Divke Gromovnice.

Do višeg ulaza u Vertikalnu Divke Gromovnice dolazi se iz jame Dva javora. Ulaz u jamu Dva javora smješten je oko 65 metara sjeverozapadno i 7 metara niže od ulaza u Velebitu. Jama je također morfološki komplicirana. U njoj se izmjenjuju uski meandri i vertikale. Na dubini od –55 m, iz 80-metarske vertikale odvaja se meandar Žrekova prečka, priječenjem kojeg se dolazi do višeg ulaza u Vertikalnu Divke Gromovnice. U drugom smjeru jama nastavlja uskim meandrima i manjim vertikalama do dvorane na dubini od oko –120 metara. Iz ove dvorane ulazi se u završnu 98-metarsku vertikalnu.

Vertikalna Divke Gromovnice u prvih je stotinjak metara eliptičnoga promjera, prosječne veličine 8×3 metra. Na dubini od –210 metara od ulaza u Velebitu dolazi se do spoja više vertikala u jednu, veličine 40×15 metara. Nakon ovoga spoja vertikalna zadržava sličan oblik sve do dna na dubini od –580 metara. Dno je koso i prekriveno velikim kamenim blokovima.

Jamski sustav Velebita

Sjeverni Velebit, Hrvatska



GEOLOŠKE I HIDROGEOLOŠKE ZNAČAJKE

Jamski sustav Velebita – Dva javora gotovo se do dna nalazi u paleogenskim Jelar vapnenačkim brečama. Kontakt između Jelar breča i jurskih vapnenaca nalazi se negdje između 470 i 550 metara dubine. Zbog previsno postavljenog užeta na posljednjih 150 metara vertikale, točna lokacija kontakta nije određena. Dno jame nalazi se u dobro uslojenim jurskim vapnencima. Dno je prekriveno blokovima Jelar breča koji su transportirani urušavanjem vršnih dijelova vertikale.

Jelar breče nemaju izraženu slojevitost pa su diskontinuiteti u njima vezani isključivo za rasjede i pukotine. Dominantan smjer pružanja pukotina je S, Sl–J, JZ te manje izražen I–Z. Nagibi su strmi uglavnom 70 – 90°. Diskontinuiteti su većinom relaksacijskog karaktera, s kompaktnim stijenkama i bez većih razlomljenih zona. Upravo je takav karakter diskontinuiteta ono što omogućuje postanak i stabilnost velikih podzemnih prostora u jami. Ti su dis-



Uski meandar u jami Dva javora

foto: Darko Bakšić



Perunov meandar kojim se dolazi do nižeg ulaza u vertikalu Divke Gromovnice

foto: Darko Bakšić

kontinuiteti vjerojatno vezani uz mlađu neotektonsku fazu naprezanja.

Za vrijeme istraživanja, u jami nije bilo jačih vodenih tokova. Na stjenkama velike vertikale teče voda u vidu tankog vodenog filma i manje nakapnice. Tek se u dvorani na dnu javlja koncentrirani vodeni tok maloga kapaciteta koji se dalje gubi između zarušenih kamenih blokova. Za vrijeme većih oborina u jami se vjerojatno javljaju jači vodeni tokovi uglavnom vertikalnog karaktera. Njihovo pojavljivanje i trajanje izravno je vezano uz vanjske oborine ili razdoblja intenzivnog topljenja snijega.

Prema analogiji s Lukinom i Slovačkom jamom razina podzemne vode (saturirane zone) ispod jame Velebite nalazi se na nadmorskoj visini od 50 do 100 metara. S obzirom na ovu pretpostavku, u jami postoji perspektiva postizanja dubine od oko 1500 metara.

GENEZA OBJEKTA

Postanak jamskog sustava Velebita – Dva javora vezan je uz vertikalni tok vode u nesaturiranoj (vadoznoj) zoni, kroz propusne i okršavanju podložne karbonatne stijene. Sadašnje se dno objekta nalazi visoko iznad horizontalnih tokova vode u saturiranoj (freatskoj) zoni. Neuslojenost i strm do



Vertikala Divke Gromovnice

foto: Darko Bakšić

panja stijene. Na mjestima gdje kapljice padaju, najintenzivnija je korozija i najbrži rast vertikale.

