



SPELEOLOŠKI PRIRUČNIK

1. svezak

Školovanje speleoloških kadrova

VLADO BOŽIĆ
ZAGREB

Školovanju speleološkog kadra u planinarskoj organizaciji u Hrvatskoj odavna se posvećuje velika pažnja. Oživljavanjem speleološke djelatnosti u planinarskoj organizaciji 1949. god., kada su se počele osnivati špiljar-ske sekcije u planinarskim društvima, te osnivanjem Komisije za speleologiju Planinarskog saveza Hrvatske (KSPSH) 1956. god., stvorena je solidna baza speleološkog kadra koja je, stekavši prva iskustva, mogla svoje znanje i organizirano prenositi na mlade članove. Prvo organizirano prenošenje speleološkog znanja u Hrvatskoj obavili su članovi Speleološkog odsjeka PD »Željezničar« 1956. god. u Zagrebu trodnevnom kursom o speleologiji za potrebe svojih članova i članova Amaterskog speleološkog društva »Bosna« iz Tuzle. Godinu dana poslije, tj. 1957. god., u Ogulinu je KSPSH organizirala Prvi republički speleološki tečaj. Poslije njega su slijedili Drugi (1958. u Cerovcu), Treći (1960. u Tounju), a onda je 1961. KSPSH organizirala Prvi jugoslavenski speleološki tečaj (opet u Tounju). Za potrebe tog tečaja KSPSH je, prva u Jugoslaviji, izdala speleološki udžbenik »Osnovna znanja iz speleologije«. Nakon toga su i druge republike izdale svoje speleološke udžbenike, no KSPSH je održavajući dalje svoje speleološke tečajeve i škole izdavala i koristila druge publikacije koje su bile namijenjene isključivo speleološkoj nastavi. Pregled svih takvih nastavnih publikacija objavljenih do sada u Jugoslaviji vidljiv je iz slijedećeg kronološkog popisa:

- 1961. »Osnovna znanja iz speleologije«, KSPSH, grupa autora, Zagreb
- 1964. »Jamarski priručnik«, Društvo za raziskivanje jam Slovenije, grupa autora, Ljubljana
- 1968. »Osnovi speleologije«, Jovan Petrović, Beograd
- 1968. »Speleološki znakovi«, KSPSH Vlado Božić, Zagreb
- 1969. »Materijal za savladavanje ispitnog gradiva«, KSPSH, grupa autora, Zagreb
- 1972. »Jamarska tehnika«, DZRJS, Jože Pirnat, Ljubljana
- 1973. »Pećinarstvo za planinare«, KSPS Srbije, Jovan Petrović, Beograd
- 1975. »Popis literature o speleologiji«, KSPSH, Vlado Božić, Zagreb
- 1976. »Popis literature o turističkim špiljama u Hrvatskoj«, KSPSH, Vlado Božić, Zagreb
- 1976. »Popis literature o aktivnosti amaterskih speleoloških organizacija u Hrvatskoj«, KSPSH, Vlado Božić, Zagreb
- 1976. »Tumač zapisnika speleoloških istraživanja«, KSPSH, Radovan Cepelak i Mladen Garašić, Zagreb
- 1977. »Priručnik zagrebačke speleološke škole 77«, SO PDS »Velebit«, Planinarski savez Zagreba i KSPSH, grupa autora, Zagreb
- 1978. »Literatura o speleološkoj opremi, tehnici i organizaciji speleoloških istraživanja, s katalogom speleološke opreme«, KSPSH i Speleološki osek Beograda, Vlado Božić i Mladen Garašić, Beograd

- 1978. »Planinarski speleološki rječnik«, KSPSH, Hrvoje Malinar, Zagreb
- 1978. »Popis literature o izradi nacrtu speleoloških objekata«, KSPSH, Vlado Božić, Zagreb
- 1978. »Speleološki znakovi«, KSPSH, Juraj Posarić, Zagreb
- 1979. »Popis literature o speleologiji« (II, dopunjeno izdanje), KSPSH, Vlado Božić, Zagreb
- 1979. »Ispitna pitanja« (II dopunjeno izdanje), KSPSH, grupa autora, Zagreb
- 1982. »Tumač zapisnika speleološkog istraživanja«, KSPSH, grupa autora, Zagreb
- 1982. »Speleološki znakovi« KSPSH, Juraj Posarić, Zagreb
- 1982. »Popis literature o crtanju i mjerenju speleoloških objekata«, KSPSH, Vlado Božić, Zagreb
- 1983. »Vodič kroz uređene špilje Hrvatske«, KSPSH, Vlado Božić, Zagreb
- 1983. »Kroz naše špilje i jame«, Srećko Božićević, Zagreb
- 1983. »Priručnik zagrebačke speleološke škole 77«, SO PDS »Velebit« i SO PD »Dubovac«, grupa autora, Karlovac

Uz ove publikacije, za nastavu su služili i razni speleološki članci objavljeni u speleološkim časopisima »Speleolog« i »Naše jame«, u speleološkim biltenima, planinarskim časopisima (»Naše planine«), u publikacijama sa stručnih speleoloških skupova (kongresa, simpozija, savjetovanja) i u raznim drugim publikacijama.

Od svih do sada objavljenih speleoloških publikacija jedino su tri publikacije obradile sva područja speleologije i to: »Osnovna znanja iz speleologije«, »Jamarski priručnik« i »Priručnik zagrebačke speleološke škole 77«, dok su u svim ostalim djelima obrađena samo neka ili samo jedno područje speleologije. »Osnovna znanja iz speleologije« i »Jamarski priručnik« danas su zastarjeli, a »Priručnik zagrebačke speleološke škole 77«, koji je donekle suvremen, ubrzo nije više bilo moguće nabaviti, jer je bio umnožen u malom broju primjeraka, pa je zato ponovo umnožen koncem 1983. ali opet u ograničenom broju. Zbog svega toga je mladim članovima danas teško doći do cjelokupne speleološke literature.

Upravo je to bio razlog da je KSPH odlučila izdati novi udžbenik u kojem bi bila obrađena sva područja speleologije i koji bi dao odgovore na sva pitanja postavljena u »Ispitnim pitanjima«. Zbog financijskih problema taj će udžbenik biti objavljen u dijelovima, tj. u više svezaka. Ovaj prvi svezak namijenjen je temama koje su po mišljenju mnogih do sada bile relativno malo obrađivane, a i u praksi im je bilo posvećivano malo pažnje. Zbog toga je autora članaka u ovom svesku da se njegovim objavljivanjem taj nedostatak ukloni.

Špiljska meteorologija

HRVOJE MALINAR

ZAGREB

Uvod

Klima krškog podzemlja razlikuje se od klime na površini Zemlje prije svega po tome što sadrži manje mjerljivih elemenata. Glavni su elementi temperatura, vlaga zraka i zračno strujanje. Njihove promjene i raspodjelu proučava disciplina **špiljska meteorologija** ili **speleometeorologija**. Njom se pretežno bave biolozi i paleontolozi kojima rezultati proučavanja govore o uvjetima života u podzemlju u sadašnjosti ili prošlosti.

Meteorolozi se uglavnom ne bave profesionalno ovom znanstvenom disciplinom, jer to prelazi okvir njihova redovnog radnog programa. Njome se mogu baviti i speleolozi drugih profesija iz čisto amaterskih pobuda. Tako se na primjer na temelju proučavanja cirkulacije zraka može utvrditi postojanje novih još neosvojenih prostora u speleološkom objektu. Prema smjeru strujanja zraka može se sigurno odrediti je li drugi otvor, koji uzrokuje strujanje, smješten više ili niže od poznatog ulaznog otvora.

Prilikom istraživanja speleoloških objekata poželjno je da se mjere i dokumentiraju osnovni meteorološki podaci, makar se u taj čas i ne vidi svrha tog mjerenja. Možda ovi podaci neće uvijek sami za sebe mnogo govoriti, ali skupljanjem mnoštva takvih podataka sa šireg područja, a poslije i njihovom obradom, može se doći do novih korisnih spoznaja i zaključaka. Stoga bi osnovna meteorološka mjerenja trebala biti obavezna baš kao i izrada nacrtu speleološkog objekta.

Temperatura i vlaga zraka

U speleološkim objektima su promjene temperature i vlage zraka uglavnom male. Na ulaznim dijelovima promjene su jače, ali idući u dubinu one su inertnije za vanjskim promjenama i manjeg su intenziteta.

Općenito se može reći da temperatura zraka u speleološkom objektu ovisi o vrijednosti srednje godišnje temperature zraka u tom kraju na površini te o veličini i obliku speleološkog objekta. Srednja godišnja temperatura nekog kraja ovisit će o geografskoj širini i nadmorskoj visini. Jame i špilje sa silaznim kanalima imat će u prosjeku niže temperature od špilja s uzlaznim kanalima. U manjim speleološkim objektima bit će jači utjecaji vanjskih temperaturnih promjena i u njima će se više osjećati mjesečna, pa i dnevna kolebanja. Kao što je rečeno, u velikim objektima temperature su stabilnije.

Temperatura zraka ovisna je još i o temperaturi stijena, a ona je opet ovisna o dubini, odnosno debljini pokrovnog sloja. Promatrajući od površine prema dubljim slojevima, temperatura je na površinskom dijelu kole-

bljiva i ovisi o vanjskoj temperaturi zraka i insolaciji. S povećanjem dubine temperatura je stabilnija. Na dubini od nekoliko desetaka metara temperatura stijene je konstantna cijele godine. To je tzv. **neutralni temperaturni sloj**. Njegova je dubina karakteristična za svaki kraj i ovisi kako o vanjskoj klimi, tako i o toplinskoj vodljivosti stijena. Odavde dalje temperatura pravilno raste s dubinom. Dubinski razmak u kojem se temperatura stijene povisi za 1°C zove se **geotermijski stupanj** i izražava se u $\text{m}/1^{\circ}\text{C}$. Ta pojava može se još izraziti kao broj koji označava porast temperature stijene na svakih 100 metara povećanja dubine i zove se **geotermijski gradijent** ($^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$). Ova se zakonitost očituje u rudnicima, tunelima i bušotinama, dok će u krškom podzemlju biti poremećena utjecajem cirkulacije vode i zraka. Tako temperatura vode i zraka u podzemlju utječe na temperaturu stijene, a ne samo obrnuto. Postoji li strujanje zraka u nagnutom speleološkom objektu, tada će se silazna zračna struja zbog dijabatičke kompresije zagrijavati svakih 100 m za približno 1°C . Ulazna struja će se hladiti zbog ekspanzije.

Vlaga zraka u podzemlju mijenja se s promjenama vlage na površini, ali s oscilacijama manjeg intenziteta. U prosjeku je vlaga u podzemlju viša nego na površini, a ovisi o vlazi stijena i tla. Ako su stijene kompaktne pa nema vode prokapnice niti vodenih tokova, vlaga zraka bit će manja nego u speleološkim objektima s vodom. Vlaga zraka ovisi i o cirkulaciji zraka. U slučaju kad u podzemlje ulazi hladan zimski zrak, on će se zagrijavati na stijenama i njegova će vlaga opadati, pa će ulaziti u dubinu i sušiti stijene i tlo. U našem podneblju pri niskim temperaturama može zaleđiti vodu do nekoliko stotina metara udaljenosti od ulaza. Međutim, ako u špilju ulazi vanjski zrak koji je topliji od špiljskog, na stijenama će se hladiti i zasititi vlagom, pa se u takvim slučajevima vlaga kondenzira u obliku sitnih kapljica na stijenama. Ta se pojava zove **špiljska rosa**.

