

RAZVOJ PASIVNOG BIOLOŠKOG MONITORINGA U LAZAREVOJ (ZLOTSKOJ) PEĆINI

DEVELOPMENT OF PASSIVE BIOLOGICAL MONITORING IN LAZAREVA (ZLOTSKA) PEĆINA CAVE

Predrag Jakšić
Zavod za zaštitu prirode Srbije, Beograd

IZVOD:

Izneti su podaci o istoriji istraživanja, speleološkim i biospeleološkim vrednostima Lazareve (Zlotske) pećine. Ukazano je na antropogene pritiske na ovaj speleološki objekat. Rezultati merenja sadržaja teških metala u Boru i na Crnom vrhu u čađi i taložnim materijama ukazuju na stanje zagađenosti vazduha, zemljišta i vode. Istaknuta je potreba da se u ovom zaštićenom prirodnom dobru obavlja biološki monitoring. Predočen je efektivni model ekosistema Lazareve (Zlotske) pećine. Predložena je bioindikatorska vrsta *Triphosa dubitata* L. Sugerisani su parametri "integralnog" monitoringa u Lazarevoj (Zlotskoj) pećini.

ABSTRACT:

Data on history of exploration, speleological and biospeleological values of the cave Lazareva (Zlotska) pećina are done. Anthropogenic pressures on this speleological object are pointed out. Measurement results of heavy metals content in grime and sediment substance taken in Bor and on the mountain Crni Vrh show extent of the pollution of air, ground and water. The need was emphasized for establishing biologic monitoring in this protected nature preserve. Envisaged is effective model of ecosystem of Lazareva (Zlotska) Pećina. For a bioindicator species proposed is *Triphosa dubitata* L. Parameters of "integral" monitoring of Lazareva (Zlotska) Pećina are suggested

UVOD

Lazareva (Zlotska) pećina je locirana u istočnom delu Kučaja. Sa 1.721 m do sada otkrivenih kanala spada u duže pećine ovog dela Srbije. Speleološkim istraživanjima objašnjen je njen nastanak tokom pleistocena (Cvijić, 1891, 1895; Petrović, 1954, 1957-1958).

Lazareva (Zlotska) pećina ima suve kanale, periodično plavljene kanale i rečne kanale, uključujući i jezera. Na planu pećine locirane su pozicije osam jezera (Đurović, 1998). Vode ove pećine stoje u vezi sa Mikuljskom rekom i Demizlokom, tj. sa Zlotskom rekom, pri čemu su ovde uspostavljeni složeni hidrografski odnosi (Lazarević, 1986).

Počeci biospeleoloških istraživanja ove pećine vezuju se za posetu poznatog francuskog stručnjaka Žanela (Jeannel, R.) u pratnji Siniše Stankovića, 9. juna 1923. godine. Tom prilikom oni su u pećini utvrdili predstavnike 15 životinjskih grupa. U proteklih 80 godina brojni biospeleolozi su nastavili israživanja ove pećine. Definisana su staništa i ekološke niše u njima, kao i organizmi koji se tu susreću. Od akvatičnih staništa izdvajaju se tekuće vode, stalna i periodična jezera, bare u kadama i prokapne vode. Od terestričnih niša izdvajaju se zajednice u glini, vrste koje obitavaju ispod kamenja, vrste koje borave u pukotinama zidova, vrste sa podova, zidova i tavanice, vrste iz guana, vrste koje su vezane za gljive, parazitske vrste i dr. Čurčić et al. (1997), Bobić (2000 i 2003), Grubač (2003) su registrovali oko 40 vrsta kavernikolih trogloksenih, troglofilnih i troglobiontskih organizama u ovoj pećini. Ove vrste su predstavnici većeg broja taksonomskih grupa: *Protozoa*, *Rotatoria*, *Oligochaeta*, *Nematoda*, *Copepoda*, *Ostracoda*, *Hydroacarina*, *Acarina*, *Pauropoda*, *Symphyla*, *Glomerida*,

Chordeumatida, Polydesmida, Thysanura, Araneae, Opiliones, Pseudoscorpiones, Collembola, Coleoptera, Pupipara, Chiroptera.

Predstavnici reda *Lepidoptera* su takođe registrovani u Zlotskoj (Lazarevoj) pećini. Zečević (2002) registruje nalaze vrsta *Triphosa dubitata* (Linnaeus, 1758) i *Scoliopteryx libatrix* (Linnaeus, 1758). I mi smo ove dve vrste registrovali u ovoj pećini u više navrata, počev od 1993. godine.

Zbog svojih nesumljivih vrednosti u pogledu speleomorfologije, speleohidrologije, paleontologije, arheologije i biospeleologije Lazareva (Zlotska) pećina je Rešenjem br. 14 od 15. novembra 1949. godine Zavoda za zaštitu i naučno proučavanje prirodnih retkosti NR Srbije stavljena pod zaštitu, kao prirodni spomenik.

