



**STRUČNI SEMINAR
O
ZAŠTITI ŠPILJA
I
PODZEMNE FAUNE**

Ogulin 30.-31. siječnja 2010.

Zbornik radova

Samobor
2012.

Urednici

Nenad Buzjak, Dalibor Paar

Organizacijski odbor

Marko Lukić, dipl. inž. biol. (predsjednik)

Jana Bedek, dipl. inž. biol.

Dr. sc. Nenad Buzjak

Ruđer Novak, dipl. inž. biol.

Dr. sc. Dalibor Paar

Tone Radočaj

Domagoj Tomašković

Dalibor Vučić, dipl. ing.

Organizatori

Hrvatsko biospeleološko društvo

Speleološki odsjek PDS "Velebit"

Speleološki klub "Samobor"

Speleološki odsjek HPD "Željezničar"

Grad Ogulin

Suradnici u organizaciji

Hrvatski katolički zbor MI, Ogulin

Pokrovitelji

Grad Ogulin

Komisija za speleologiju Hrvatskog planinarskog saveza

Hrvatski speleološki savez

Sponzor

Dreams Rock Caffè, Ogulin

Izdavač

Speleološki klub "Samobor"

Grafička priprema

Nenad Buzjak

© Copyright SK "Samobor" i autori članaka.

Autori odgovaraju za sadržaj svojih tekstova.

Samobor, 2012.

ISBN 978-953-56036-1-0

Speleolozi u 21. stoljeću predstavljaju možda i najdragocjenije istraživače prirode
jer uz iznimne opasnosti speleoloških istraživanja oni predstavljaju stvarne
"čuvare posljednjih netaknutih riznica prirode."

Lada Lukić - Bilela

Sadržaj

Teo Barišić

SPELEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA NATURA 2000 U ŠIBENSKO-KNINSKOJ ŽUPANIJI U 2009. GODINI
SPELEOLOGICAL RESEARCH NATURA 2000 IN COUNTY OF ŠIBENIK-KNIN IN 2009

..... 1

Nenad Buzjak

MIKROKLIMATSKI MONITORING U SPELEOLOŠKIM POJAVAMA
MICROCLIMATE MONITORING IN CAVES

..... 12

Ljiljana Dravec, Bruno Kostelić, Mirko Radolović, Andrej Mandić

ZAŠTITA SPELEOLOŠKIH OBJEKATA U ISTARSKOJ ŽUPANIJI KROZ PROJEKTE EU

THE PROTECTION OF SPELEOLOGICAL FEATURES IN COUNTY OF ISTRIA THROUGH EU PROJECTS

..... 19

Mladen Kuhta, Andrej Stroj

PRIMJERI INCIDENTNIH ONEČIŠĆENJA SPELEOLOŠKIH OBJEKATA TEKUĆIM UGLJKOVODICIMA I
NJIHOVE POSLJEDICE

ACCIDENTAL POLLUTION OF THE CAVES BY LIQUID HYDROCARBON - EXAMPLES AND
CONSEQUENCES

..... 24

Marko Lukić

POVEZNICA SPELEOLOŠKIH I BIOSPELEOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA

THE LINK BETWEEN SPELEOLOGICAL AND BIOSPELEOLOGICAL RESEARCH

..... 39

Lada Lukić-Bilela, Bruna Pleše, Una Tulić, Suvad Lelo

SPELEOBIOLOGIJA – BIOSPELEOLOGIJA: ZNANOST RAZBIJA ZABLUDE

SPELEOBIOLOGY – BIOSPELEOLOGY: SCIENCE SMASHES MISCONCEPTIONS

..... 47

Dalibor Paar

ULOGA SPELEOLOGA I SPELEOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA U ZAŠTITI PRIRODE (ŠPILJA)