Temperatura zraka mjeri se raznim vrstama termometara i izražava u stupnjevima Celzusa ($^{\circ}\text{C}$). Ekstremne temperaturne vrijednosti u nekom vremenskom razdoblju mjere se minimalno-maksimalnim termometrom koji se određeno vrijeme ostavlja na prikladnom mjestu u speleološkom objektu. Po završetku promatranog perioda može se očitati minimalna i maksimalna temperatura koja je bila u tom vremenu, ali se ne može utvrditi u kojem trenutku je temperatura dosegla te vrijednosti.

Vlaga zraka najčešće se mjeri higrometrom. To je instrument za određivanje relativne vlage zraka. Osnovni je dio klasičnog higrometra tanji snop odmaštenih ljudskih vlasi čiji je jedan kraj učvršćen za stabilni dio instrumenta, a drugi preko finog prenosnog mehanizma, na kazaljku. Pri povećanju vlage zraka vlasi se rastežu, a pri smanjenju vlage stežu, što pokreće kazaljku prema višim ili nižim vrijednostima vlage. Skala instrumenta iskustveno je baždarena u postocima relativne vlage. **Relativna vlaga zraka** je iznos vodene pare sadržane u zraku, računat u odnosu na maksimalno moguću sadržaj pare pri jednakim temperaturnim uvjetima i tlaku zraka. Označava se grčkim slovom φ , a izražava u postocima od 0—100%. U novijim tipovima higrometara vlasi su zamijenjene nekom higroskopičnom tvari koja ima elektrolitičke osobine (npr. litijev klorid). Elektrolit je vezan u strujni krug s izvorom struje i galvanometrom direktno baždarenim u postocima relativne vlage. S povećanjem vlage higroskopičnog elektrolita povećava se električna vodljivost, koja se na galvanometru očitava kao povećanje relativne vlage zraka.

Vlaga se može mjeriti i psihrometrom. Ima ih više vrsta. Zajedničko im je da posjeduju dva termometra: jedan mjeri stvarnu temperaturu zraka, a drugi je tzv. mokri termometar. Presvučen je tkaninom koja je natopljena destiliranom vodom. Zbog isparavanja vode nastaje hlađenje, pa taj termometar pokazuje nižu temperaturu od suhog termometra. U suhom zraku bit će jače isparavanje i jače hlađenje tog termometra, pa će temperaturna razlika biti velika. U vrlo vlažnom zraku temperaturna razlika je manja, jer je i manje isparavanje. Kad je zrak maksimalno zasićen vodenom parom, ona se ne može isparavati, pa neće biti ni temperaturne razlike. Tada je iznos relativne vlage 100%. Postoci vlage računaju se pomoću tabela i formula. Danas već ima u prodaji i psihrometara s direktnim očitavanjem relativne vlage.

Vlaga zraka može se izraziti i kao apsolutna vlaga, ali se ne može direktno mjeriti navedenim metodama. **Apsolutna vlaga zraka** je masa vodene pare računata u odnosu na volumen zraka u kome je sadržana. Označava se slovom a , a izražava u g/m^3 . Može se izračunati iz relativne vlage prema formulama i uz pomoć tablica, te iz posebnih dijagrama. U praksi se ipak više koriste podaci o relativnoj vlazi.

Ako je potrebno znati kakva je relativna vlaga i temperatura zraka u bilo kojem trenutku, tada se treba koristiti posebnim instrumentom sa satnim mehanizmom i pisačima. Takva sprava naziva se termohigrograf. Najčešće je konstruiran tako da može bilježiti promjene temperature i vlage zraka u razdoblju od tjedan dana.

Temperatura tla i vode u podzemlju

Temperatura tla (odnosno stijena) u speleološkim objektima ovisna je prije svega o dubini objekta, odnosno debljini pokriva. U idealnim uvjetima bez cirkulacije zraka i vode ona direktno ovisi o geotermičkom gradijentu. Kako u krškom podzemlju redovito postoji stanovita cirkulacija zraka, a često i vodotoci, to će temperatura tla rezultirati iz tih triju elemenata i bit će niža od teoretske vrijednosti temperature u idealnim uvjetima. Tako postoje jame duboke više stotina metara čije tlo, voda i zrak na dnu imaju temperaturu od samo nekoliko stupnjeva iznad ništice (npr. ponor Bunovac na Velebitu).

Temperatura vode u speleološkim objektima ovisi o temperaturama tla i zraka, tj. s njima je u dinamičnoj temperaturnoj ravnoteži. Utvrđeno je da se temperatura vode pri konstantnoj temperaturi okoline povećava uslijed trenja spuštanjem u dubinu. Tako je teoretski izračunato da se na svakih 100 metara pada vode podigne temperatura zraka za $0,234^\circ\text{C}$. Naravno da se u praksi, zbog utjecaja temperature tla i zraka, takva pravilnost neće susretati. Ako voda dolazi u podzemlje u koncentriranom toku, tj. kroz ponor, tada će na temperaturu vode u podzemlju znatno utjecati temperatura koju je voda imala na površini.

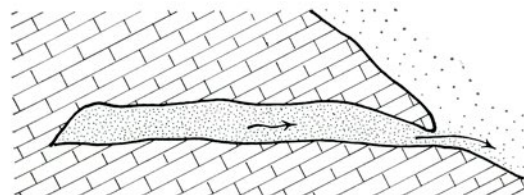
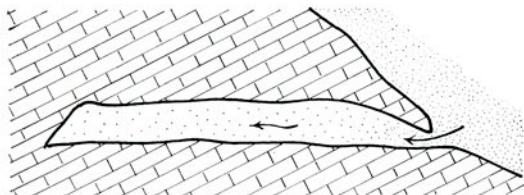
Temperatura glinovitog i pjeskovitog tla može se mjeriti običnim termometrom za tekućine. Temperatura kamenitog tla ili stijena mjeri se posebnim električnim termometrima.

Cirkulacija zraka u podzemlju

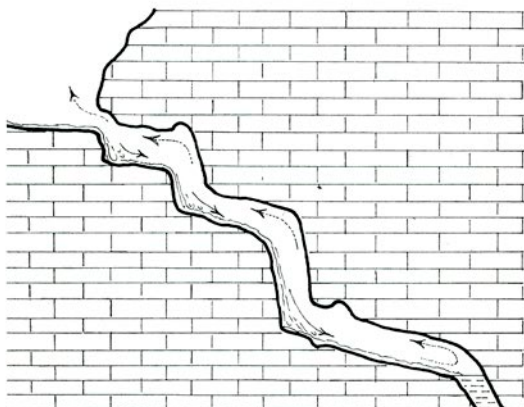
U svakom speleološkom objektu postoje zračna strujanja. Ponekad su ona gotovo nezamjetljiva, ali se u određenim uvjetima strujanje može osjetiti i kao jači vjetar. Cirkulacija zraka u podzemlju može nastati zbog više uzroka. U špilji s jednim ulazom strujanje zraka može nastati prilikom promjene barometarskog tlaka. Ako naglo padne vanjski barometarski tlak, zrak će strujati iz špilje prema van, dok će prilikom povećanja tlaka strujati u špilju. To vrijedi za speleološke objekte s velikim volumenom i malim ulaznim otvorom. Strujanje će trajati do izjednačavanja tlaka.

Zračno strujanje može nastati i uslijed naglog povišenja vodostaja u objektima s vodenim tokovima. Tada voda istiskuje zrak, pa on struji iz speleološkog objekta na površinu. Vodeni tok, kojem se ne povisuje vodostaj, ako je dovoljno brz može trenjem povlačiti zrak nizvodno i tako uzrokovati cirkulaciju. Dosegavši najnižu točku zrak se vraća uzlazno uz stropove kanala.

U malim speleološkim objektima s jednim ulazom javlja se lagano zračno strujanje. U toplom razdoblju hladan špiljski zrak struji uz tlo napolje, a topli vanjski zrak ulazi pod stropom. Zimi je temperaturna situacija inverzna, pa je i smjer strujanja obrnut. Zbog

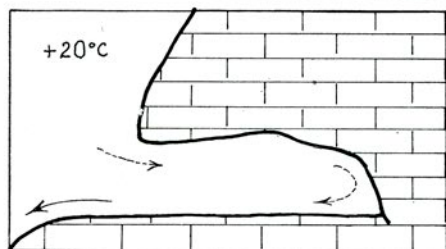
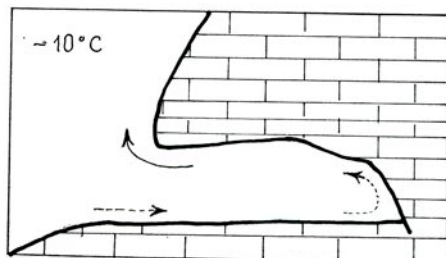


Sl. 1. Strujanje zraka nastaje uslijed barometarskog tlaka. Gore: zbog povišenja tlaka zrak struji u špilju. Dolje: zbog smanjivanja tlaka zrak struji iz špilje



Sl. 2. Brzi vođeni tok trenjem povlači zrak u dubinu jame, odakle se pod stropom vraća prema površini

takve cirkulacije zraka bit će objekti s ulaznim kanalom u prosjeku topliji od horizontalnih objekata, jer će se u njima zimi zadržati topli zrak akumuliran ljeti. Objekti sa silaznim kanalom bit će hladniji, jer će se u njima zimi akumulirati hladan zrak. Ljeti će u takvim objektima hladan zrak zbog svoje veće gustoće ostati »zarobljen« i neće dopustiti ulaz toplijem zraku. Zbog toga se u speleološkim objektima sa silaznim kanalom, ako im je ulaz smješten na većoj nadmorskoj visini i zaklonjen od sunca, može zadržati snijeg čitave godine. Takvi objekti zovu se **snježnice**. U silaznim objektima sa snijegom temperatura zraka ne prelazi 0°C . U ljetno doba vanjski zrak se na ulaznom dijelu hladi na snijegu i spušta prema dnu, a odatle se lagano penje uz strop, pa tako i ljeti održava objekt hladnim. Ako sa stropa kapa voda propaknica, na ovim mjestima će se formirati siđe ledenice, pa se takvi objekti nazivaju **ledenice**. Lijepi primjeri ledenica mogu se naći

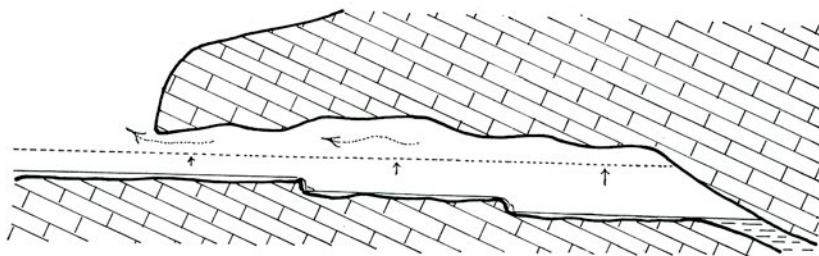


Sl. 3. Cirkulacija uzrokovana promjenom vanjske temperature zraka. Gore: u toplo doba na donjem dijelu ulaznog otvora izlazi hladan zrak, a na gornjem ulazi vanjski topao zrak. Dolje: u hladno doba kroz gornji dio otvora izlazi topli špiljski zrak, a u donjem dijelu u špilju ulazi hladan vanjski zrak

u višim krškim predjelima. Takve su npr. ledenica kod Studenaca u Lici, ledenica u Čudinoj uvali kod Plitvica, ledenica na Zavižanu na Velebitu i dr.

U objektima s horizontalnim kanalom i dva ili više otvora može nastati osjetno strujanje zraka uzrokovano jakim vjetrom na površini.