ANTROPOGENI PRITISCI NA LAZAREVU (ZLOTSKU) PEĆINU

Lazareva (Zlotska) pećina ima kompleksne veze sa spoljnom sredinom. Malo veštačko jezero, izgrađeno osamdesetih godina prošlog veka, ispod Motela potopilo je vrela ispred ulaza u Lazarevu pećinu. Lazarević (1986) je bojenjem dokazao da se vode Demizloka i Mikuljske reke posle poniranja javljaju u vrelima ispred Lazareve (Zlotske) pećine. Ove vode, zajedno sa vodom Malog jezera ispred Motela, u direktnoj su vezi sa vodama u pećini. Pećina prima i atmosferske prokapne vode sa obronaka na levoj strani kanjona Lazareve reke a verovatno i vode iz Vernjikice. Atmosferski vazduh preko širokog ulaza u pećinu komunicira sa pećinskim kanalima. Izvesno je da neorganski i organski polutanti vode i vazduha mogu pomenutim komunikacijama delovati i na živi svet pećine. Sama izgradnja Malog jezera je poremetila ustaljeno kolebanje nivoa podzemnih voda u pećini i doprinela je povećanju vlažnosti područja pa samim tim doprinela je i povećanju relativne vlažnosti u pećini. Odnosenje glinenog i bigrenog sedimenta na ulazu u pećinu radi proširivanja otvora u periodu od 1953. do 1980. godine prvi je direktni antropogeni pritisak na pećinu. Sem što je uništen najvredniji fosilonosni sloj i paleontološko nalazište direktno je značajnim povećanjem ulaznog otvora poremećena i mikroklima. Postavljanje drvenih vrata i metalne rešetke otežalo je ulaz slepim miševima (Paunović, 2000). Betoniranje staza u pećini i njena elektrifikacija radi turističkih poseta omogućili su razvoj alohtone "lampflore". Pošto je pećina uređena za turističke posete onda se i posetioци javljaju kao dodatni faktor narušavanja konstantnih uslova.

Pored ovakvog direktnog antropogenog pritiska živi svet Lazareve pećine je izložen i indirektnim efektima polutanata lokalnog karaktera. Merenja stanja zagađenosti vazduha teškim metalima u čađi i taložnim materijama pokazuju njihovo značajno prisustvo. Arsen i kadmijum su najčešće prelazili dozvoljene vrednosti, dok su ostali metali osim olova u dva merenja bili u okviru GVI (Matić-Besarabić i Kostoski, 2001). Ovakva zagađenost vazduha je uticala na stanje šumskih ekosistema. Kadović i Knežević (2002) konstatuju za zemljište planinske šume bukve na Crnom vrhu sledeće: "Kod skeletnih zemljišta je, pod uticajem štetnih primesa iz RTB Bor, došlo do promene osobina i veoma izražene acidifikacije u humusnom A-horizontu." Odnos "median vrednosti za teške metale u organskim slojevima" i "median vrednosti u organo-mineralnim slojevima" (Rademacher, 2001), predstavlja faktor M_{org}/M_{min} , koji omogućava zaključivanje o intenzitetu premeštanja teških metala iz gornjih organskih u niže mineralne slojeve zemljišta. Blizina izvora emisije i povoljni uslovi taloženja doprineli su višestrukom povećanju koncentracije teških metala u odnosu na prosek dobijen analizom sedam lokaliteta u Srbiji, što je prikazano na Tabli 1:

Tabla 1. Vrednosti faktora M_{org}/M_{min} za šumska zemljišta Srbije (prema: Kadović i Knežević, 2002).

Lokaliteti	Elementi					
	Fe	Mn	Zn	Cu	Pb	Cd
	M_{org}/M_{min}					

Prosek za sedam lokaliteta u Srbiji	0,15	1,07	0,81	0,80	0,62	1,41
Crni vrh (Bor)	0,65	0,34	11,22	15,23	14,28	8,14

Tabela pokazuje da su vrednosti za Fe, Zn, Cu, Pb i Cd veće od 4 do 15 puta od proseka za Srbiju. Jedino je vrednost za Mn manja od proseka za Srbiju. Ovi podaci su zabrinjavajući ako imamo u vidu činjenicu da teški metali iz zemljišta dospevaju u vodene tokove, pa tako i u podzemne vode Zlotske (Lazareve) pećine. Izneti podaci se odnose za Crni vrh koji je severozapadno od Bora, dok je Lazarev kanjon jugozapadno u odnosu na Bor. Nemamo podatke o aerozagadenju koji bi se odnosili na Lazarev kanjon, ali je izvesno da je efekat sličan onom registrovanom na Crnom vrhu.