THE ROLE OF CAVERS AND SPELEOLOGICAL RESEARCH IN NATURE (CAVE) PROTECTION

..... 56

Marina Trpčić

AKCIDENTNA ZAGAĐENJA PODZEMLJA NA PRIMJERIMA ŠPILJE VRELIĆ I JAME VODOTEČINE

ACCIDENTAL POLLUTION OF KARST UNDERGROUND - EXAMPLES OF CAVE VRELIĆ AND
VODOTEČINE PIT

..... 60

Dalibor Vučić, Mirjana Vučić

HRVATSKI ŠPILJSKI SUSTAV ĐULA – MEDVEDICA, NEISKORIŠTENI TURISTIČKI POTENCIJAL

CROATIAN CAVE SYSTEM ĐULA – MEDVEDICA, AN UNUSED TOURISTIC POTENTIAL

..... 76

SPELEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA NATURA 2000 U ŠIBENSKO-KNINSKOJ ŽUPANIJI U 2009. GODINI

SPELEOLOGICAL RESEARCH NATURA 2000 IN COUNTY OF ŠIBENIK-KNIN IN 2009

TEO BARIŠIĆ

Speleološki odsjek Hrvatskog planinarskog kluba "Sveti Mihovil", Šibenik

Izvod

Tijekom rujna i listopada 2009. godine SO HPK "Sveti Mihovil" je za JU za upravljanje zaštićenim prirodnim vrijednostima Šibensko – kninske županije radom na terenu i kabinetskim radom prikupio i formirao dosjee 30 speleoloških objekata. Za JU je od posebnog značaja bilo prikupiti osnovne informacije o 12 speleoloških objekata koji se već nalaze u prijedlogu ekološke mreže NATURA 2000, te za još nekoliko koji bi to mogli postati. Podaci su prikupljeni iz stručne literature i arhive HPK "Sveti Mihovil", dok je dio nacрта prikupljen od speleoloških udruga (HBSD, SOŽ, DISKF). Od posebne vrijednosti je bila pomoć JU NP "Krka" koja je od 1990. godine poticala i financijski pomagala istraživanja speleoloških objekata u široj okolici NP "Krka". Radom na terenu sedam objekata je u potpunosti iznova topografski snimljeno, za sve objekte su utvrđene točne GPS koordinate, objekti su označeni ID pločicama. Dosje svakog objekta se sastoji od naslovne stranice s isječkom topografske karte, osnovnim podacima i nacrtom, prikupljenih fotografija te izvadaka ili cijelih stručnih članaka i elaborata istraživanja. Dosjei 30 speleoloških objekata predstavljaju začetak speleološkog katastra Šibensko-kninske županije.

Ključne riječi: speleološka arhiva, speleološki nacrt, zaštita

Abstract

During September and October 2009 the cavers from SO HPK "Sveti Mihovil" collected and created records of 30 caves for the Public institution for the management of protected natural values of Šibenik - Knin County. The particular concern was to collect basic information about 12 caves that are already included in the proposed Natura 2000 ecological network, and for a few more that could be also included. Data were collected from the literature and archives and some of cave maps were collected from other caves clubs (HBSD, SOŽ, DISKF). Of particular value was the help of National park Krka. During the field work seven caves were mapped again. For all caves were determined GPS coordinates, objects were labelled. Dossier of each object consists of a cover page with a clip of topographic maps, general information and cave maps, collected photographs, excerpts or entire articles and research studies. Files for 30 caves are beginning of cave cadastre County of Šibenik-Knin.

Key words: cave archive, cave map, protection

PRIKAZ PROJEKTA

SO HPK "Sveti Mihovil" je među svoje trajne zadaće uvrstio prikupljanje podataka o speleološkim istraživanjima u Šibensko – kninskoj županiji, odnosno stvaranje trajne i dostupne speleološke arhive. Kako se ove zadaće poklapaju s osnovnim zadaćama Javne ustanove za upravljanje zaštićenim prirodnim vrijednostima Šibensko – kninske županije zamišljen je i ostvaren zajednički projekt izrade speleološkog katastra od 30 speleoloških objekata. Javnoj ustanovi je od posebnog značaja bilo što žurnije prikupiti osnovne informacije o 12 speleoloških objekata koji se već nalaze na popisu ekološke mreže NATURA 2000, uglavnom tipskih špiljskih lokaliteta faune Hrvatske, za dva objekta koji su u prijedlogu za ekološku mrežu NATURA 2000 (Rudelićeva špilja i Martina jama) te tri špilje ucrtane u topografske karte, a koje se nalaze na posebno zaštićenom zoološko-orintološkom području kanjona rijeke Guduče u Vodičkom zaleđu – špilje Markova peć, Vilenuša i Ćurkuša (tab. 1).

