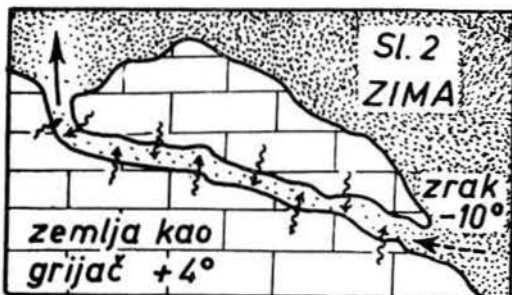
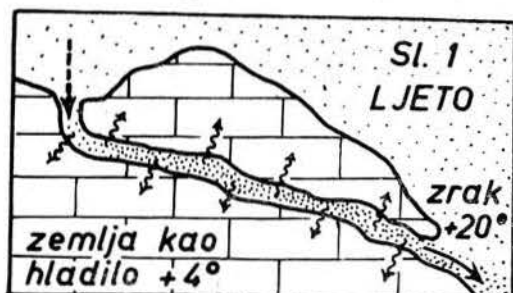


## Puhaljka na južnom Velebitu

Otkada se zna za jamu Puhaljku, odonda i postoji interes ljudi za nju. Razlog zanimanja za tu jamu je taj što iz njenog otvora ljeti puše jaka zračna struja, dok zimi otvor usisava zrak. Međutim zanimanje mještana i planinara manifestiralo se samo u različitim pričanjima i nagađanjima. Ljudi su uglavnom smatrali da Puhaljka ima izlaz na morskoj strani Velebita i da je to glavni razlog puhanju iz jame.

Prvi konkretni pokušaj da se skine veo tajne s tog objekta učinjen je 1958. godine. Miniran je do tada uski otvor jame, ali se nije daleko zašlo u unutrašnjost. Tokom slijedećih godina izvršena su daljnja istraživanja, svaki puta sa sve boljom opremom. Tako je 1962. godine Komisija za speleologiju Planinarskog saveza Hrvatske organizirala pod vodstvom njenog pročelnika Vlade Božića peto istraživanje ovog



### LEGENDA:

- zrak manje gustoće
- zrak veće gustoće
- puhanje iz otvora (primarna pojava)
- usisavanje u otvor (sekundarna pojava)
- smjer predaje topline

zanimljivog objekta.<sup>1</sup> Tada je dosegnuta najveća dubina (250 metara), izraden je tlocrt, profil i poprečni presjeci jame i izvršena su meteorološka mjerenja.<sup>2</sup> Strujanje zraka osjetilo se duž cijele jame, pa tako i u najnižoj tački, gdje zbog preuske pukotine speleolozi nisu mogli dalje napredovati.

Jamu nije teško pronaći, jer je neposredno uz sam put, prastaru karavansku stazu, koja povezuje Medak u Lici preko prijevoja Buljme sa Starigradom Pakleničkim u Dalmaciji. Otvor je na ličkoj strani Velebita, na 1050 metara apsolutne visine, 250 m zračne udaljenosti u smjeru 118° 30' od Mijalčina kuka (1252 m). Pozicione koordinate iznose 44° 24' 32" sjeverne širine i 15° 29' 12" dužine istočno od Greenwicha.

Gornji dio jame do dubine od 125 metara razvio se po glavnoj dijaklazi, čiji je smjer okomit na pružanje Velebita. Taj dio leži u dobro uslojenom srednjetrijskom vapnencu, čiji slojevi padaju u smjeru S-SW, a nagib im iznosi 33°. Dalje se jama nastavlja u obliku kosih jamskih kanala, koji su se razvili uz slojne plohe zelenka-

1) Dosadašnja istraživanja opisana su i objavljena u »Našim planinama« 1964. u članku »Na dnu jame Puhaljke« od H. Malinara.