Drugi put unosa je preko trogloksenih i troglofilnih organizama. Primera radi: insekti fanerobionti vrše unos teških metala iz vazduha i preko hrane, njima se hrane slepi miševi koji preko guana unose te polutante u guanofilne kriptobionte Lazareve (Zlotske) pećine.

Stanje antropogenih pritiska izloženo za slučaj Lazareve (Zlotske) pećine znatno ranije je evidentirano i u speleološkim objektima Evrope i Amerike. Prvi organizovani napor u cilju zaustavljanja degradiranja podzemlja odigrao se na IV međunarodnom speleološkom kongresu u Ljubljani, 1965. godine. Tada je osnovana Komisija za uređivanje i zaštitu pećina, pri svakom nacionalnom savezu. Na VI međunarodnom speleološkom kongresu (Olomouc, ČSSR) odlučeno je da se 1975. godina proglasi za internacionalnu godinu zaštite pećina. Tada je utvrđena i definicija turističke pećine (tourist cave). Council of Europe je doneo "Preporuku br. 36 (1992) o zaštiti podzemnih staništa" kojom je integralno na nivou zemalja Evropske Unije regulisana ova materija. U preporuci je navedeno 10 kriterijuma za izbor pećina u pogledu njihove biološke vrednosti i predložena je procedura zaštite i menadžmenta pećinskih staništa (Habe, 1980; Anonymous, 1992).

BIOLOŠKI INDIKATORI I BIOLOŠKI MONITORING U PEĆINAMA

Termin biološki indikator (Clements, 1920) označava organizme koji svojom prostornom i vremenskom disperzijom i svojom populacionom dinamikom u određenom staništu ukazuju na ekološke uslove toga staništa. Ekološki uslovi u staništu obično determinišu najznačajniji faktori kod bioindikatorske vrste, faktor njenog prisustva – faktor egzstencije, ili odsustva – faktor limitacije. Biološki monitoring se definiše kao: "praćenje akumulacije zagađujućih materija ili njihovih štetnih sastojaka u tkivima organizama, ali istovremeno i praćenje odgovarajućih biohemijskih, morfoloških, fizioloških i patoloških promena kod jedinki, odnosno populaciono-ekoloških promena kod populacija biljaka i životinja" (Savić i Terzija, 1995). Za bioindikaciju se primenjuju dve metode – metoda pasivnog monitoringa i metoda aktivnog monitoringa. U prvom slučaju se znaci stresnog dejstva polutanata registruju kroz vidljive ili nevidljive promene ili odstupanja od norme. Kod aktivnog monitoringa se koriste test-organizmi da bi se standardizovanim metodama i u kontrolisanim uslovima definisao ksenobiotik. Cigna (2002) preporučuje da se od abiotičkih ekoloških faktora u pećinama sprovodi monitoring vazduha parametara temperature, relativne vlažnost, koncentracije CO₂, radona i vazdušnih strujanja. Zavisno od ciljeva i mogućnosti mogu se ispitivati i parametri u vodi: pH, rastvoreni kiseonik ili električna provodljivost.

U bioindikaciji su važni brzina sprovođenja, dobijanje dovoljno tačnih podataka i rezultata koji se mogu obnoviti i dobra zastupljenost bioindikatorske vrste.

Biološki monitoring u pećinama je izuzetno važan za praćenje stanja u ovim fragilnim ekosistemima, naročito ako su izložene antropogenim pritiscima. Lazareva (Zlotska) pećina dodatno to zaslužuje i zbog činjenice da sa oko 40 vrsta (a ubuduće se može očekivati i otkrivanje novih) predstavlja unikatni refugijalni centar. Samo 6 pećina u svetu ima više od 40 vrsta (sistem Postojna-Planina, Vjetrenica, Pešera de la Movile, Križna jama, Logarček i Mammoth Cave). Culver and Sket (2002) su ukazali na brojne teškoće organizovanja