Tablica 1. Popis speleoloških objekata s kodovima u ekološkoj mreži NATURA 2000 obuhvaćenih projektom

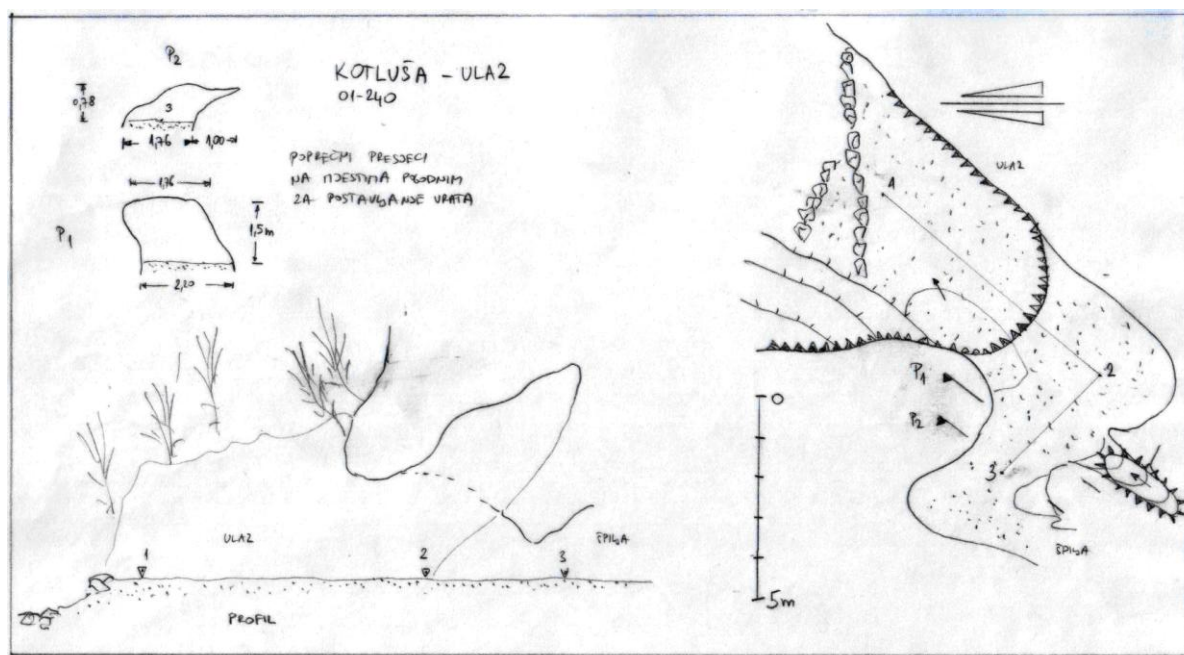
Table 1. List of caves with codes in Natura 2000

NATURA HR2000033 Gospodska špilja
NATURA HR2000062 Špilja Kotluša
NATURA HR2000020 Ćulumova velika pećina
NATURA HR 2000318 Ivinjska jama
NATURA HR2000167 Špilja Tradanj
NATURA HR2000175 Špilja Trogrlo
NATURA HR2000321 Špilja Mandalina
NATURA HR2000129 Stražbenica
NATURA HR2000320 Jama pod Orljakom
NATURA HR2000132 Škarin Samograd
NATURA HR2000414 Zmajevu uho
NATURA HR2000317 Jama Nozdarica

Pri prikupljanju podataka posebno je vođeno računa da se prikupe podaci o ranijim istraživanjima radi kojih su ti objekti postali dio ekološke mreže. Veći dio speleoloških objekata ekološke mreže NATURA 2000 su tipski špiljski lokaliteti faune Hrvatske te su navedeni u Katalogu tipskih špiljskih lokaliteta faune Hrvatske, dok je velik dio podataka dobiven od JU NP "Krka" koja je od 1990. godine financirala i poticala speleološka i biospeleološka istraživanja u objektima u NP "Krka" i široj okolini (Lukić i Jalžić 1990, Bedek i dr. 2005).

Za tri najveća speleološka objekta u mreži NATURA 2000, Gospodsku pećinu, Veliku Ćulumovu pećinu i špilju Kotlušu (sl. 1) prikupljeni su najvažniji podaci iz literature o dosadašnjim speleološkim, arheološkim i biospeleološkim istraživanjima te je obavljen uvid u moguću fizičku

zaštitu postavljanjem zaštitnih vrata. Isto je načinjeno i za Rudelićevu pećinu koja je u prijedlogu za ekološku mrežu. Špilja u Mandalini, špilja Tradanj i špilja Škarin Samograd su ponovo topografski snimljene te su izrađeni digitalizirani nacrti (Nikšić 2006; sl. 2 i 3).