Najjača i najtrajnija cirkulacija zraka u podzemlju nastaje u objektima s dva ili više otvora na različitim nadmorskim visinama. Pod tim se podrazumijeva da za cirkulaciju može postojati samo jedan otvor prohodan za čovjeka, a drugi otvori mogu biti neprohodne pukotine. U ljetnim uvjetima hladniji špiljski zrak specifički je teži, odnosno gušći, nego vanjski zrak i zato ima silazni smjer, tj. izlazi na donji otvor. Na gornjem otvoru nastaje podtlak i u njega ulazi topli vanjski zrak. Ulazeći u unutrašnjost taj se zrak postupno hladi na stijenama. Zbog toga se njegova vlaga kondenzira na stijenama, odnosno nastaje špiljska rosa. Nakon nekoliko stotina metara uspostavlja se dinamička ravnoteža između temperature zraka i stijena. U zimskim uvjetima špiljski zrak je topliji od vanjskog zraka i stoga je manje gustoće. Zbog toga ima uzlazni smjer i izlazi kroz gornji otvor. Na donjem otvoru nastaje podtlak, pa u njega ulazi hladan vanjski zrak, koji se u unutrašnjosti zagrijava na stijenama. Zbog toga će relativna vlaga u ovom dijelu biti niska, pa će zrak sušiti tlo i stijene. U prelaznim periodima, kad se izjednače temperature vanjskog i špiljskog zraka, nema zračnog strujanja. Ta pojava zove se **izotermija**. Brzina zračnog strujanja u uskim prolazima speleoloških objekata može biti i desetak metara u sekundi.



Sl. 4. Zračno strujanje nastaje zbog povišenja vodostaja ponornice

Sprava za mjerenje brzine zračnog strujanja naziva se **anemometar**. Postoji više vrsta mehaničkih i električnih anemometara. Precizni električni anemometri mogu registrirati i vrlo slaba strujanja s najmanjom vrijednošću očitavanja od 0,1 m/sek.

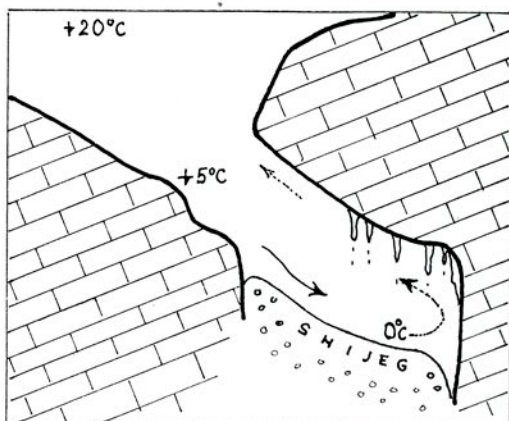
Pojava jačih zračnih cirkulacija zraka opaža se u špilji Veternici kod Zagreba i jami Puhaljci na Velebitu.

Osobine špiljskog zraka i pojava ugljičnog dioksida

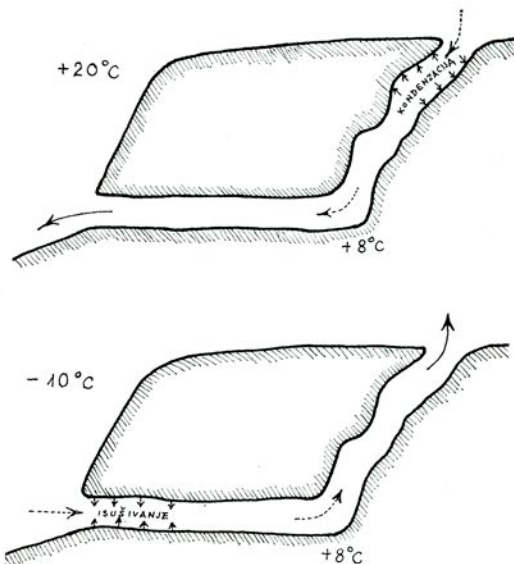
Jedno je od najčešćih pitanja što ih laik postavlja speleologu: ima li u špiljama i jamama dovoljno zraka za disanje i je li zrak zagađen nekim otrovnim plinom?

Može se općenito reći da je špiljski zrak u prosjeku čišći nego na Zemlji. Onečišćenja mogu biti prisutna samo na ulaznim dijelovima speleoloških objekata. Zrak u speleološkim objektima zdrav je i zato što je električno negativno nabijen. Poznato je da takav zrak povoljno djeluje na zdravlje za razliku od pozitivno nabijenog zraka kakav je na površini za ciklonalno vrijeme. Zrak se sastoji od molekula dušika, kisika, ugljičnog dioksida i primjesa drugih plinova, ali i od njihovih pozitivnih i negativnih iona, koji nastaju uslijed kozmičkog zračenja ili zemljinog radioaktivnog zračenja. U podzemlju redovito prevladavaju negativni ioni, koji na niz bolesti djeluju terapijski, pa se u pravilu može govoriti o zdravom špiljskom zraku.

Pa ipak, iako vrlo rijetko, može se naići i na pojavu povišene koncentracije štetnog ugljičnog dioksida. To se može dogoditi samo u najnižim etažama speleološkog objekta, jer je ugljični dioksid veće gustoće od zraka. Njegova prisutnost osjeća se po otežanom disanju i po tome što je plamen karbitke izduženiji i narančaste boje. Od priručnih materijala najbolji je indikator za prisutnost ugljičnog dioksida svijetla: njezin se plamen gasi još u zoni koja nije opasna po život čovjeka. Prosječna koncentracija ugljičnog dioksida u atmosferi je 0,03‰. Znakovi otežanog disanja pojavljuju se kod sadržaja od 2—3‰, a vrlo otežano disanje kod 7‰. U koncentraciji većoj od 14‰ nastupa trenutni gubitak svijesti a potom i gušenje. Stoga treba biti oprezan i odmah provjeriti kvalitetu zraka plamenom svijetle, a po potrebi i prekinuti daljnje napredovanje, čim se opaze prvi znakovi prisutnosti ovog plina.



Sl. 5. Ledeni stalaktiti mogu se u nekim jamama održati i kroz cijelo ljeto. Cirkulirajući zrak, koji se na snijegu ohladio na 0° C, sprečava otapanje ledenih stiga



Sl. 6. U speleološkim objektima sa dva otvora na različitim visinama, nastaju najjača zračna strujanja. Gore: u toplo doba špiljski zrak je hladniji od vanjskog, pa zbog svoje veće gustoće ima silazni smjer. Dolje: u hladno doba špiljski zrak je topliji od vanjskog, pa se uzdiže i izlazi na gornji otvor

Pojava ugljičnog dioksida u podzemlju tumači se razgrađivanjem i truljenjem organskih tvari koje je tamo naplavila voda. Postoji mogućnost da u neke speleološke objekte dolazi ugljični dioksid iz veće dubine kroz rasjedne pukotine, a nastaje kemijskom reakcijom karbonatnih i silikatnih stijena. Treća je mogućnost tumačenja nastanka ugljičnog dioksida njegovo oslobađanje u procesu zasigavanja prema reakciji:



Pojava ugljičnog dioksida toliko je rijetka da većina speleologa nikada ne nađe na nju. To područje speleologije vrlo je malo proučeno, pa određenije tumačenje postanka CO_2 u špiljama tek predstoji.

Koncentracija ugljičnog dioksida na terenu može se najjednostavnije odrediti Drägerovim cjevčicama. Točnija mjerenja izvode se Orsatovim aparatom, gravimetrijskom metodom pomoću barijevog hidroksida ili plinskom kromatografijom.

U Hrvatskoj je do sada analitičkim metodama utvrđen ugljični dioksid u Lugarevoj i Labodnjoj jami kod Posedarja i u Horvatovoj špilji kod Vrhovina, dok se na otoku Silbi pretpostavlja po otežanom disanju da se radi o ugljičnom dioksidu, ali to nije dokazano.

Svjetlo i akustički fenomeni u podzemlju

U ulaznim dijelovima speleoloških objekata nalazi se zona polumraka gdje jačina rasvjete opada s udaljenošću od ulaza. Iza toga u dubljim dijelovima vlada apsolutan mrak. Dubina zone polumraka ovisi o veličini ulaznog otvora i ulaznog kanala, zakrivljenosti kanala, geografskoj orijentaciji ulaza i godišnjoj dobi. Razumljivo je samo po sebi da su važni i vremenski uvjeti, prije svega doba dana.

U uskim, zavojitim jamama i špiljama zona polumraka iznosi samo desetak metara. Naprotiv, u velikim objektima, s velikim poprečnim presjekom ulaznog kanala, ova zona može iznositi i više od stotinu metara. Jama Mamet na Velebitu tipičan je takav primjer. Zbog velikog otvora i velikog poprečnog presjeka jame po cijeloj dubini, sunčeve zrake ljeti dopiru do 180 m dubine, tako da na dnu, na dubini od 207 m, rastu lišajevi, mahovine, pa čak i manje grmlje.

Prodor prirodnog svjetla u dubinu ovisi o boji i vlazi stijena. Vlažnije stijene su tamnije, pa će apsorbirati više svjetla. Najveći prodor svjetla kod jednakih morfoloških uvjeta bit će ako su stijene bijele i suhe.

Akustika podzemnog prostora ovisi o obliku i veličini prostora, te o hrapavosti i vlažnosti stijena. U vlažnim špiljama s relativno glatkim stijenama čut će se uz proizveden zvuk i pajeka, pa čak i višestruka jeka. U suhim kanalima čije su stijene šupljikave ili pune raznih izbočina, zvuk se apsorbira, pa nema jeke ni pajeke. U iznimnim uvjetima apsorpcija može biti jako izražena, pa se ljudski govor čuje slabo i muklo, jer nema refleksije zvuka. Takav je slučaj u Gluhovoj dvo-

rani u Horvatovoj špilji kod Vrhovina, čije su stijene prekrivene grozdastim sigama, tzv. botrioidima.

U podzemlju gdje nema prirodnih izvora zvuka (vodotoci, vjetar, kapanje vode), općenito vlada **apsolutna tišina**. Kad se u takvom prostoru čovjek smiri, čuje šum vlastitog krvotoka u glavi. Može se reći da je apsolutna tišina čovjeku — neugodna.

Oblik i veličina prostora kao i glatkoća stijena mogu uvjetovati rezonanciju zvuka, pa se on može višestruko pojačati. Tako je primijećeno da se u uskim akustičnim kanalima nekad i šum koji proizvede šišmiš u letu može pretvoriti u neugodnu tutnjavu. Isto tako u uskim prostorima, koji pogoduju rezonanciji nižih frekvencija, speleolozi su doživjeli da čuju kucanje srca svojeg kolege na nekoliko metara udaljenosti (Velebitaški kanal u Vaternici).

Najneugodnije akustičke fenomene naši su speleolozi doživjeli u Barićevoj špilji kod Ličkog Petrovog sela i u špilji Čude kod Obrovca. Obje špilje su vlažne i vrlo akustične pa se u njima čuje višestruka jeka. U oba slučaja zbog se gotovo identičan događaj. Speleolozi su došli do jezera koje zbog nedostatka čamca nisu mogli prijeći, pa su vikanjem, uz pomoć jeke, pokušali ustanoviti da li se špilja nastavlja. Tada su začuli poput groma snažan prasak, koji je ječio nekoliko sekundi. U kasnijim istraživanjima tih špilja nije ustanovljen nikakav svjež odron ili lom stijena. Ova je pojava, koja je izazvala prilično uzbuđenja, tumačena nastajanjem mikroskopski malih relaksacijskih pukotina u svodu špilje, koje su pod stalnim opterećenjem pokrovnih slojeva. Oslobodena energija pretvorila se u zvuk, koji se u posebnim akustičkim uvjetima mnogostruko pojačao i pretvorio u tutnjavu. Možda se pojava takve pukotine u neakustičkim uvjetima ne bi niti čula. S druge strane, postoji mogućnost da je buka, što su je stvorili speleolozi, u takvim akustičkim uvjetima proizvela jake vibracije koje su se prenijele na strop i inicirale stvaranje pukotine, a zatim tutnjavu.