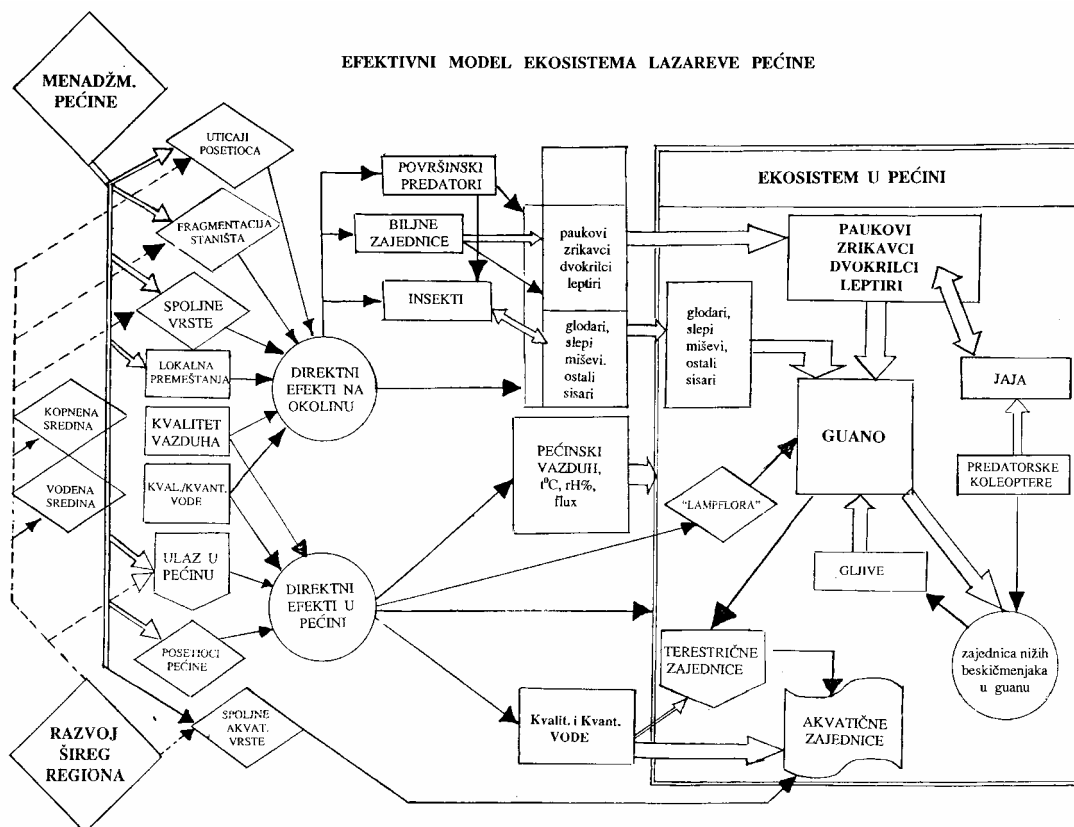
monitoringa fizičkih, hemijskih i bioloških uslova u pećinama. Za praćenje stanja vrsta oni predlažu sakupljanje organizama standardnim klopakama. Međutim, mi, rukovođeni idejom (Woodmana and Thomasa (2003) predlažemo razvoj ekološki utemeljene, neinvazivne i indirektno metode pasivnog biološkog monitoringa, prilagođene efektivnom modelu ekosistema Lazareve (Zlotske) pećine.

EFEKTIVNI MODEL EKOSISTEMA LAZAREVE (ZLOTSKE) PEĆINE

Kruženje materija i energije u svakom ekosistemu određeno je skladom između producenata, konzumenata i reducenata. Specifičnost je pećina da nemaju producente organske materije, sa izuzetkom onih u kojima postoje hemosintetički mikroorganizmi. Trofički lanac u Lazarevoj (Zlotskoj) pećini predstavljen je konzumentima i reducentima, koji zavise od organske materije unete spolja.

Vodenim putem organska materija dospeva preko Mikuljske reke i Demizloka, tj. preko Malog jezera ispod Motela, čije su vode u hidrografskoj vezi sa vodama Lazareve (Zlotske) pećine. Drugi akvatični put unosa je preko prokapnih voda pećine. Moguće je da postoji i veza sa Vernjikicom preko levog kraka "Rečnog kanala" i da jedan deo unosa ide tim putem. Kopnenim putem unos se vrši preko znatno proširenog ulaza. Tako ulaze brojni sitni sisari, gmizavci i vodozemci kao i razni beskičmenjaci. Vazдушnim putem kroz isti ulazni otvor dospevaju slepi miševi, ptice i brojni insekti, kao i mikroorganizmi, polen biljaka i spore gljiva.

Ovako uneta organska materija, živa ili neživa, podleže tretmanu konzumenata i reducenata u pećini. Deo tih odnosa predstavljen je na Tab. 2:



Tab. 2. Efektivni model ekosistema Lazareve pećine.

MOGUĆE INDIKATORSKE VRSTE LAZAREVE (ZLOTSKE) PEĆINE

Biološki indikatori su jedna od komponenti sistema indikacije i indikatora raznih kategorija (socijalni, ekonomski, itd.) i raznih institucija (UN, World Bank, OECD itd.). Kada je u pitanju stanje životne sredine i tu postoji veći broj indikatora, među koje posebno ističemo one koji se odnose na biodiverzitet (Recommendation for a Core Set of Indicators on Biological Diversity). Svakoj državi je prepušteno da izabere set indikatora i indikatorske vrste i da organizuje globalni monitoring, i u okviru njega biološki monitoring, na nacionalnom nivou.