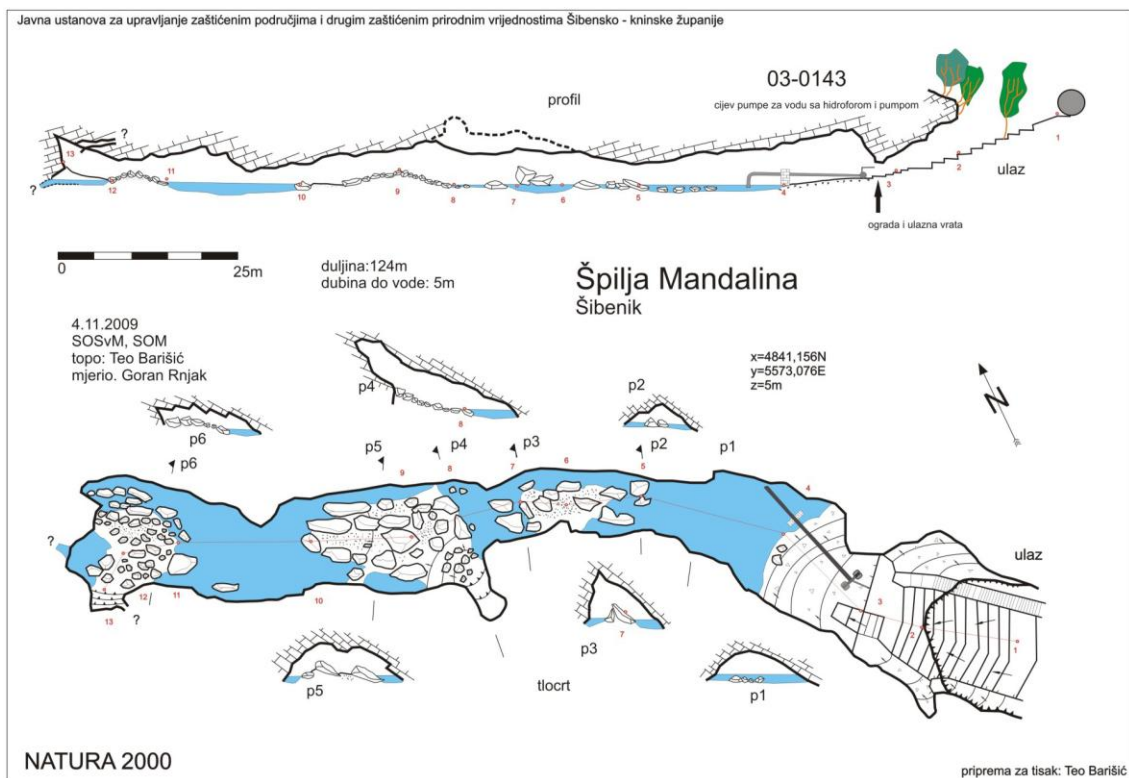
Slika 1. Primjer izvida o mogućnosti fizičke zaštite ulaza u objekt za Špilju Kotlušu
Figure 1. The example of survey for possible entrance protection in Kotluša cave

Za špilje Trogrlo kod Biočića, jamu Nozdaricu na Murteru, jamu Zmajevu uho (Petricioli i Bakran Petricioli 1997), Jamu pod Orljakom, Martinu jamu i špilju Stražbenicu su prikupljeni nacrti od strane udruga koje su ih načinile (HBSD, DISKF, SOŽ, SOSvMih), odnosno iz literature, a za većinu objekata je bilo potrebno izaći na teren te GPS prijemnikom utvrditi koordinate.

Za špilju Trogrlo je utvrđeno da je, iako se radi o zakonski posebno štićenom objektu, izuzetno ugrožena i zagađena otpadom, te su predložene mjere zaštite - od postavljanja znakova upozorenja do upoznavanja lokalne uprave o važnosti objekta (sl. 4).