Ove pojave nisu proučene i mjerene, pa to predstoji budućim istraživačima.

LITERATURA

- Božićević, S. (1967): Dvije krške jame s plinom (CO_2), *Geološki vjesnik*, 20, 317—327, Zagreb.
- Cullingford, C. H. D. (1962): *The Physics of Caves*, British Caving, London.
- Dulić, B. (1961): Klima pećina, *Osnovna znanja iz speleologije*, PSH, Zagreb.
- Ford, T. D. and Cullingford C. H. D. (1976): *The Physics of Caves, The Science of Speleology*, London.
- Malez, M. (1964): O meteorološkim odnosima u Samogradskoj pećini kod Perušića (Lika), *Krš Jugoslavije*, 4, Zagreb, JAZU.
- Malinar, H. (1965): Pokušaj tumačenja jednog paradoksa u jami Puhaljki na Velebitu, *Naše planine*, 11—12, Zagreb.
- Malinar, H. (1965): Puhaljka na Južnom Velebitu, *Speleolog*, XII—XIII, Zagreb.
- Malinar, H. (1976): Bezdanjača pod Vatinovcem ili Horvatova špilja, *Naše planine*, 1—2, Zagreb.
- Malinar, H. (1977): Klima podzemlja, *Priručnik za geografske speleološke škole '77*, Zagreb.

Živi svijet podzemlja

ROMANA LATTINGER I NIKOLA TVRTKOVIĆ
ZAGREB

Uvod

Već u svojoj najranijoj povijesti čovjek je zalazio u špilje, živio u njima i poznao njihove stanovnike. To dokazuje i prehistorijski crtež na kosti, nađen u jednoj francuskoj špilji, koji predstavlja kukca kakav i danas živi u špiljama (*Troglophilus*). No pisani podaci o špiljskim životinjama nisu stari. Najstariji je onaj misionara de Tauste iz 1678, o južno-američkoj ptici guacharo. Zatim imamo zapis koji je ostavio 1689. godine kranjski barun Johan Weichard Valvasor u djelu »Die Ehre des Herzogthums Crain« (»Slava vojvodine kranjske«), a odnosi se na čovječju ribicu koju je izbacio izvor kod Ljubljane. Nju je tek 1763. g. Laurenti znanstveno opisao i nazvao *Proteus anguinus*. Ali o sitnijim špiljskim životinjama, kakva je većina, nije se znalo sve do 1831. g. kada je špiljski vodič **Luka Čeč** pronašao u Postojni do tada nepoznatog kornjaša. On ga je poslao grofu Hohenwartu, u čiju čast je kukac nazvan *Leptodirus hohenwarti*. Od tada počinje razdoblje amaterskog i profesionalnog znanstvenog biološkog istraživanja špilja, najprije u Evropi, pa u Americi, Africi i drugdje. Razvila se i disciplina biologije koju nazivamo **speleobiologijom**.

Prva istraživanja živog svijeta podzemlja bila su samo faunistička. U toj prvoj fazi speleologije samo se sabiralo, prepariralo i opisivalo životinje. Tako se počeo stvarati tzv. biosistematički inventar podzemnih objekata, a bilježili su se i podaci o raširenosti (arealima) pojedinih vrsta. Takva faunistička istraživanja ni do danas nisu završena. U drugoj fazi razvoja speleobiologije, koja počinje sredinom našeg stoljeća, provode se ekološka i druga biološka opažanja i pothvati na pojedinim životinjama. One se uzgajaju, proučava se njihov život, što znači razmnožavanje, rast, duljina života, način prehrane, ponašanje itd. To je postalo izvedivo tek kada su osnovani podzemni laboratoriji u kojima su se mogli održavati uvjeti slični prirodnima. Prvi takav laboratorij osnovan je u Parizu god. 1897 (»Laboratorij u katakombama«), ali je već 1910. bio uništen poplavom Seine. Kod nas je prva takva ustanova bila osnovana 1931. u Podpeškoj jami u Sloveniji. U trećoj fazi rade se pokusi s dobro upoznatim podzemnim životinjama, da bi se doznao npr. utjecaj temperature, vlage i svjetla na njihov život. Istovremeno se istražuju uvjeti okoliša, međusobno djelovanje okoliša i organizama, pa sastav i dinamika životinjskih zajednica u špilji, međusobni odnosi članova tih zajednica, a proučava se i ekosistem podzemnih prostora kao cjelina.

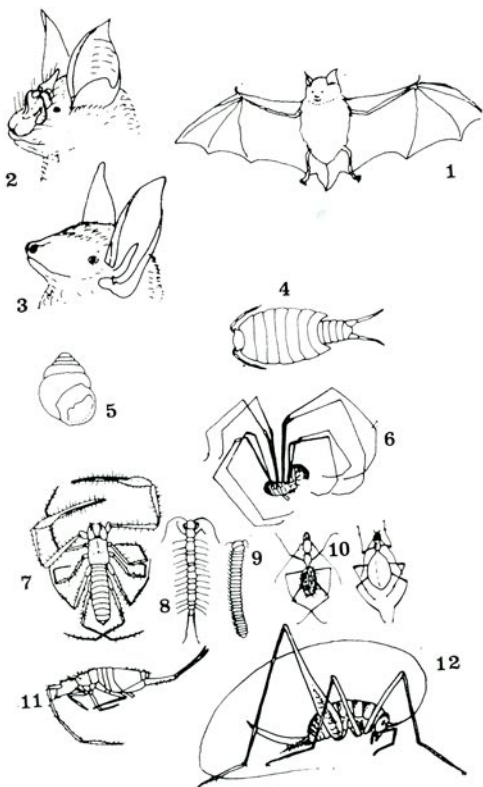
Živi svijet u krškom podzemlju Hrvatske i Jugoslavije obiluje velikim brojem **relikata** (vrsta koje su predstavnici izumrlog nekadašnjeg živog svijeta) i **endema** (organizama koji žive isključivo u manjim izoliranim područjima). Veliko je značenje ovih bića za biologiju, a posebno za njenu disciplinu, nauku o evoluciji, i zato one predstavljaju dio našeg najvrednijeg nacionalnog prirodnog bogatstva.

Proučavanjem živog svijeta podzemlja bave se prvenstveno speleobiolozi, među kojima su pojedinci uglavnom stručnjaci samo za pojedine skupine bakterija, biljaka ili životinja. Ipak i ostali speleolozi, posebno oni koji se speleologijom bave preko planinarskih i speleoloških društava, mogu puno pridonijeti, posebno faunističkim istraživanjima. Zato bi bilo važno da znaju bar osnovne postupke pri sabiranju biološkog materijala. Pri tome se podrazumijeva da znaju gdje sve mogu naći i kako će sabirati biološki materijal, da znaju prepoznati predstavnike pojedinih sistematskih skupina, te ih potom pravilno konzervirati i etiketirati ili po potrebi transportirati žive. Uz to trebaju znati koje biološke podatke iz istraživanog objekta treba unijeti u izvještaj, odnosno u zapisnik speleoloških istraživanja, te znati nešto i o zaštiti podzemnih životnih zajednica.

Staništa (biotopi) u podzemlju

Prema ekološkim osobinama razlikujemo i u podzemlju posebne životne sredine, tzv. **staništa** (biotope). Svako od njih naseljava više-manje posebna skupina bakterija i životinja, koje tako tvore karakteristične **životne zajednice** (biocenoze). Biljke su ograničene uglavnom na ulazne dijelove špilja i jama. Razlikujemo ova podzemna staništa, odnosno zajednice živih bića koja ih naseljavaju:

1. polumračni ulazi s tzv. zidnom zajednicom ulaza, čiji se životinjski članovi smjeњуju tokom raznih godišnjih doba;
2. unutrašnji dijelovi podzemnih objekata, gdje na zidovima, na sigama i u sitnim pukotinama žive najtipičniji kopneni podzemni organizmi;
3. glineno tlo, gdje žive bakterije, jedini autotrofni organizmi podzemlja koji su sposobni da sami stvaraju organske spojeve iz anorganskih tvari. Veoma su važne za prehranu ličinačkih stadija mnogih podzemnih životinja;
4. guano, nakupine šišmišjeg izmeta, najhranjiviji supstrat u podzemlju;
5. tanki slojevi vode koja se prelijeva po zidovima i sigama;



KOPNE NE SPILJSKE ŽIVOTINJE
(RAZLIČITA POVEĆANJA)

1 šišmiš, 2 glava topira, 3 glava pravog šišmiša, 4 babura, 5 puževa kućica, 6 kosac, 7 lažni štipavac, 8 štriga, 9 stonoga, 10 kornjaši, 11 skokun, 12 skakavac

6. marifugijske naslage, zapravo prostori između vapnenačkih cjevčica mnogočetinaša *Marifugia cavatica*, koji su periodički u vodi ili na suhom;
7. brze tekuće vode;
8. površina mirnih voda;
9. plankton (sitne lebdeće životinje u vodi);
10. dno mirnih voda, gdje žive sve veće tipične podzemne vodene životinje, i
11. prostori između čestica pijeska i šljunka vodenih nanosa u riječnim dolinama (freatički biotop) ili nanosa neposredno oko tekućica (hiporejički biotop). Zajednica koja ih nastava veoma je važna za samoočišćenje podzemnih voda.

Skupine živih bića koje nalazimo u podzemlju

Uz mnoge bakterije, biljke i životinje, koje mogu živjeti i na površini, u podzemlju nalazimo i isključivo podzemne vrste — prava podzemna bića ili tzv. troglobionte. Njihove najvidljivije značajke su potpun ili djelomičan gubitak pigmenta, često potpuno zakržljale oči, te produljena ticala i razne osjetne dlačice (npr. u kukaca i rakova). Osim troglobionata u speleološkim objektima možemo susresti neke površinske životinje koje ovdje proborave dio godine (npr. medvjedi, neki šišmiši itd.). Kao skloništem ovim se objektima koriste npr. razni puhovi i runati voluhar, a druge životinje se često zadržavaju oko ulaznih dijelova (npr. spiljski skakavci). Takve nazivamo troglifili. Mnoge životinje ovamo slučajno zalutaju ili upadnu ili budu pasivno unešene vodom. To su troglokseni. Danas su u upotrebi i složenije podjele podzemnih staništa i naziva za njihove stanovnike. Nabrojati ćemo najpoznatije skupine živih bića koje susrećemo u podzemlju.

BAKTERIJE

- posebno su brojne u guanu i glinenu tlu, kao i u unešenim organskim ostacima. One autotrofne zamjenjuju biljke u stvaranju nekih bjelancevina i vitamina.

BILJKE

- 1. neke alge, koje mogu blizu ulaza tvoriti zelenkaste prevlake;
- 2. razne gljive. Neke vrste nižih gljiva žive u tlu, dok su druge paraziti na kukcima. Plijesni i vrste viših gljiva, koje nalazimo u često posjećivanim špiljama, razvijaju se od spora koje su unijete s površine i u podzemlju obično mogu proizvesti samo jednu generaciju;
- 3. mahovine, lišajevi i paprati nalazimo isključivo na ulazu gdje imaju svjetla za asimilaciju.