Biološki indikatori u kavernikolnim objektima (pećine, jame, napušteni rudnici) su takođe predmet teoretskog razmatranja i razvoja u praksi. U ovom periodu težište je usmereno na vrste indikatore stanja podzemnih voda, pri čemu se najčešće operiše sa račićima i puževima. (Rejic, 1973; Sket & Bole, 1982). Riđa voluharica (*Clethrionomys glareolus*) je odabrana kao bioindikator teških metala u napuštenim rudnicima Irske (Milton and Johnson, 1999). Woodman & Thomas (2003) su kao bioindikatorsku vrstu u Mammoth Cave, USA, izabrali pećinskog zrikavca *Hadenocetus* sp.

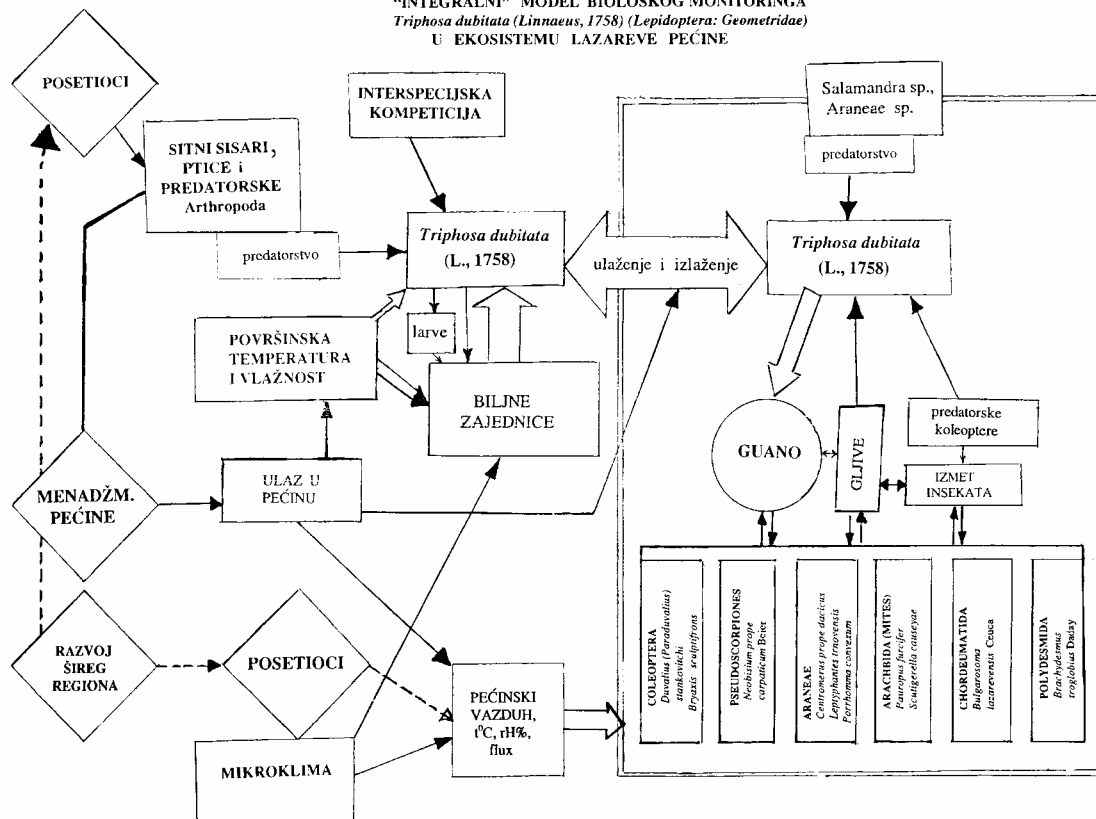
Tragajući za prikladnim indikatorom za naše uslove pošli smo od zahteva koje izabrana vrsta-indikator mora da ispuni:

1. Poželjno je da vrsta svojim prisustvom/odsustvom, ili specifičnom ekofiziološkom reakcijom, ukazuje na promene parametara spoljne sredine (najbliže okoline pećine), tj. da ukazuje na stresora i time da rano alarmira na moguće štetne posledice po ekosistem u pećini;
2. Poželjno je da vrsta ne bude ograničena u distribuciji samo na jednu pećinu, ili manji broj pećina, jer se onda ne može pratiti stanje na teritoriji cele Srbije;
3. Poželjno je da vrsta bude lako uočljiva i dostupna bez postavljanja klopki kojima se sakupi (ali i ubije) stotine organizama, pripadnika više vrsta;
4. Poželjno je da finansijski cena monitoringa na izabranoj indikatorskoj vrsti bude adekvatna trenutnim ekonomskim mogućnostima društva.