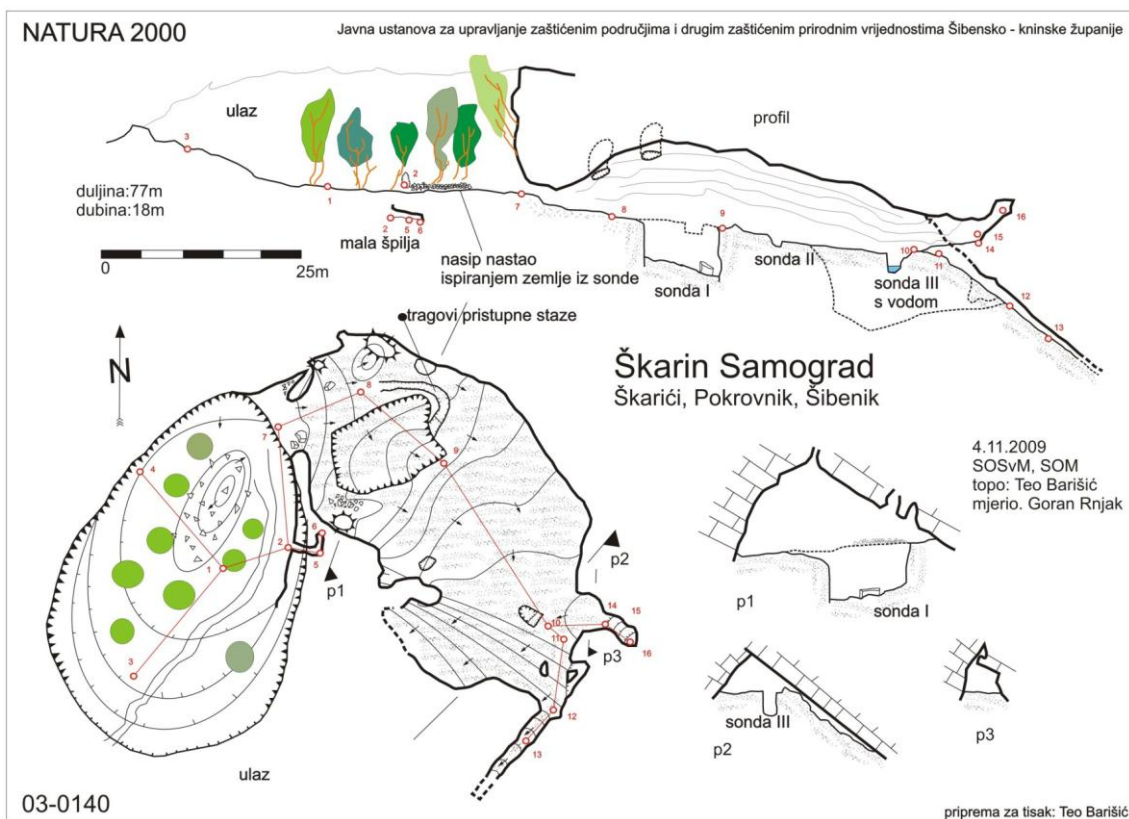
Unatoč naporima na terenu i kontaktu sa brojnim speleološkim udrugama Ivinjska jama, koja se nalazi na popisu ekološke mreže NATURA nije pronađena.

Izlaskom na teren u područje posebno zaštićenog zoološko-orintološkog područja kanjona rijeke Guduče u Vodičkom zaleđu nije pronađena ni Markova pećina koja je ucrtana u topografske karte (sl. 5). Par stotina metara nizvodno na istoj strani kanjona nalazi se markantni, veliki ulaz u Špilju u Guduči pod autoputom vidljiv iz velike daljine i sa više strana pa je malo vjerojatno da je izostavljen pri izradi karte. Moguće je da je špilja ucrtana na krivom mjestu, tim prije što je Špilja u Guduči pod autoputom često posjećena. To se vidi po ostacima vatre i priboru za pečenje. Iako smo se kod čobana na koje smo naišli raspitivali, nitko nam nije mogao reći kako se zove ta špilja i da li se radi o Markovoj pećini. Prema našem dosadašnjem iskustvu krivo ucrtavanje smještaja ulaza speleoloških objekata na kartu nije nimalo neobična pojava. S obzirom da nismo bili sigurni u ime špilje nazvali smo je jednostavno Špilja u Guduči pod autoputom.