ŽIVOTINJE

- 1. **praživotinje** (npr. razne amebe koje se u tlu hrane bakterijama);
- 2. **spužve** (rijetke kao i u nadzemnim slatkim vodama);
- 3. **beskralješnjaci**
 - a) razni pretežno crvoliki **beskralješnjaci**; tu ubrajamo sistematski veoma raznolike skupine više-manje sličnog vanjskog izgleda (npr. virnjake; oblice — koji izgledaju kao sitne dječje gliste; maločetinaše — slične gujavicama; mnogočetinaše — npr. naša endemična *Marifugia cavatica*, koja oko sebe luči vapnenu cjevčicu i živi u kolonijama; pijavice i vrpčare);
 - b) **mekušci**, a to su školjke i brojni kopneni, amfibijski i vodeni puževi;
 - c) **člankonoši** (uz pužve svakako najbrojnija skupina životinja u podzemlju). Tu se ubrajaju: **paučnjaci** — pauci, lažištipavci (pseudoškorpioni) i kosci (lažištipavci); **rakovi** — vodeni, amfibijski i kopneni; među njima su najpoznatiji: babure, rakušci, kozice i razni planktonski oblici sitnih raka; **stonoge** — dvojenoge, prave stonoge i štrige; **kukci** (insekti) — skokuni, skakavci i kornjaši;
- 4. **kralješnjaci**
 - a) **ribe** — u nas nema troglobiontskih vrsta, ali su značajne endemične vrste, npr. iz roda *Phoxinellus* — razne gaovice i pijori, koje jedan dio života borave u podzemlju;
 - b) **vodozemci** — ovamo spada naš jedini kralješnjak — troglobiont, endemična čovječja ribica (*Proteus anguinus*) koja je rasprostranjena od Trsta do Crne Gore;

c) gmazovi — u špilje zalaze samo u tropskim krajevima;

d) ptice — poznate su samo troglobilne vrste. Na dinarskom kršu to su žutokljuna galica ili planinska čavka (*Pyrhocorax graculus*) i golub pećinar (*Columba livia*);

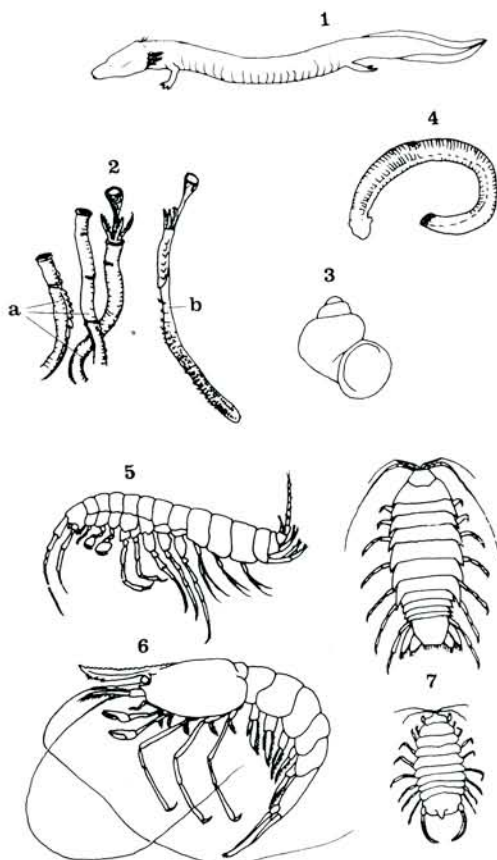
e) sisavci — među njima nema troglobionata, ali su veoma važni za unašanje hrane u podzemlje. To su neki glodavci koji blizu otvora prave gnijezda, te većina šišmiša. Neki šišmiši se sklanjaju u podzemne objekte tijekom čitave godine, a drugi tu provode samo zimski san.

Principi postupanja s biološkim materijalom

Sabiranje. Bakterije i neke niže gljive iznosimo iz podzemlja u uzorcima tla ili vode. Važno je da uzorke ne zagađimo (kontaminiramo). Zato alat kojim se služimo i bočice u koje ih spremamo moraju biti sterilni. Bočice s tekućim uzorcima moraju se uvijek napuniti do vrha! Materijal treba što prije proslijediti u bakteriološki laboratorij.



Čovječka ribica iz Ivine jame na Dabarskom polju kod Otočca u Lici, najtipičnija životinja našega krša (Foto: Branko Jalžić)



VODENE SPILJSKE ŽIVOTINJE

1 čovječka ribica, 2 Marifugia (a. vapnenaste cjevčice, b. gola životinja), 3 puževa kućica, 4 pijačica, 5 rakušac, 6 kozica, 7 vodenabure

Pojedinačni primjerci sitnijih životinja sabiru se oprezno prstima (npr. skakavci), mekanom i širom pincetom (stonoge i paučnjaci), navlaženim kistom (amfibijski račići), te aspiratorom ili ekshaustorom tj. bočicom sa sistemom usisnih cjevčica (skokuni i kornjaši). Pri sabiranju životinja iz tla i guana uzimaju se uzorci supstrata u plastične vrećice (najbolje dimenzije 20×15 cm). Slično se uzimaju uzorci supstrata za puževe, i to najbolje većom žlicom. Materijal iz ovih uzoraka izolira se u laboratoriju.

Šišmiši se, ako su dostupni, skidaju pažljivo rukom, a ako su visoko na stropu, posebnom mrežom na obruču ili se love u letu velikim mrežama za hvatanje ptica predvečer na ulazima ili u uskim dijelovima hodnika (samo u doba kada su aktivni).

Vodene životinje sabiru se najčešće mrežama u obliku tuljca pričvršćenog na obruč s dužim drškom. Vrste koje hodaju po dnu može se hvatati kombiniranom tehnikom, mrežicom i kistom (pri čemu ih se kistom utje-ruje u mrežicu). Vrste koje se zadržavaju s donje strane kamenja (koje se prvo izvadi iz vode i preokrene) skida se pojedinačno kistom. Sitnije vrste sabiru se filtriranjem uzmućene vode, tako da se ona ulijeva u mrežicu. Okca takve mrežice moraju biti veličine od stotinjak mikrometara do nekoliko milimetara, prema tome kakve se životinje želi uloviti. Tako profilirani materijal ispere se vodom u fotografsku kadnicu i prelije u bočice.

Za lov kopnenih i vodenih životinja koriste se i klopke s mamcima, radi čega speleološki objekt koji se istražuje treba posjetiti bar dva puta. Klopke su zapravo lovne jame u obliku limenki i plastičnih čaša ukopanih u tlo. U njima vise mamci jakog mirisa (sir, pokvareno meso), a na dnu se može nalaziti tekucina koja ubija i konzervira uhvaćene životinje. Nakon lova čaše se moraju obavezno odstraniti ili bar okrenuti da životinje u njih ne bi i dalje upadale bez svrhe. Ovakve lovne jame pregledavaju se obično nakon nekoliko tjedana. Za vodene životinje se u supstrat dna ukopavaju razne šupljikave ili mrežaste kutije ili se oko kamenja omotavaju nylon čarape, a u njih se može postaviti mamac.

Transport živih životinja. Vodene životinje prenose se u termos-bocama, napunjenim vodom s nalazišta. U takve boce dobro je staviti komade nylon-čarapa za koje se pojedini primjerci mogu prihvatiti. Slično se prenašaju i kopnene vrste spiljskih životinja, samo što se u termos-bocama nalaze navlaženi komadi filter-papira ili krpe. Šišmiši se uvijek transportiraju u vlažnim platnenim vrećicama ili, još bolje, u drvenim kutijama koje imaju izbušene otvore za zrak i unutra pričvršćenu uvijek navlaženu krpu.

Konzerviranje. Ako se ne misli životinje zadržati žive, bolje ih je odmah, prije nego što su oštećene, usmrtniti i konzervirati. Ovo se obično izvodi već u speleološkom objektu ili odmah po izlasku na površinu. Kopnene sitne životinje usmrćuju se npr. parama octenog etera koji se nakapa na mali smotak vate pričvršćen gumbašnicom (pribadačom) za čep bočice u kojoj su zgužvane trake papira ili krupna pilovina. Poslije se one spremaju za transport kao suhe (kornjaši i skakavci) u kartonskim tuljcima začepljenim vatrom ili staničevinom, ili se konzerviraju u etilnom alkoholu (paučnjaci u 80%-tnom, a ostali u 70%-tnom). Neki vodeni organizmi, kao vrpčari, previše se deformiraju u alkoholu ili se, kao npr. skokuni, previše ukrute, pa se zato stavljaju u posebnu unaprijed pripremljenu fiksirnu smjesu. Sve vodene vrste se praktički mogu usmrtniti i konzervirati u bočicama sa 70%-tnim etilnim alkoholom. Spu-

žve je bolje stavljati u 96%-tni alkohol, jer sadrže mnogo vode koja alkohol u bočici razblaži. Filtrirani uzorci koji sadrže dosta sitnog pijeska i organskih otpadaka, te uzorci supstrata dna odmah se fiksiraju, i to tako da se bočica npr. zapremnine oko 2 dcl dopuni vodom i u nju kapne desetak kapi 40%-tnog formalina (formaldehida). Sadržaj boce mora se promiješati laganim okretanjem. Veće životinje, kao što su ribe, čovječje ribice i šišmiši, najbolje je stručnjacima odnijeti žive. Ako ih se usmrćuje onda ih treba nakon toga još injicirati sa 96%-tnim alkoholom i spremiti u boce sa 70%-tnim alkoholom.

Etiketiranje: U svaku bočicu s ulovljenom i konzerviranom životinjom ili u vrećicu sa supstratom neizostavno valja staviti etiketu — najbolje komadić paus-papira na kojem se tušem ili običnom grafitnom olovkom napiše: nalazište (uz naziv spel. objekta po mogućnosti veće naselje ili naziv planine ili kraja), datum ulova, stanište u kojem je nađena, te ime osobe koja je životinju ulovila. Bez ovih podataka sabrani materijal je gotovo bez ikakve vrijednosti i predstavlja štetu učinjenu podzemnoj fauni. Na etiketu bi dobro bilo dodati i bilješku o vrsti konzervansa. Nakon određivanja (determinacije) životinje dodaje se etiketa s imenom vrste i imenom onog tko ju je determinirao.

Podaci koji se unose u izvještaj o biološkom istraživanju

Osim podataka, koji se unose u »Zapisnik speleoloških istraživanja«, ekipa ili pojedinac zadužen za biološka opažanja treba zapisati u posebni dodatni izvještaj još i sljedeće podatke:

1. primijećene (biljke i) životinje — što i gdje;
2. konstatirane naslage guana — gdje;
3. primijećene ptice ili njihova gnijezda — gdje;
4. primijećeni šišmiši — pojedinačno; manja skupina, velika kolonija;
5. ako je sabiran biološki materijal — tko ga je i gdje sabirao; gdje je materijal pohranjen; kome je materijal poslan na determinaciju;
6. nazivi determiniranih životinja (naknadno, kad ih stručnjaci determiniraju).

Zaštita faune u podzemnim objektima

Čovjek rijetko može tako ugroziti podzemne životne zajednice da bi im prijetilo izumiranje, ali zato često može izazvati povlačenje faune u nepristupačne dijelove podzemlja. Time može uništiti poznata i bogata nalazišta, gdje su prije određene vrste bile lako dostupne za razna istraživanja. Iznimka su šišmiši, koji su kao skupina općenito ugroženi, jer im brojnost sve više opada. Kako oni imaju važnu ulogu u održavanju ravnoteže u prirodnim zajednicama, a od posebne su važno-

sti za poljoprivredu i šumarstvo, potrebno je obratiti osobitu pažnju njihovoj zaštiti. Posebno je važno da ih se ne uznemirava u doba kad imaju mlade (u proljeće).