2) Meteorološka opažanja opisana su u »Našim planinama« br. 11 — 12. 1965. u članku »Pokušaj tumačenja jednog paradoksa u jami Puhaljci na Južnom Velebitu« od istog autora.

stosivog werfenskog vapnenca (donji trijas). Pad slojeva je isti kao i u gornjim naslagama.<sup>3</sup> Tu nailazimo na prostrane dvorane nastale urušavanjem slojeva. Na 130-om i 180-om metru izviruju na bočnim stijenama kana'a crveni slojevi boksita i crvenkastog werfenskog vapnenca i lapora. Prodiranjem u veću dubinu Puhaljke možda bi se moglo doprijeti do permskih ili karbonskih naslaga, jer su donjotrijaske naslage relativno tanke. Duž jame se mjestimično pojavljuju manji rasjedi s minimalnim hodom i skokom, pa oni ne bi imali uticaja na formiranje jame. U jami su vidljivi tragovi korozivnog djelovanja meteorne vode, koja je oblikovala mnoštvo izljevina i koraljnih oblika. Vodeni tok u vidu vrlo slabog potočića počinje se stvarati na 110-om metru, koji nešto vidljivije teče tek pri dnu jame. U ovom dijelu vidi se erozivno djelovanje vode, gdje je vodeni tok napravio duboku vododerinu u debelim naslagama labavo cementirane breče.

Za vrijeme petog istraživanja speleoloci još nisu donijeli definitivni zaključak o nastanku zračnog strujanja u Puhaljci. Razmimoilazili su se u mišljenjima, da li jama ima jedan ili dva otvora i da li drugi otvor izlazi na morsku stranu ili strujanje nastaje oslobađanjem zraka, koji je prethodno apsorbirala voda prokapnica ili vodeni tok.

Poznato je da u spiljskim sistemima s dva ili više otvora na različitim nadmorskim visinama nastaje zračno strujanje, koje uvjetuje razlika gustoće vanjskog i unutarnjeg zraka. Gustoća ovisi o temperaturi i vlazi zraka, gdje presudnu ulogu ima temperatura.

Ljeti nastaje silazno strujanje (sl. 1), koje se može cvako objasniti: Unutarnji zrak hladniji je od toplog vanjskog zraka, pa je prema tome i veće gustoće. Zbog gravitacije »teži« zrak struji prema donjem otvoru, a kroz gornji otvor ulazi vanjski zrak, koji se hladi na stijenama.

Zimi nastaje obrnuta pojava — uzlazno strujanje (sl. 2). Podzemlje je toplije od vanjskog zraka, pa se unutarnji zrak, kao specifički lakši, diže kroz gornji otvor. Na donjem otvoru nastaje podtlak, pa tamo zbog uspostavljanja dinamičke ravnoteže ulazi vanjski zrak, koji se zagrijava na relativno toplim stijenama.

Speleoloci ovakvo tumačenje cirkulacije zraka nisu mogli direktno primijeniti na Puhaljci, jer kako je prije navedeno, ljeti u jamama nastaje silazno strujanje, dok u Puhaljci naoko uzlazno. Tada se došlo do zaključka da ipak postoje dva otvora, ali da poznati ulazni otvor nije gornji nego donji, tj. da jama negdje u najnižoj zoni ima dimnjak (ili sistem pukotina), koji vodi na površinu i to na veću nadmorsku visinu od ulaznog otvora (vidi profil). To znači da bi jama djelovala kao zračni »sifon«.