Slika 2. Nacrt Špilje Mandaline

Figure 2. Mandalina cave



Slika 3. Nacrt špilje Škarin Samograd

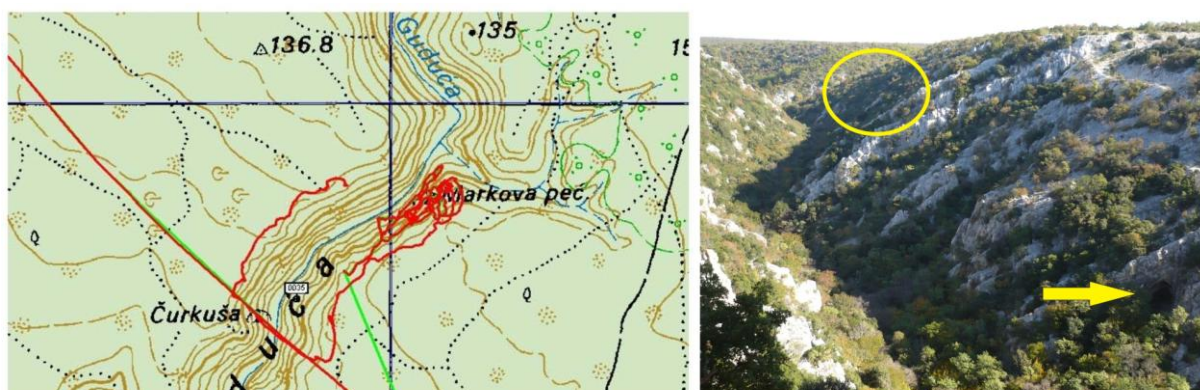
Figure 3. Škarin Samograd cave

Na mjestu gdje je na topografskim kartama ucrtan ulaz špilje Čurkuše nalazi se stotinjak metara visok i u dnu isto toliko širok sipar nastao izgradnjom zapadne strane mosta autoceste A1 preko rijeke Guduče te je vrlo vjerojatno da je njime zatrpan ulaz u špilju. Na navedenom području su osim Špilje u Guduči pod autoputom, špilje Vilenuše pronađene i topografski snimljena još tri manja speleološka objekta – Guduča I, II i III.



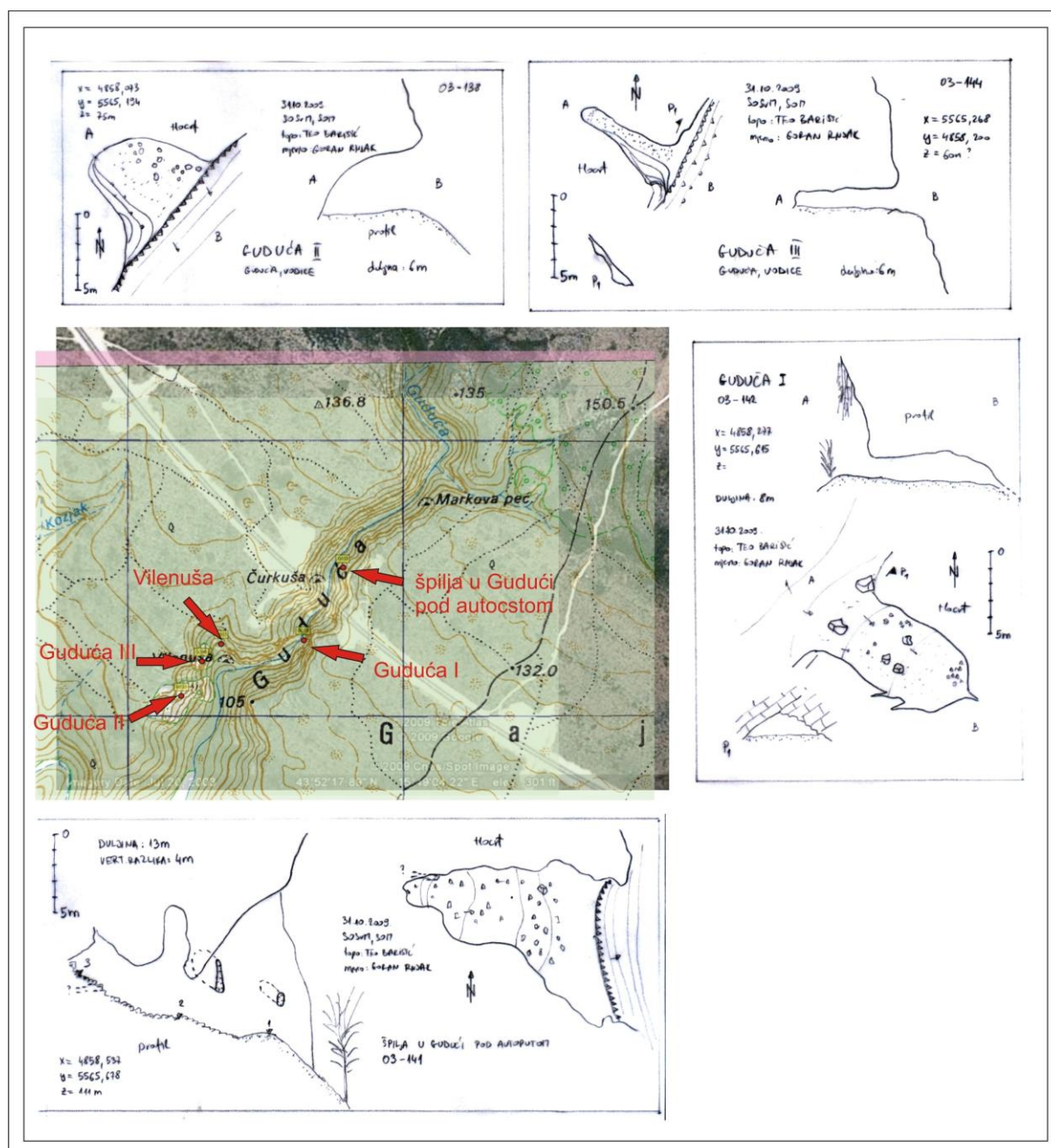
Slika 4. Špilja Trogrlo (foto Goran Rnjak)

Figure 4. Trogrlo cave (photo by Goran Rnjak)



Slika 5: Trag GPS-a nastao traganjem za Markovom pećinom. Fotografija desno prikazuje ulaz u Špilju u Guduči pod autoputom (žuta strelica) i pretraživano područje (žuta elipsa).