Ovim je mehanizmom moguće objasniti pojavu gotovo ravnoga dna velikih vertikala u nastavku kojih voda dalje oteče kroz uske pukotine. Ako pukotine nisu vertikalne, već nagnute pod nekim kutom, nastaju tipični trokutasti oblici vertikala, s jednom kosom stijenkom, a drugom vertikalnom (Perunov odvojak). Kosa stijenska vertikale vezana je uz položaj primarne pukotine, a vertikalna je stijenska nastala korozivnim radom kapajuće vode. Istovremenim rastom više vertikala vezanih za istu pukotinu, te

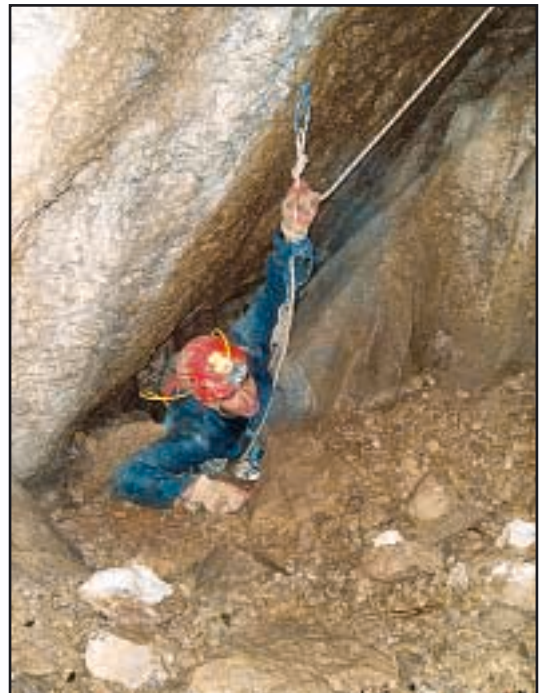
vertikalni nagib glavnih diskontinuiteta u Jelar brečama te vertikalno usmjeren hidraulički gradijent, glavni su uzroci izostanka horizontalnih kanala u objektu.

Voda koja u obliku oborina padne na površinu terena vrlo brzo ulazi u gornju, tzv. epikršku zonu. Naziv *epikrš* odnosi se na gornju, najintenzivnije okršenu zonu stijenske mase, koja može i ne mora biti prekrivena tlom, a s donje je strane omeđena slabije okršenom i stoga manje propusnom sredinom. Epikrš je obično debljine od nekoliko pa do desetak metara. Voda se iz te zone procjeđuje u smjeru najpropusnijih diskontinuiteta u stijenskoj masi i svojim ih korozivnim djelovanjem proširuje do dimenzija meandara i vertikala. Taj proces proširivanja podzemnih prostora traje sve dok se ne promijene hidrološki uvjeti ili dok se povećavanjem šupljina ne izazove nestabilnost i urušavanje.

Vodeni se tokovi s dubinom koncentriraju pa se obično i razvedenost speleoloških objekata smanjuje. I u sustavu Velebita – Dva javora donji je, širi dio velike vertikale nastao spajanjem više manjih vertikala u jednu, a objekt je najrazvedeniji do dubine od oko 150 metara.

U početnom stadiju nastanka vertikala glavnu ulogu ima voda koja u vidu tankog filma teče po stjenkama pukotina. Kako pukotine postaju sve šire, tako sve važniju ulogu ima tzv. »kapajuća« voda (Baron, 2002). Voda koja kapa, padanjem kroz zrak u speleološkom objektu naglo se obogaćuje s CO_2 i na taj joj se način povećava agresivnost, dok se voda koja teče po stjenkama pukotina zasićuje s $CaCO_3$ i gubi sposobnost ota-

njihovim spajanjem, mogu nastati vertikale stepenastih oblika. Spojevi vertikala često su uski i vezani uz primarnu pukotinu (Striborov prolaz). Sjecišta više pukotina mogu također ubrzati procese nastajanja vertikala.



Striborov prolaz u ulaznoj dijelu Velebita

foto: Darko Bakšić

Nastanak uskih meandara vezan je uz tok vode u vidu tankoga filma po stijenkama vertikalnih diskontinuiteta. Zbog sporije dinamike širenja prostora kanali poprimaju karakterističan oblik, izdužen u smjeru pružanja primarne pukotine. Velik dio podzemnih prostora nastao je kombinacijom tečenja i kapanja vode pa meandri često prelaze u vertikale i obratno (Perunov meandar, Malikova igrarija, Perunov odvojak). Procesi zarušavanja također imaju važnu ulogu u oblikovanju podzemnih prostora, a rezultiraju smanjivanjem ili potpunim zatrpavanjem pojedinih kanala.