Polazeći od iznetih zahteva i lokalnih ekotoksikoloških prilika najpre smo se odlučili za indikatorsku vrstu koja će ukazivati na stanje zagađenosti vazduha, tj. izostavili smo praćenje zagađenja voda.

Pojava "industrijskog melanizma" kao reakcije boje tela na antropogene promene sredine poznata je još iz doba industrijske revolucije. Oko sto vrsta životinja, među njima najčešće insekti, imaju melanističke forme. Kod leptira je ova pojava takođe poznata, kod njih je prvi put i zabeležena a melanističke forme najčešće obrazuju leptiri iz familije *Geometridae* (*Biston betularia*, *B. stratarius*, *Boarmia rhomboidaria*, *Phigalia pedaria* i dr.). Pored melanističkih formi evidentna je i pojava tamnijeg kolorita krila u uslovima aerozagađenja. Aerozagađenje u široj okolini Bora je značajan deo antropogenog pritiska. Ono direktno ili indirektno ima uticaja i na ekosistem Lazareve (Zlotske) pećine. Zato smo izabali vrstu *Triphosa dubitata* (Linnaeus, 1758)(fam. *Geometridae*) kao bioindikatora aerozagađenja. Ona je trogloksena i u pećinama se susreće u dijapauzi. Uključuje se u ekološki lanac ishrane preko slepih miševa, predatorskih paukova iz roda *Meta*, preko daždevnjaka i drugih predatora, ili preko gljiva. Na Tab. 3 prikazan je put njenog uključenja:

"INTEGRALNI" MODEL BILOŠKOG MONITORINGA
Triphosa dubitata (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Geometridae)
 U EKOSISTEMU LAZAREVE PEĆINE



Tab. 3. "Integralni" model biološkog monitoringa *Triphosa dubitata* (Linnaeus, 1758)(Lepidoptera, Geometridae) u ekosistemu Lazareve (Zlotoske) pećine.

Svojim prisustvom (faktor egzistencije) ova vrsta leptira ukazuje na još uvek nizak stepen aerogađenja okoline. Posredno, ona ukazuje i na ostale vrste insekata, pa i drugih organizama, koji spolja ulaze u pećinu.

Model bioindikacije ovom vrstom komparativan je sa modelom zrikavca *Hadenoeucus* sp., kojeg su utemeljili Woodman & Thomas (2003).

Monitoring pomoću ove bioindikatorske vrste ogledao bi se u praćenju njenog prisustva (ili odsustva) u Lazarevoj (Zlotoskoj) pećini, u praćenju broja jedinki i njihovom rasporedu u kanalima pećine, u praćenju tonaliteta krila (stepen industrijskog melanizma), u praćenju broja jedinki napadnutih od gljiva i u komparaciji rezultata praćenja u Lazarevoj (Zlotoskoj) pećini sa stanje u drugim pećinama Srbije, prvenstveno u onim gde nema aerogađenja izraženog kao u regionu Bora.

Koliko ovaj model ispunjava četiri navedena uslova koje treba da ima izabrana vrsta-indikator? Ubedeni smo da je prvi i najvažniji uslov potpuno ispunjen jer su leptiri uopšte poznati kao dobri bioindikator aerogađenja a predstavnici fam. *Geometridae* posebno. Ova vrsta može svojim prisustvom, brojnošću i tonalitetom krila ukazati na stepen aerogađenja. Vrsta je rasprostranjena u celoj Srbiji, i na Balkanskom poluostrvu pa se lako može vršiti komparacija. Vrsta je lako uočljiva u pećinama, lako dostupna i za njeno nalaženje nije potrebno postavljanje klopki, čak nije potrebna ni klasična speleološka oprema. Finansijski zahtevi monitoringa su minimalni i svode se praktično samo na troškove izlaska na teren. Naravno, ovim troškovima se mogu dodati i troškovi merenja fizičko-hemijskih parametara vazduha u pećini, pa čak i analiza sadržaja teških metala u telu leptira, u slučaju potrebe.

Ovako dobijenim podacima mogli bi smo da dugoročno pratimo stanje i uočavamo trendove.

PARAMETRI "INTEGRALNOG" MONITORINGA U LAZAREVOJ (ZLOTSKOJ) PEĆINI

Lazareva (Zlotska) pećina poseduje izuzetne speleološke vrednosti. U speleomorfološkom smislu ona je kompleksna i po dužini kanala i po prisustvu morfoloških oblika (pećinski nakit). Nova speleološka istraživanja ukazuju da je dužina njenih kanala veća i da se verovatno može očekivati nalaženje veze sa Vernjikićom. Ona je i interesantan hidrološki objekat i poseduje stajaće, tekuće i prokapne vode. Sedimenti u ovoj pećini poseduju paleontološke i kulturne slojeve a na njima je moguće vršiti i paleoklimatske i paleoinvajronmentalne analize. Mikroklimatski je pećina takođe interesantna a njene biospeleološke vrednosti, kako smo već istakli, su nesumljive. Ona je i zaštićeni objekat prirode a ima i status pećine uređene za turističke posete. Najzad, ona je interesantna i zbog antropogenih pritisaka.