Figure 5: GPS track as a result of the search for Markova cave. Right photo show entrance to Špilja u Guduči cave (yellow arrow) i search area (yellow ellipse).



Slika 6: Istraživano područje zaštićenog zoološko-orintološkog područja kanjona rijeke Guduče u Vodičkom zaleđu

Figure 6: Research area of protected zoological-ornithological area of Guduča river canyon near Vodice

Kako je ugovoreno prikupljanje podataka o formiranju dosjea 30 speleoloških objekata u projekt su uvršteni i drugi odnanije istraživani speleološki objekti: Špilja na rtu Veliki Tradanj I i II (Lukić 1990), Kaverna Lemeš, Pivčeva jama, Vukulja, Golubnjača u Dubravi, Liluša, Mala Selina, Jama na Velikom Drveniku, Digova jama, Jama u Budovoj ogradi i Hajdučka jama.

Dossier speleološkog objekta

Za svaki speleološki objekt obuhvaćen projektom izrađen je dossier u tiskanom i digitalnom obliku koji sadrži naslovnu stranicu sa zemljovidom, osnovnim podacima i malim nacrtom objekta

(Prilog 1). Osnovnim podacima je pridodan broj objekta u županijskom katastru koji počinje s 15 što je nomenklatura broj Šibensko-kninske županije. Fotografija objekta u digitalnom obliku smještena je u posebnoj mapi. Naslovna, zadnja stranica i drugi materijali izrađeni su u vektorskom obliku i smješteni u posebnu mapu. Priložene su tekstualne i pdf datoteke, zapisi, izvodi iz elaborata, skenirani članci iz literature koji govore o ranijim istraživanjima te kraći tekst o značaju objekta, prilaznom putu i opis objekta dok je zadnja stranica izrađena je kombinacijom izabranih fotografija (Prilog 2 i 3).

ZAKLJUČAK

Zaštita špilja i podzemne faune u Hrvatskoj je formiranjem Javnih ustanova za upravljanje zaštićenim prirodnim vrijednostima pojedinih županija dobila novu dimenziju jer su stvorene teritorijalno nadležne ustanove, između ostalog, nadležne za zaštitu speleoloških objekata. Svaka zaštita započinje inventarizacijom odnosno popisivanjem šticećenih vrijednosti pa tako i speleoloških objekata. Javne ustanove za upravljanje zaštićenim područjima širom Hrvatske su zadnjih godina u suradnji sa speleolozima prikupile brojne podatke o ranijim speleološkim istraživanjima na svojim područjima te dalje nastavljaju s poticanjem speleoloških, biospeleoloških i drugih znanstvenih i stručnih istraživanja u speleološkim objektima na svojim područjima Bedek i dr. 2006, Gottstein Matočec i dr. 2006, Hamidović 2008). Kako su JU za upravljanje zaštićenim prirodnim vrijednostima tek na početku tog velikog posla, a područja u njihovoj nadležnosti su velika, za očekivati je da faza inventarizacije traje dulje, te da će se u velikoj mjeri osloniti na suradnju sa speleološkim udrugama, posebice sa sjedištem u matičnoj i okolnim županijama. Projekt izrade speleološkog katastra Šibensko-kninske županije s prvih 30 speleoloških objekata nije samo početak izrade katastra već i početak suradnje Javne ustanove sa HPK "Sveti Mihovil" iz Šibenika, a posredno i sa speleološkim udrugama iz cijele Hrvatske. Provedbom ovog projekta već su uočena mjesta koja traže poduzimanje hitnih mjera zaštite.

Potrebno je naglasiti da u trenutku pisanja ovog rada jedan nadzornik Javne ustanove završava speleološku edukaciju u HPK Sveti Mihovil, kao i da je na način kako je obrađeno prvih 30 obrađeno još 120 speleoloških objekata.