U jamskom sustavu Velebita – Dva javora, kao i u većini jama sjevernog Velebita, procesi nastajanja kanala i dalje su aktivni, uz gotovo potpun izostanak sedimentacije siga.

ZAKLJUČAK

Geneza i morfologija jamskog sustava Velebita – Dva javora posljedica je spoja geoloških, hidrogeoloških i hidroloških karakteristika okolnog terena. Objekt je nastao u neuslojenim i okršavanju vrlo podložnim Jelar vapnenačkim brečama. Sadašnje dno objekta i ujedno dno najveće vertikale sustava nalazi se blizu kontakta Jelar breča i jurskih vapnenača. Najznačajnija morfološka karakteristika objekta su izmjene vertikala i uskih meandara. Objekt je u gornjim dijelovima vrlo razveden, dok na dubini od oko –100 metara prelazi u vertikalnu od 513 metara, najdublju poznatu podzemnu vertikalnu na svijetu.

Morfološki su oblici posljedica dominantno vertikalnog tečenja vode u nesaturiranoj (vadoznoj) zoni, duž vertikalnih i subvertikalnih diskontinuiteta. S obzirom na pretpostavljenu razinu podzemne vode, postoji perspektiva za postizanje maksimalne dubine objekta oko 1500 metara.

LITERATURA:

- BAKŠIĆ, D., (2004): Jamski sustav Velebita. Subterranea croatica, 3, 2-6, Karlovac.
- KUHTA, M. i BAKŠIĆ, D., (2001): Karstification dynamics and development of the deep caves on the north Velebit Mt. - Croatia. - proceedings to 13. Speleological Congress, Brasil.
- PAVIČIĆ, A., (1995): Hidrogeološki uvjeti za ostvarenje akumulacija u kršu zaleđa Velebita. Doktorska disertacija, P.M.F., Zagreb.
- PRELOGOVIĆ, E. (1989): Neotektonski pokreti u području sjevernog Velebita i dijela Like. Geološki vjesnik, 42, 133-147, Zagreb.
- BAHUN, S. (1974): Tektogeneza Velebita i postanak Jelar-naslaga. Geološki vjesnik, 27, 35-51, Zagreb.
- BAHUN, S. (1984): Tektonsko i hidrogeološko značenje područja izgrađenih od Jelar - formacija. Krš Jugoslavije, 11/1, 1-11, Zagreb.
- WHITE, W. B. (2000): Speleogenesis of vertical shafts in the eastern United States. Speleogenesis, 378-381, Nat. Spel. Soc., Alabama
- BARON, I. (2002): Speleogenesis along sub-vertical joints: A model of plateau karst shaft development: A case study: the Dolny Vrch Plateau (Slovak Republic). Cave & Karst Science, 29 (1), 5-12.



Dno vertikale Divke Gromovnice

foto: Darko Bakšić

SPELEO-MORPHOLOGICAL FEATURES AND THE GENESIS OF THE CAVE SYSTEM VELEBITA – DVA JAVORA

Genesis and morphology of the cave system Velebita-Dva javora (Velebita - Two Maple-Trees) is a consequence of the joining of geological, hydrogeological and hydrological traits of the surrounding terrain. The object was formed in massive Jelar calcareous breccias very prone to karsification. The present bottom of 580 m deep pit, and the bottom of the largest vertical of the system is located near the contact of Jelar breccias and Jurassic limestone rocks. Alternations of verticals and narrow meanders are the most significant morphological feature of the object which is extremely well indented in its upper parts, especially on depths up to 100 metres. Extensive vertical dominates the lower part of the object which is entered from a meander on the dept of 67 m. Since the total dept is 513 m, this makes it the deepest known underground vertical in the world. Morphological traits are a consequence of a dominantly vertical water flow in a non-saturated (vadose) zone along vertical and sub-vertical discontinuities. Considering the assumed level of groundwater, there is a perspective for reaching the maximum dept of the object of around 1500 m.