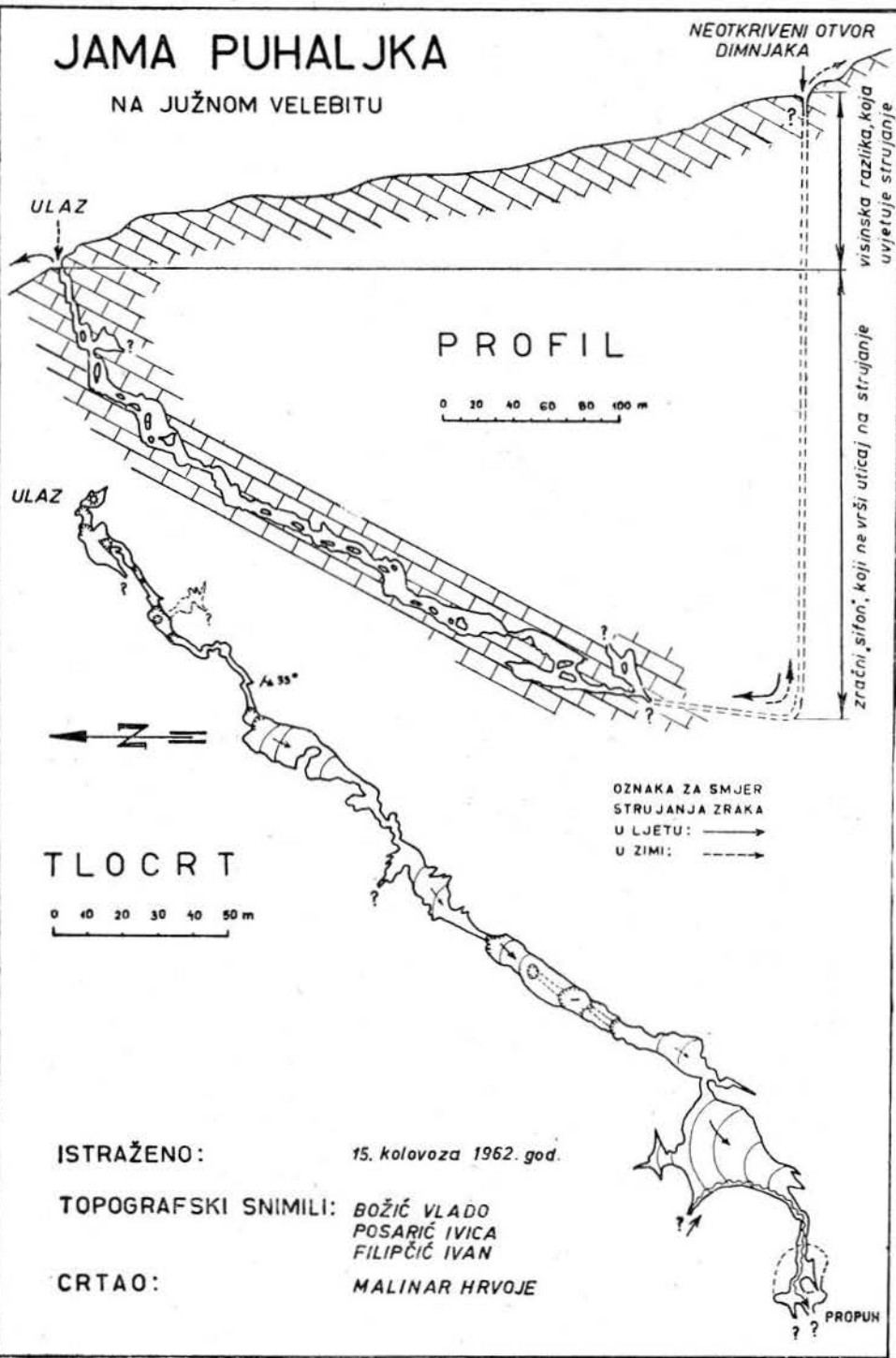
Iz toga je izveden dalji zaključak. Ljeti topli vanjski zrak ulazeći gornjim otvorom (do sada neotkriveni dimnjak) i prolazeći hladnom površinskom zonom gubi na stijenama znatan dio topline. Ohlađivanje zraka vrši se do izvjesne dubine, gdje je ljeti najniža temperatura stijena. To je tzv. neutralni temperaturni sloj. Paralelno s hlađenjem raste i relativna vlaga, pa kod povoljnih higrometrijskih uvjeta dolazi do kondenzacije na stijenama. Pošto meteoroloških podataka za taj kraj nema, uzeti su podaci s najbližih meteoroloških stanica i to iz Gospića, Zavižana i Gračaca. Prema uzetim podacima izvedeno je da je prosječna godišnja temperatura kraja oko Puhaljke 4—5° C.