Imajući iznete činjenice u vidu nameće se zaključak da bi bilo vrlo značajno da Lazareva (Zlotska) pećina bude jedan od objekata integralnog monitoringa na nacionalnom nivou, jedna od tačaka u mreži monitoring-mesta u Srbiji. Ovakav monitoring bi bio kombinovan sa daljim naučnim istraživanjima različitih speleoloških parametara, kako je to danas uobičajeno u svetu. Povoljna je okolnost da je u neposrednoj blizini pećine izgrađen Motel, koji može poslužiti kao istraživačka stanica. Monitoring fizičko-hemijskih parametara u Lazarevoj (Zlotskoj) pećini treba realizovati paralelno sa monitoringom u stanici na Cnom vrhu i u samome Boru, u okviru LEAP programa monitoringa u gradu. Takođe, bilo bi vrlo značajno da se monitoring u Lazarevoj (Zlotskoj) pećini koordinira sa monitoringom u jednoj pećini u Rumuniji i jednoj pećini u Bugarskoj, u okviru Karpatsko-Balkanskog luka.

Potrebno je ispuniti pet preduslova za otpočinjanje kompleksnog monitoringa u pećini:

1. kompletiranje liste trogloksena, troglofila i troglobionata u pećini,
2. EUNIS klasifikovanje staništa pećine i ekoloških niša u njima,
3. definisanje specifičnih puteva unosa toksikanata i definisanje puteva kretanja kroz ekološke lance ishrane u pećini, kako je to prikazano na Tab. 3,
4. kvantifikovanje tokom vremena veličina, frekvenci i trajanja izloženosti populacije toksikantima, i
5. definisanje fizičkih i hemijskih parametara monitoringa i izbor indikatorskih vrsta (pored već predložene vrste *Triphosa dubitata*).

ZAKLJUČAK

Lazareva (Zlotska) pećina sa 1.721 m proučenih kanala je značajno stanište akvatičnih i terestričnih pećinskih organizama. Biološka istraživanja u njoj započinju tridesetih godina prošlog veka i rezultiraju otkrićem oko 40 vrsta. Među njima je čak 65% endemični. Ova fauna je u određenoj meri ugrožena antropogenim pritiscima. Javila se zato potreba da se obavlja biološki monitoring u ovoj pećini.

Predložen je razvoj sistema pasivnog biološkog monitoringa. Urađen je efektivni model ekosistema Lazareve (Zlotske) pećine. Na bazi ovog modela kao indikatorska vrsta izabran je noćni leptir *Triphosa dubitata* L. (fam. *Geometridae*). Definisani su parametri "integralnog" monitoringa u Lazarevoj (Zlotskoj) pećini. Izbor indikatorske vrste i model monitoringa zasnovani su na sličnom modelu kojeg su Woodman & Thomas (2003) razradili na pećinskom zrikavcu *Hadenocetus* sp. u Mammoth Cave, USA. Predložena je integracija monitoringa Lazareve (Zlotske) pećine u nacionalni sistem monitoringa. Predložena je koordinacija sa monitoringom u rumunskim i bugarskim pećinama.

SUMMARY

DEVELOPMENT OF PASSIVE BIOLOGICAL MONITORING IN LAZAREVA (ZLOTSKA) PEĆINA CAVE

Predrag Jakšić

Institute for protection of nature of Serbia

The cave Lazareva (Zlotska) pećina with its 1,721 m of examined channels is a significant environment for aquatic and terrestrial cave organisms. Biological research commenced in the 30-ties of last century and resulted in discovery of some 40 species. Even 65% of those are endemic. Anthropogenic pressures to a certain extent endanger this fauna. Therefore, a need arose to perform biological monitoring in this cave.

A system of passive biological monitoring is proposed. Effective model of ecosystem of Lazareva (Zlotska) pećina is made. Based on this model, for indicator species is chosen the moth *Triphosa dubitata* L. (fam. *Geometridae*). Parameters of “integral” monitoring of Lazareva (Zlotska) Pećina are suggested. Choice of indicator species and the model of monitoring are based on a similar model Woodman & Thomas (2003) elaborated with cave cricket *Hadenocetus* sp. for Mammoth Cave, USA. Integration of monitoring of Lazareva (Zlotska) pećina into national monitoring system is proposed. Coordination with monitoring of caves in Romania and Bulgaria is suggested.