Prilikom turističkog uređivanja podzemnih objekata (gradnjom puteva, osvjetljavanjem i promjenom klimatskih uvjeta) uzrokuje se povlačenje izvorne faune. Zato bi pri pravljenju elaborata za takve zahvate svakako trebalo konzultirati i speleobiologe. Ako u objektima postoje stalne kolonije šišmiša, trebalo bi im osigurati nesmetan prolaz i izbjeći osvjetljavanje onih mjesta gdje se stalno zadržavaju. Ako u blizini ne postoji drugi zaštićeni objekt s istim vrstama, za ostalu faunu valja izdvojiti neki sporedni kanal ili etažu, gdje postoje uvjeti za preživljavanje. U svakom slučaju prije ovakvih zahvata trebalo bi omogućiti inventariziranje zatečene faune, tj. zabilježiti njezino »nulto stanje«.

U posljednje vrijeme različite vrste zagađivanja našeg okoliša ne mimoilaze ni podzemlje, što predstavlja ozbiljnu opasnost za podzemni živi svijet. Sve se više jama koristi kao deponij krutih anorganskih, ali i organskih otpadaka. Vode tekućice unose u podzemlje i otopljene otpadne tvari (fekalijske, razne kemikalije), koje mogu kroz porozni krš prodrijeti u veoma udaljena područja i tu štetno djelovati, s jedne strane na preživljavanje podzemnih organizama, a s druge strane, zagađuju prirodne rezervoare i izvore pitke vode.

Što se tiče sabiranja biološkog materijala, ono samo u ekstremnim slučajevima izlovljavanja može osjetno smanjiti brojnost pojedinih vrsta, ali nikako neće ugroziti njihov opstanak. No uopće ga ne treba sabirati ako nisu osigurani uvjeti za konzerviranje, etiketiranje i trajno pohranjivanje, te ako materijal ne bude dostupan stručnjacima specijalistima za obradu. Nekad je na području Jugoslavije cvala trgovina podzemnim životinjama (posebno kornjašima), no danas srećom stagnira. **Stranci** za sabiranje biološkog materijala trebaju imati posebnu dozvolu od nadležnog republičkog organa. Ako je dobiju, mogu raditi samo u prisutnosti naših speleologa; trebalo bi osigurati da dio determiniranog materijala vrte u naše ustanove.

U SR Hrvatskoj zakonom je zaštićena sva podzemna fauna. Posebno su zaštićeni šišmiši i čovječja ribica. Kazna za njihovo sabiranje (bez dozvole) je za jednog šišmiša 500, a za čovječju ribicu 5.000 din.

Na kraju valja zapamtiti: ne smije se uznemirivati niti dirati živa bića bez potrebe, a prije nego što se mijenja podzemni prirodni okoliš, valja se svakako konzultirati sa speleobiolozima.

Institucije i osobe u SR Hrvatske koje se bave speleobiologijom

U našoj republici nažalost ne postoji niti jedna ustanova koja se posebno ili isključivo bavi speleobiologijom. Na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu u Zagrebu (Rooseveltova trg 6) rade prof. dr. Milan Meštrović i mr. biologije Romana Lattinger, koji proučavaju faunu i ekologiju nekih podzemnih ekosistema. Na istoj instituciji radi i prof. dr. Beatrica Đulić koja je stručnjak za šišmiše. U Hrvatskom narodnom zoološkom muzeju u Zagrebu (Demetrova 1) radi kustos Nikola Tvrtković, mr. biologije, koji se bavi sisavcima i vodozemcima, te Branko Jalžić koji sabire i proučava podzemne kornjaše. U ovim institucijama postoje mogućnosti za pohranjivanje sabrane faune, njeno determiniranje ili slanje na determinaciju pojedinim specijalistima. Na Rijeci u Prirodoslovnom muzeju (Šetalište Vladimira Nazora 3) kustos Mirjana Legac, mr. biologije, proučava flor i faunu podzemnih speleoloških objekata.

U pojedinim speleološkim odsjecima planinarskih društava u Hrvatskoj ima članova koji se bave sabiranjem i proučavanjem biološkog materijala, a koji surađuju s navedenim institucijama, tako npr. Tonči Rađa (Speleološko društvo »Spiljar« — Split) obrađuje podzemne puževe. Kod spomenutih ustanova i osoba svi zainteresirani mogu dobiti detaljnije upute i objašnjenja.

LITERATURA

- Culver, D. C. (1982): *Cave life, Evolution and Ecology*, Harvard University Press, 1—189, Cambridge, Massachusetts, London.
- Đulić, B. (1961): *Biospeleologija, Osnovna znanja iz speleologije*, PSH, Zagreb.
- Ford, T. D., Cullingford, C. H. D. (1976): *The Science of Speleology*, Academic Press, 1—593, London, New York, San Francisco.
- Ginet, R., Decou, V. (1977): *Initiation à la biologie et à l'écologie souterraines*, J. P. Delarge, 1—345, Paris.
- Jalžić, B. (1977): *Zivi svijet naših spilja i jama*, Priručnik Zagrebačke speleološke škole, 181—186.
- Lattinger, R. (1981—82): *Zivot u podzemnom svijetu*, Priroda 70, 1, 8—10, Zagreb.
- Mohr, E. Ch., Poulson, L. T. (1966): *The Life of the Cave*, Mc. Graw-Hill Book Company, New York, Toronto, London.
- Nikolić, F. (1955): *Evolucija životinjskog svijeta podzemlja*, *Speleolog*, 2 (3/4), 3 (1/2), Zagreb.
- Radović, J. (1962—69): *Ekološka obilježja spilja*, *Speleolog*, 11—31, Zagreb.
- Rada, T. (1978—79): *Sakupljanje mekušaca u spiljama*, *Speleolog*, 30—31, Zagreb.
- Redenšek, V. (1955): *Zivotinje u spiljama*, *Priroda*, 45, 7, 262—267, Zagreb.
- Sket, B. (1964): *Biološke raziskave v jamah*, Jamarski priručnik, 75—87, Ljubljana.
- Sket, B. (1979): *Zivljenje v kraškem podzemlju*, 1—32, Ljubljana.
- Thines, G., Tercats, R. (1972): *Atlas de la vie souterraine, Les animaux cavernicoles*, A. de Visscher, 1—161, Bruxelles.
- Vandel, A. (1964): *Biospéologie, La biologie des animaux cavernicoles*, Cauthier—Villars, 1—619, Paris.

Paleontološki i kulturni sadržaj spiljskih sedimenata

DARKO RUKAVINA
ZAGREB

Sedimenti

Istraživanjem spilja u našem kršu opaženo je da su gotovo sve spilje više ili manje ispunjene spiljskim sedimentima, koji su zastupljeni kamenim kršjem različite veličine, raznim ilovačama, sigastim tvorevinama, pjeskuljastim zemljama itd. Mogu biti različite debljine, boje, strukture i petrografskog sastava. Ti sedimenti privlačili su pažnju istraživača već od prvih početaka istraživanja spilja, jer su u njima sačuvani brojni ostaci životinja, materijalnih kultura čovjeka i skeletni ostaci fosilnih ljudi kojima su spilje povremeno služile kao stanište. Zbog specifičnih uvjeta sedimentacije, a isto tako zbog specifičnog ambijenta, spilje su postali konzervatori procesa koji su se odigrali u prošlosti i zato daju vrlo vrijedne podatke za rekonstrukciju zbivanja i postanka krajolika na kakvom danas živimo.

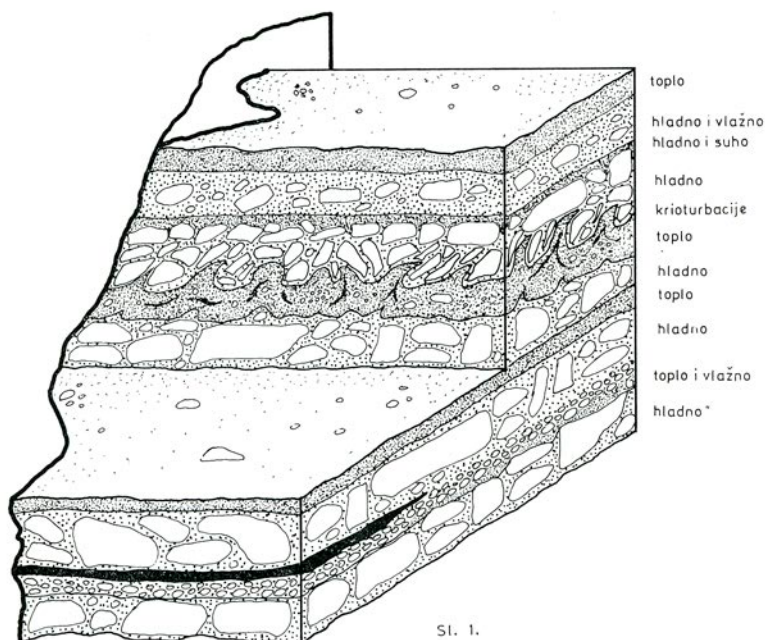
Sedimenti u spiljama nastali su uglavnom kao produkt mehaničke i kemijske rastrošbe matične stijene, a raznolikost sedimenata uzrokovali su različiti uvjeti njihova nastajanja. Najvažniji je sastavni dio spiljskih sedimenata kameno kršje, koje je po veličini i obliku vrlo

različito, a potječe ili od matične stijene u kojoj je spilja nastala ili je, što je rjeđe, naplavljeno vodom, došlo gravitacijom iz viših područja ili opet izvana krioturbacijskim procesima (proces nastali djelovanjem leda). Ilovače, pjeskuljaste zemlje i slično, nastale su ili kemijskom rastrošbom matične stijene ili su nanese izvana vodom, odnosno vjetrom.

Za relativno brzo ispunjavanje spilja naročito su pogodne velike klimatske promjene u smislu toplo-hladno, odnosno vlažno-suho. Utjecaj klime bio je od odlučujućeg značenja u oblikovanju i konačnom formiranju sedimenata, kako u kraćim vremenskim odsječcima tako i u duljem vremenskom slijedu.

Posljednjih pet milijuna godina geološke prošlosti Zemlje (kraj tercijara i kvartar) karakteriziraju velike klimatske promjene koje su ostavile tragova na cijeloj Zemlji. U sedimentima brojnih spilja odražavaju se klimatske oscilacije koje karakteriziraju to razdoblje, kada je Zemlja bila nekoliko puta uzastopno zahvaćena ledenim dobom (glacijalima) (sl. 1).

Naše spilje su uglavnom ispunjene sedimentima koji su se istaložili u posljednjih 200.000 godina. To je razdoblje dva posljednja



Sl. 1.

Sl. 1. Shematski blok-diagram spiljskih sedimenata, s vidljivim karakteristikama koje su posljedice klimatskih promjena

ledena doba (glacijala) — Rissa i Würma. U tom periodu područje Jugoslavije većim je dijelom bilo zahvaćeno periglacialnom klimom, i to nekoliko puta, što je istaknuto u sedimentima brojnih spilja (sl. 2).

U hladnom periodu mehaničke akcije bile su dominantne, a u toplom kemijske. Najvećim dijelom spiljske naslage su nataložene u hladnoj klimi za vrijeme glacijala, dok su one iz toplog razdoblja uglavnom vrlo tanke, a koji puta i nedostaju.