Spuštajući se od neutralnog sloja zračna se masa postepeno zagrijava na stijenama. Time se smanjuje relativna vlaga i nastaje evaporacija vode sa stijena. Zagrijavanje nastaje i zbog adijabatične kompresije, jer zrak struji s veće nadmorske visine prema manjoj, tj. iz zone nižeg barometarskog pritiska ka zoni višeg pritiska. Zrak se zbog kompresije na 100 m spuštanja zagrijava za 1° C. To je adijabatična stopa zagrijavanja. Zapravo se kompresijom povećava relativna vlaga, pa to djelomično kompenzira sniženje vlage kao posljedicu zagrijavanja. No, temperatura i ovdje ima presudniju ulogu, pa je krajnji rezultat ipak smanjenje relativne vlage. U najvećoj dubini temperatura je najveća, a vlaga najmanja. Od te tačke počinje uzdizanje zraka prema poznatom otvoru. Zrak se ohlađuje na stijenama, a hladi se i zbog adijabatične ekspanzije. Tu počinje i ovlaživanje zraka. Na najnižoj istraženoj tački (—250 m) temperatura iznosi 5,5° C, na 180 m 5,0°, dok se na oko 100 m dubine snizi na 4,0° C. Interesantno je da se na dvadesetom metru povisi na 4,4°. Znači da je neutralni temperaturni sloj kod Puhaljke negdje između 20 i 100 metara. U toj zoni

3) Geološki podaci uzeti su s geološke karte 1 : 500.000 od Vjekoslava Mikinića, koju je izdala »Naučna knjiga« iz Beograda.

# JAMA PUHALJKA

NA JUŽNOM VELEBITU



ISTRAŽENO:

15. kolovoza 1962. god.

TOPOGRAFSKI SNIMILI:

BOŽIĆ VLADO  
POSARIĆ IVICA  
FILIPČIĆ IVAN

CRTAO:

MALINAR HRVOJE

relativna vlaga je najveća. Na ulaznom otvoru povećani tlak, uvjetovan stupcem hladnog zraka između nivoa gornjeg i donjeg otvora, uzrokuje naglu ekspanziju, uslijed čega dolazi do hlađenja izlazećeg zraka na 1,5° C. Na tom mjestu strujanje je najjače i ono se nastavlja niz padinu dok se temperature miješanjem zraka ne izjednače.

Prema navedenom, puhanje iz jame nastaje kada je temperatura vanjskog zraka veća od 4° C. Kod oko 4° nastaje statička ravnoteža. Pošto su temperature u vremenskom intervalu od rujna do ožujka na Velebitu niže od 4°, to tada nastaje usisavanje zraka u unutrašnjost Puhaljke.

Kako se zimi događa inverzan proces od onog u ljeti, autor članka odlučio je, da se spusti u jamu s još dvojicom speleologa u zimskom periodu, kako bi dobio podatke za to doba. Spuštanje je izvršeno isključivo užetima, što je izvedivo zbog stepeničastog karaktera jame. Meteorološka mjerenja vršena su 15. XI 1966. u vremenu od 12 do 20 sati. Vanjska temperatura iznosila je -0,7° C, a relativna vlaga 99,92%. Padao je snijeg.

Otvor Puhaljke usisavao je zrak, koji se u unutrašnjosti zagrijavao na stijenama. Do dvadesetog metra stijene su zaledene i zbog toga suhe. Zbog zagrijavanja zraka (na stijenama i zbog kompresije) relativna vlaga naglo je opadala na 96,55%. Međutim temperatura je već na 25-om metru porasla na 0°, a malo niže postala je već pozitivna. To uzrokuje otapanje leda sa stropa i stijena, pa se zrak ovlažuje. Na 40-m metru vlaga je iznosila 97,25%, a temperatura +1,5° C. Na 50 metara dubine zrak se zagrijavao na 2,0°, a vlaga porasla na 98,25%.