LITERATURA:

1. Anonymous, 1992. Recommendation No. 36 (1992) on the conservation of underground habitats. Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats. Council of Europe.
2. Bobić, M., 2000. Mikrofauna prokapnih voda Lazareve pećine (Istočna Srbija, YU). 4. Simpozijum o zaštiti karsta, Despotovac 2000: 101-104.
3. Bobić, M., 2003. Prilog proučavanju biodiverziteta mikrofaune (*Rotatoria*, *Cladocera*, *Copepoda*) Borskog regiona. Ekološka istina 2003: 56-60.
4. Cigna, A., 2002. Modern trend in cave monitoring. *Acta Carsologica*, **31/1**, 3: 35-54. Ljubljana.
5. Culver, D. and Sket, B., 2002. Biological Monitoring in Caves. *Acta Carsologica*, **31/1**, **4**: 55-64, Ljubljana.
6. Cvijić, J., 1891. Geografska ispitivanja u oblasti Kučaja u Istočnoj Srbiji. *Geološki anali Balkanskog poluostrva*, **V**: 7-172, Beograd.
7. Cvijić, J., 1895. Pećine i podzemna hidrografija u Istočnoj Srbiji. *Glas Srpske kraljevske akademije nauka*, **XLVI**: 1-101, Beograd.
8. Ćurčić, B.P.M., Dimitrijević, R.N., Makarov, S.E., Lučić, L.R., Karamata, O.S., Tomić, V.T., 1997. The Zlot Cave – a unique faunal refuge (Serbia, Yugoslavia). *Arch. Biol. Sci*, **49**(3-4): 29P-30P, Belgrade.
9. Grubač, B., 2000. Slepí miševi (*Mammalia*, *Chiroptera*) u speleološkim objektima Srbije. 4. Simpozijum o zaštiti karsta, Despotovac, 2000, pp.: 91-96.
10. Habe, F., 1980. Problem zaštite podzemnog sveta Jugoslavije. *Sedmi jugoslovenski speleološki kongres*, pp.: 143-149, Titograd.
11. Kadović, R. i Knežević, M., 2002. Teški metali u šumskim ekosistemima Srbije. Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu i Ministarstvo za zaštitu prirodnih bogatstava i životne sredine Republike Srbije. Beograd.

12. Lazarević, R., 1986. Podzemne hidrografske veze na Dubašnici (Istočni Kučaj). SANU, Posebna izdanja knj. DLXVIII, knj. 3. Zbornik radova Odbora za kras i speleologiju, **II**: 37-54, Beograd.
13. Marjanović, T., Trumić, M., Marković, Lj.(Uredn.), 2003. Lokalni ekološki akcioni plan Opštine Bor. Građanski forum. Bor.
14. Matic-Besarabić, S. i Kostoski, S., 2001. Stanje zagađenosti vazduha na teritoriji Republike Srbije 2000. godine. Ministarstvo zdravlja i zaštite životne okoline. Uprava za zaštitu životne okoline. Beograd.
15. Milton, A. and Johnson, M., 1999. Biomonitoring of contaminated mine tailings through age accumulation of trace metals in the bank vole (*Clethrionomys glareolus*). J. Environ. Monit., **1**: 219-225.
16. Paunović, M., 2000. Posledice antropogenih zahvata na prirodne vrednosti Lazareve pećine – analiza i predlozi za njihovo očuvanje. VIII Ekološka istina, pp.: 390-398. Sokobanja.
17. Petrović, D., 1954. Sliv Zlotske reke, Srpska akademija nauka. Zbornik radova, knj. XXXIX, Geografski institut, knj. 7: 85-124, Beograd.
18. Petrović, D., 1957-58. Zlotska pećina. Zbornik radova "Instituta za proučavanje krša "Jovan Cvijić", **2-3**: 61-88, Beograd.
19. Rejic, M., 1973. Biološki indikatori onesnaženja podzemnih voda. Biološki vestnik, **21**(1): 11-15. Ljubljana.
20. Savić, I. i Terzija, V., 1995. Rečnik stručnih izraza, Ekologija i zaštita životne sredine. Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd.
21. Sket, B. and Bole, J., 1982. Organisms as indicators of hypogean water connections. Naš krš, **VI**(12-13): 115-117. Sarajevo.
22. Woodman, R.L. and Thomas, S.C., 2003. Conceptual Framework for the Development of Long-term Monitoring Protocols at Mammoth Cave National Park, Kentucky. Internet.
23. Zečević, M., 2002. Fauna leptira Timočke Krajine (Istočna Srbija). DŠIP "Bakar" Bor i Narodni muzej, Zaječar.
24. Žanel, R. i Stanković, S., 1924. Prilog poznavanju pećinske faune i pećina u Srbiji. Glas SKA, CXIII. Prvi razred, **50**: 91-107, Beograd.