Klimatske promjene manifestirale su se u spiljama na više načina. Hladnu klimu karakteriziraju pojave kao što su razaranje matične stijene uslijed smrzavanja, krioturbacije, rastvaranje vapnenca, ispiranje sedimenata i nanosi vjetra, a topli umjereni periodi manifestiraju se s tri glavna fenomena: mijenjanjem sedimenata, formiranjem sigastih tvorevina i korozijom vapnenca.

Svakodnevna smrzavanja vode unutar većih i manjih pukotina kroz dulji period hladne klime, djelovala su na bočne stijene i strop spilje tako da su se urušavali veći ili manji kameni blokovi. Na taj način su nastale naslage tzv. krioklastičnog kršja.

Za vrijeme hladne i vlažne klime mogli su se unutar sedimenata odvijati krioturbacijski procesi uvjetovani izmjeničnim smrzavanjem i odmrzavanjem sedimenata, kada se zbog različite plastike i kemijskog sastava sedimenata nepravilno miješaju (uzdizanje i upadanje) pojedini dijelovi sedimenta. Ta se pojava zbiva uglavnom u predspiljskom prostoru i u početnom dijelu spilje. Utvrđene krioturbacijske pojave pouzdano su obilježje glacialne klime.

Tijekom dugačkih, ekstremno humidnih (vlažnih) i hladnih stadija, vode koje su se upijale u spiljske naslage mogle su polagano dekalificirati sediment. Topivost vapnenca znatno ovisi od sadržaja CO_2 u vodi. Ugljični dioksid je mnogo više otopljen u hladnoj vodi, a to uvjetuje da je vapnenac, recimo, šest puta topljiviji u vodi od 0°C nego u vodi od 40°C , pa se može dogoditi da tako agresivne vode prouzroče i nestanak kamenih blokova koji su otpali sa stropa uslijed smrzavanja.

Vrlo humidni periodi, obično na početku i na kraju velikih hladnih stadija, mogli su prouzrokovati velika ispiranja (podlokavanja, vododerine) u spiljskim naslagama, a isto tako i potpuno ispražnjenje spilje. Ta velika ispiranja mogu biti također vrlo precizno stratigrafsko obilježje.

Nanosi vjetrom također su obilježje periglacialne klime i rijetki su u toplim periodima. Mogu se ustanoviti proučavanjem teških minerala i morfoskopskim proučavanjima kvarenih zrnaca. Za vrijeme hladne i humidne klime vjetrovi su mogli isto tako upuhati i velike mase vegetacijskih otpadaka koji tvore onda sloj crnice.

Za vrijeme toplih i umjerenih perioda, unutar već istaloženog sedimenta odvijaju se brojne kemijske reakcije i kao njihova posljedica diagenetizacija sedimenata. Slobodno željezo prelazi u željezni oksid pa oboji sediment



Sl. 2. Profil sedimenata ulaznog dijela spilje Vin-
dije u Hrvatskog zagorju Foto: Branko Jalžić

u crveno, ili u željezni hidroksid pa oboji sediment u smeđe. Mangan u obliku oksida stvara na površini tzv. mangansku koru (»željezovita zemlja«) ili u dubini sferične konkrekcije. Takve ili slične pojave rezultat su uglavnom prelaza iz humidne u suhu klimu.

Formacije sigastih tvorevina upozoravaju ako ne na toplu klimu, onda barem na umjerenu. Potrebno je da voda sadrži otopljen kalcijski bikarbonat koji će uslijed evaporacije prijeći u kalcijski karbonat. Taj se vapnenac može istaložiti u dubini kao »vapneno mlijeko« ili se konsolidirati na površini, gdje onda formira pločaste stalagmite.

U toploj i vlažnoj klimi prilično je intenzivna i korozija vapnenca. Vode bogate huminskim kiselinama, koje se javljaju kao rezultat raspadanja organske materije na površini, intenzivno korodiraju vapneno kršje unutar sedimenata.

Paleontološki sadržaj sedimenata

Istraživanjem spiljskih sedimenata, a s tim i sagledavanjem klimatskih promjena, dobiva se jasnija slika uvjeta i okoliša na pojedinom području u određenom vremenu. Prepoznavanjem i interpretacijom tih promjena pokušava-

vaju se riješiti mnoge nepoznanice vezane uz geologiju kvartara, areale rasprostranjenja i puteve evolucijskih promjena biljaka i životinja, kao i procese vezane uz razvoj čovjeka.

Mnogi sedimenti u spiljama vrlo su bogati ostacima fosilnih životinja i materijalnih kultura čovjeka, a neki sadrže i skeletne ostatke fosilnog čovjeka. Nalazi u spiljama daju vrlo jasnu sliku o zajednicama koje su naseljavale različite biotopu u pojedinim vremenskim odsječcima. U našim spiljama do sada su pronađeni ostaci brojnih životinja koje karakteriziraju prošla razdoblja. Tako su iz toplih i umjerenih perioda pronađeni ostaci ježa, krtice, šišmiša, spiljske hijene, spiljskog leoparda, kune, jazavca, vidre, lisice, spiljskog medvjeda, šumskog slona, toplotnog nosoroga, konja, divlje svinje, običnog jelena, golemog jelena, jelena lopatara, srne, primigenog goveda, dabra, dikobraza, zeca i mnogih drugih, dok su iz hladnih (glacijalnih) perioda pronađene vrste: stepska zviždara, snježni zec, alpski svizac, vuk, crveni alpski vuk, snježna lisica, arktički žderonja (rosomah), spiljski medvjed, sob, los, ris, kozorog, divokoz, saiga-antilopa, mamut, dlakavi nosorog, moškatni bik, bizon i drugi.

Najčešći nalazi u našim krajevima jesu ostaci spiljskog medvjeda (*Ursus spelaeus*), koji je u mnogim spiljama zastupljen u faunističkom spektru s više od 90% svih ostataka. Iz sukcesivnog izmjenjivanja zajednica određenih biotopa može se vrlo lako rekonstruirati promjene u njima.

Jedan dio životinjskih ostataka u spiljama svakako je rezultat prisutnosti čovjeka i njegova djelovanja. Čovjeku su spilje pružale relativno siguran krov nad glavom, a u hladnim razdobljima i zaklon od nepovoljnih klimatskih prilika.

Najstariji čovjekoliki oblici za koje se tvrdi da predstavljaju izravne ljudske pretke nalazimo u fosilnim dokazima koji se obično označuju kao **australopiteci** (sl. 3), a naseljavali su otvorena područja u dolinama rijeka i oko obala jezera južne i istočne Afrike prije približno 4 milijuna do nešto više od 1 milijun godina. Uslijed povoljnih klimatskih uvjeta u tim krajevima i svoga načina života ti ljudski preci nisu imali za potrebu okupirati zatvorena staništa kao mjesto svog stalnijeg obitavanja. Prije više od dva milijuna godina ta ista područja naseljavaju i ljudski preci koje istraživači imenuju vrstom **Homo habilis** (sl. 3), koju uz neke morfološke promjene karakterizira i usvajanje tradicije izrade primitivnog kamenog oruđa. Kulturnim napretkom (izrada oruđa, mogućnost međusobnog komuniciranja i sl.), kao i stjecanjem novih bioloških osobina (povećanje kapaciteta mozga i sl.) prije nešto više od milijun i po godina, ta se skupina postupno razvija u novu vrstu pračovjeka koja se naziva **Homo erectus** (sl. 3). Iz afričkih prostora, koje su razmjerno brzo zauzele, krenule su skupine tog pračovjeka u osvajanje novih prostranstava Azije i Evrope. Njihovi fosilni ostaci, a još više ostaci njihovih materijalnih kultura, svjedoče o veoma dugom

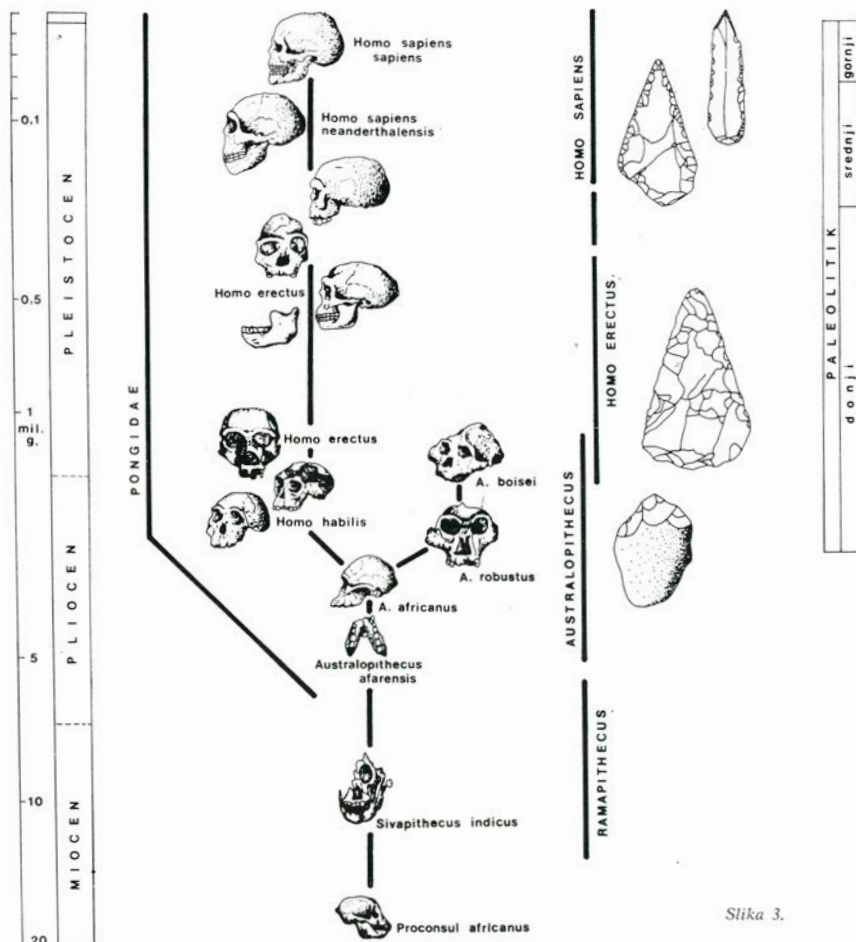
vremenskom periodu u kojem je živio ovaj oblik pračovjeka, možda sve do 300 tisuća godina prije sadašnjosti. Promjene u dnevnim djelatnostima, lov i druge manifestacije skupnog načina života, vode daljnjoj promjeni ponašanja i stjecanju novih kulturnih saznanja. *Homo erectus* je prvi upoznao vatru i njeno značenje u svakodnevnom životu. Na tom razvojnem putu čovjeka počelo je građenje prvih osmišljenih nastambi i skloništa. U tom razdoblju geološke prošlosti bila su sjeverna područja Zemlje nekoliko puta prekrivena debelim naslagama kontinentalnog leda. U borbi za opstanak u novim prostorima čovjek počinje koristiti kao mjesto svog stalnijeg boravka prirodne zaklone (spilje, jame, abrije i sl.).

Prije 300—200 tisuća godina ili, možda, više, okupiranje novog okoliša i nova kulturna prilagodba omogućit će da se neke skupine vrste *Homo erectus* razviju u našu vrstu **Homo sapiens** (sl. 3). Arhaični *Homo sapiens* još ima pojedine specifičnosti po kojima ga istraživači vole označavati podvrstom **Homo sapiens neanderthalensis**. Najpoznatija skupina naših predaka iz tog razvojnog stupnja jesu ljudi koji su u posljednjem meduleđenom i ledenom dobu obitavali prostorima Evrope, Bliskog istoka i sjeverne Afrike. Slični kulturni i biološki procesi odigrali su se i u drugim prostorima Azije i Afrike, a sve prisutnije velike migracije pružaju mogućnost izmjene genetskih i kulturnih informacija, posebice u dodirnim područjima, pa ljudske populacije dobivaju pomalo današnje glavne oznake.