Daljnja mjerenja na žalost nisu vršena, zbog zarušavanja prolaza koji vodi u veću dubinu. Prolaz je moguće otkopati, ali tada nije bilo dovoljno vremena za to. Prema prije navedenim zakonima ponirući zrak trebao bi se i dalje zagrijevati, a relativna vlaga smanjivati uz pretpostavku da apsolutna vlaga bude konstantna, tj. da se zračna struja na svom putu ne ovlažuje vodom prokapnicom. Uzdizanjem prema gornjem (neotkrivenom) otvoru zrak se opet hladi i ovlažuje. Pri izlasku na površinu vlaga zraka se zasićivanjem pretvara u maglu. Kako je zrak relativno topao, on otapa okolni snijeg. Zbog toga se zimi mogu lagano naći takvi otvori na površini.

U vremenu od 1962—1966. nije nitko ulazio u Puhaljku. Tada je došlo do zarušavanja na dubini od 50 m. Odronjeno je nekoliko stotina tona kamenih blokova, koji su gotovo zatrпали dalji prolaz. Nisu opaženi nikakvi tragovi tektonskog poremećenja. Možda je uzrok bio jedan od potresa u tom periodu ili je moguće da se miniranjem otvora promijenila klima, tj. da zimi prodire hladnoća u veću dubinu nego prije, pa je smrzavanje na već raspucalom i lomljivom terenu uvjetovalo pokretanje mase kamenja. Svakako je Puhaljka interesantna i za geologa i meteorologa. Ona je jedan od primjera kako je krško podzemlje aktivno u svom nastajanju, formiranju i odumiranju.

#### SPELEOLOŠKI BROJ »PRIRODE«

Hrvatsko prirodoslovno Društvo, koje izdaje ovaj časopis, je u čast IV svjetskog speleološkog kongresa u Ljubljani čitav 5. broj 1965. posvetilo speleologiji. Urednik mu je poznati speleolog dr Mirko Malez.

Prvo je M. Herak dao sažeti pregled geološke prošlosti dinarskog krša, a I. Baučić hidrološke odnose rijeke Cetine, kao značajnog akumulacionog područja hidroelektrane Split. Z. Pepeonik je u svom članku govorio o rezultatima istraživanja jame Balinke u Lici, koja su vršena 1961. i 1964. kada je on zajedno sa speleolozima iz Engleske dopro do dubine od 190 metara. S. Božičević je istraživao usko područje Plitvičkih jezera i u svom članku opisao zanimljive spilje nastale djelomično u vapnencu a djelomično u travertinskoj stijeni: D. Gavrilović je opisao neke spilje u okolini Bora u istočnoj Srbiji i to naročito Zlotsku pećinu i Vrknjicu u dolini Lazarove reke kao nove turističke objekte. Modru spilju na otoku Biševu kao i tumačenje za njeno modrilo opisao je S. Božičević. Prikaz populacije šišmiša u spiljama u Hrvatskoj dala je B. Dučić. Članak o crvenom alpskom vuku i roso-

mahu — životinjama koje su nekoć nastavale naše spilje, dao je M. Malez. Ostatak njihovih kostiju našao je u spiljama u Hrvatskoj, Crnoj Gori i Sloveniji. U drugom članku opisao je nalazište izumrlog slona iz naših krajeva, čije je ostatke našao na glinokopu ciglane u Strmici kraj Knina. O nalazištima fosilnog čovjeka u Hrvatskoj pisao je isti autor u trećem članku. Kao nalazišta su spomenute spilje Hušnjakovo u Krapini, Velika pećina kraj Višnjice kod Trakošćana, Vaternica kod Zagreba, Cerovačka Gornja kod Gračaca, Romualdova spilja u Limskom kanalu i Sandalja kod Pule. R. Dreksler je opisala japodska nalazišta u Hrvatskoj i osim gradina, kao nalazišta spomenula i spilje kod Ličkog Lešća, Cerovca i Plitvica. Historijski prikaz gradnje hidrocentrala na našem kršu dao je S. Mikulec. Spomenute su sve brane i Hidrocentrale počam od prve brane kod Klinje na Gatačkom polju do hidrocentrale na Trebišnjici na Popovom polju. I. Bralčić je pisao o potrebi zaštite naših vrijednih speleoloških objekata.

Ing. V. Božić