Današnji čovjek ili, biološki gledano, **Homo sapiens sapiens** pojavljuje se u Starom svijetu prije četrdesetak tisuća godina. Usvajanje novih kulturnih navika omogućuje mu da zađe i naseli nove prostore. Nestanak ledenih pokrova, prije desetak tisuća godina, dovodi čovjeka i u prostore koje i danas zauzima.

Prema tome, čovjek se počeo koristiti spiljama, jamama i sl. kao mjestom svog stalnijeg obitavanja na razvojnem stupnju *Homo erectus*, kada je kulturnim stupnjem dosegao mogućnost naseljavanja takvih klimatskih pojaseva koji su zahtijevali traženje stalnijih skloništa. Ta prirodna skloništa služila su zatim tisućama godina kao potreba čovjekova opstanka.

Nepovoljne klimatske prilike, naročito posljednjih 100.000 godina, uzrokovale su da je čovjek, živeći u periglacialnim područjima na obodima kontinentalnog leda, koristio većim dijelom godine prirodne zaklone kao svoje stanište. Pri odabiranju prostora za naseljavanje davao je prednost onim spiljama čiji su otvori bili okrenuti prema jugu. Za nuždu on se ipak sklanjao i u one s otvorom prema istoku i zapadu. Zanimljiv je naseljen prostor u Crvenoj stijeni u Crnoj Gori, punom širinom otvora okrenut prema jugu, koji se tokom ljeta nalazi u sjeni i hladovini, da bi u zimskim mjesecima, kad se sunce spusti dovoljno nisko, bio direktno zagrijavan. U pravilu je u spiljama najintenziv-



Slika 3.

nije bio zaposjednut samo ulaz, ali je i u ostalim dijelovima otkriveno tragova prebivanja, kao npr. u Potočkoj zijalki vrlo duboko u unutrašnjosti.

Kulturna razdoblja

O čovjekovoj prisutnosti u spiljama u određenom vremenu najčešće govore brojni ostaci njegovih materijalnih kultura. Kako je fosilni čovjek različitog stupnja evolucijskog razvoja stvarao svoju kulturu, nalazi artefakata vrlo često služe i kao vrijedan označak starosti pojedinog sloja, odnosno kompleksa slojeva (sl. 3). Tako tip oruđa koji nosi naziv »udarač« obilježava kulturni stupanj populacije koje su nastavale određena područja Zemlje od prije dva milijuna do jedan milijun godina. Ta se kultura naziva »Olduvjenskom«. Nosilac te kulture bio je Homo habilis. Tip oruđa koje zovemo »ručni klin« izrađivali su ljudi, Homo erectus, koji su živjeli od prije milijun do 300 tisuća godina. Njihova se kultura naziva »Ašelenskom« i sa starijom kulturom pripada donjem paleolitiku (stariji dio starog kamenog doba). Slijedeći kulturni stupanj karakteriziran je uglavnom strugalima i grebalima raz-

ličita oblika, a nosilac te kulture bio je neandertalac. Ta kultura, koju nazivamo »Musterijenskom«, pripada srednjem paleolitiku (mladi dio starog kamenog doba). Gornji paleolitik (najmladi dio starog kamenog doba, od 40.000 do 10.000 god.) je kulturni stupanj modernog čovjeka (Homo sapiens sapiens), a obilježen je kremenim lamelama različitog tipa, kao i pojavom koštanog oruđa. Lamele i koštano oruđe kao stupanj kulturnog izraza nastavlja se dalje i kroz razdoblje mezolitika (srednje kameno doba) i neolitika (mlade kameno doba). Mezolitik obilježava i pojava strelice i harpune, a neolitik pojava keramike.

U našim spiljama pronađeni su ostaci uglavnom materijalnih kultura mlađeg i najmlađeg dijela starog kamenog doba (srednji i gornji paleolitik), te materijalnih kultura srednjeg (mezolitik) i mlađeg kamenog doba (neolitik). Po bogatstvu i značenju nalaza u cijelom svijetu su poznate naše spilje: Krapinska, Velika pećina, Vindija i Veternica u sjeverozapadnoj Hrvatskoj, Potočka zijalka, Betalov spodmol i Črni kal u Sloveniji, Sandalja u Istri, te Crvena stijena u Crnoj Gori. U tim spiljama su pronađeni brojni kremen i

koštani artefakti iz razdoblja srednjeg i gornjeg paleolitika, s više kulturnih stupnjeva i grupacija. U mnogim spiljama našeg dinarskog krša pronađeni su i ostaci iz razdoblja mezolitika i neolitika. Različiti tipovi keramike i popratnog materijala omogućili su čak i postavljanje lokalnih naziva za pojedine kulturne grupacije.

Istodobno sa svojim življenjem u spiljama čovjek je gajio i umjetnost. Prvi spomenici umjetnosti potječu iz najmlađeg dijela starog kamenog doba (gornji paleolitik) i djelo su modernog čovjeka. Koliko je za sada poznato neandertalac se još nije koristio umjetnošću kao načinom svog emotivnog izražavanja. Nosioci paleolitske umjetnosti bile su raznorodne skupine ljudi koje su u gornjem paleolitu formirale veće ili manje teritorijalno ograničene zajednice, prilagođene na različite biotope. One su zato u nekim prostorima i klimatskim zonama izrađivale vlastitu kulturu i stil. Bogatstvo prethistorijske skulpture iz nalazišta u Čehoslovačkoj, Austriji, Francuskoj i Sovjetskom savezu govore o visokom stupnju umjetničkog izražavanja paleolitskog lovca. Na našem području za sada nema tragova paleolitske umjetnosti, osim graviranih oblika na kamenu spilje Badanj u Hercegovini i nekih graviranih oblika komada kostiju iz spilje Sandalje u Istri.

Uz tragove materijalnih kultura pronađeni su i kod nas na više mjesta skeletni ostaci fosilnih ljudi različitih stupnjeva razvoja. Osobito su značajni nalazi neandertalaca iz poluspilje u Krapini i iz spilje Vindije. Na ostalim lokalitetima (Velika pećina, Sandalja, Romualdova pećina, Cerovačka pećina donja i dr.) pronađene su mlade populacije paleolitskih ljudi, odnosno ostaci modernog čovjeka.

Iskopavanje sedimenata

Do gotovo svih podataka dolazi se iskopavanjem spiljskih sedimenata. U stručnoj literaturi vrlo su dobro razrađene metode iskopavanja koje mogu dati maksimum informacija što ih tražimo. U mnogim spiljama prilikom iskopavanja nailazi se na niz »zamki« koje mogu dovesti istraživača do prividne zablude, tako da iskopavanje zahtijeva minuciozan rad i uočavanje svih »nezakonitosti« na koje se može naići. Nestručno iskopavanje, bez uočavanja svih kriterija koji su postavljeni, može samo štetiti, jer eventualno pronađeni nalaz bez točno utvrđenih svih odnosa koji bi se mogli inače vrlo lagano utvrditi, postaje gotovo bezvrijednim, iako bi mogao imati neprocjenjiv znanstveni značaj.

Uzmimo za primjer arheološku industriju koja je sa svojim obilježjima proizvod ljudskih populacija određenog vremena. Nije ni jedak slučaj da prilikom iskopavanja u spiljama nađemo samo pojedine izolirane komade koji nas na osnovi svog izgleda mogu dovesti u zabludu. Znamo da svaki arheološki ili kulturni stupanj ima svoja osnovna obi-

lježja na osnovi kojih mu određujemo vremensku starost. Međutim, postoje neki oblici u takvoj industriji koje susrećemo, recimo, i u paleolitu, i u mezolitu, i u neolitu. Prema tome, nađemo li takav artefakt izolirano, ne možemo zasigurno znati kojem kulturnom stupnju kamenog doba pripada, ako nemamo slijed industrije ili popratni drugi materijal, bilo paleontološki, bilo arheološki. Kamena industrija različitih kulturnih stupnjeva često sadrži istovjetne tipološke oblike, ili zato što materijal zbog svojih petrografskih karakteristika ne omogućuje velike promjene u izradi, ili pak svrha namjene ne zahtijeva veće promjene u izgledu, odnosno tipu artefakata.

Isto tako može se u sedimentnom kompleksu naići na zatrpane rovove pojedinih životinja, gdje je sav paleontološki i arheološki materijal izmiješan. Iako sedimenti na prvi pogled mogu izgledati intaktni, u takvim slučajevima ne možemo donositi nikakve zaključke ako, otvarajući brojne profile, ne nađemo na intaktne naslage. Često puta i različiti geološki procesi (recimo, krioturbacija) mogu prividno poremetiti stvarne odnose, jer svojim djelovanjem mogu pomišati nalaze različite starosti.

Zaključak

Istraživanjem spilja može se dobiti mnogo zanimljivih i korisnih podataka. Nalazi u spiljskim sedimentima, kao i pojave koje možemo uočiti u njima govore vrlo jasno o općim geološkim pojavama, klimatskim zbivanjima, promjenama u evoluciji živog svijeta, promjenama u kulturnom i biološkom napretku čovjeka i sl. U našem kršu ima mnogo spilja, pa istraživanja u njima postepeno slažu mozaik o razvoju Zemlje i živog svijeta na njoj.

LITERATURA

- Basler, D. (1979): Život i kultura paleolitskog i mezolitskog čovjeka na tlu jugoslavenskih zemalja, Praistorija jugoslavenskih zemalja I (paleolit i mezolit), 103—115, Sarajevo.
- Lais, R. (1941): Über Höhlensedimente. Quartär, 3, Berlin.
- Laville, H. (1975): Climatologie et chronologie du Paleolithique en Perigord, Etude sedimentologique de dépôts en grottes et sous abris, Etudes Quaternaires, Mem. 4, Marseille.
- Lumley, H. (1965): Evolution des climats Quaternaires d'après le remplissage des grottes de Provence et du Languedoc méditerranéen, Bull. Assoc. franc. pour l'étude du Quaternaire, 2, 165—170, Paris.
- Malez, M. (1979): Fosilni čovjek na tlu jugoslavenskih zemalja, Praistorija jugoslavenskih zemalja, I, (paleolit i mezolit), 81—102, Sarajevo.
- Miskovsky, J. (1976): Les changements climatiques durant le Pleistocene et l'Holocene autour de la Méditerranée, IX Congrès UISPP, Colloque II, 20—49, Nice.
- Radović, J. (1984): Razvoj čovjeka, Geološko-paleontološki muzej, Zagreb.
- Rukavina, D. (1979): Iskopavanje spilja i osobitosti koje susrećemo, Speleolog 26—27, Zagreb.
- Shackley, M. L. (1975): Archaeological Sediments, A Survey of Analytical Methods. Butterworths London and Boston).

Sadržaj 1. sveska

VLADO BOŽIĆ

Skolovanje speleološkog kadra

HRVOJE MALINAR

Špiljska meteorologija

ROMANA LATTINGER i

NIKOLA TVRTKOVIĆ

Živi svijet podzemlja

DARKO RUKAVINA

Špiljski sedimenti i njihov paleontološki i kulturni sadržaj

IZDAVAČ

Planinarski savez Hrvatske

Komisija za speleologiju

Zagreb 1986

NAKLADA

500 primjeraka