LITERATURA I IZVORI

Bedek, J., Hamidović, D., Jalžić, B., Lukić, M., Ozimec, R., Slapnik, R. 2005: Biospeleološka istraživanja NP Krka, Hrvatsko biospeleološko društvo, 92 str.

Bedek, J., Gottstein Matočec, S., Jalžić, B., Ozimec, R., Štamol, V. 2006: Katalog tipskih špiljskih lokaliteta faune Hrvatske. *Natura Croatica*, Vol. 15, Suppl. 1, 1-154

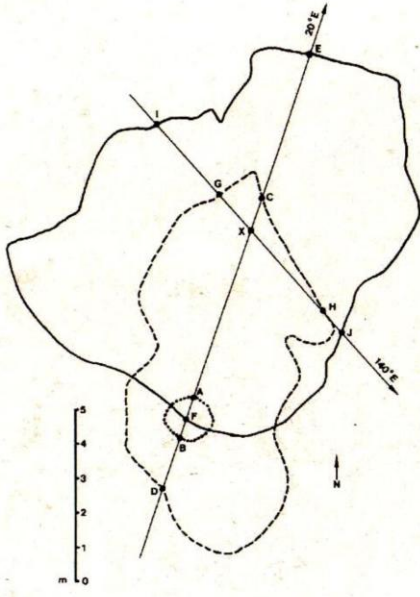
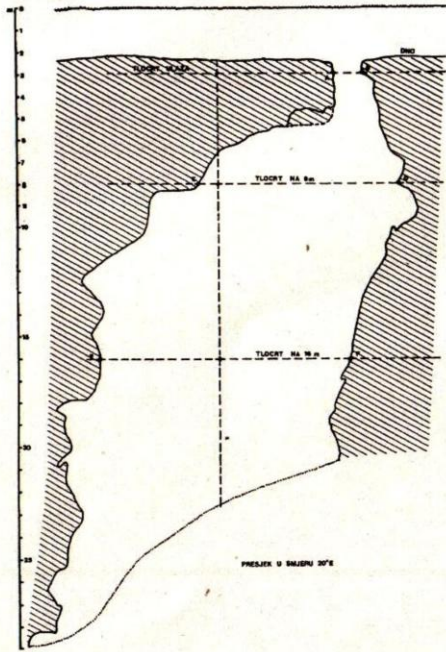
Gottstein Matočec, S., Ozimec, R., Jalžić, B., Kerovec, M., Bakran-Petricioli, T. 2002: Raznolikost i ugroženost podzemne faune Hrvatske, Ministarstvo zaštite okoliša i prostornog uređenja Republike Hrvatske

Hamidović, D. 2008: Zaštita dugonogog šišmiša, za zaštitu krškog staništa u Hrvatskoj, završno izvješće, Hrvatsko biospeleološko društvo

Lukić, O., Jalžić, B. 1990: Speleološke pojave NP Krka, Hrvatski prirodoslovni muzej, Zagreb

Nikšić, P. 2006: Škarin Samograd. Seminarski rad, Sveučilište u Zagrebu, Filozofski fakultet, Odsjek za arheologiju

Petricioli, D., Bakran-Petricioli, T. 1997: Zmajevo uho, morem preplavljena jama u uvali Soline kraj Rogoznice. Povid, Zbornik radova o primoštenskom i rogozničkom kraju, svezak 1, 84-92

	15-0031
NATURA 2000 HR 2000414 Zmajevu uho	
Rogoznica 520-4-4	
x=4847,961N y=5567,824E z=0m	
duljina: 13m dubina: 29m vert.raz:29m	
1992 Donat Petricoli	
 	

Prilog 1. Naslovna stranica

Appendix 1. Front page

15-0031 Zmajevu uho



1. ulaz se nalazi uz sjeverozapadni rub umjetnog otoka Marine Frapa
u umjetno napravljenom malom jezeru foto:T.Barišić



2. u umjetnom jezru u južnom rubu nalazi se ulaz u jamu foto:T.Barišić

Prilog 3. Kratki tekst o objektu

Zmajevo uho

NATURA 2000 - HR 2000414

Ulaz u jamu Zmajevo uho se nalazi u umjetnom jezeru na umjetnom otoku nastalom nasipanjem materijala na kojem se nalazi Marina Frappa u Rogoznici. Umjetno jezero je načinjeno po projektu radi zaštite same jame te cijevima povezano s morem kako bi se omogućila cirkulacija mora s jamom.

Jama Zmajevo uho je u potpunosti morem potopljena jama. Kao važna značajka navodi se **bogatstvo špiljskog nakita** (najdulji stalaktit od 2,5 m), dok istraživanje živog svijeta nije provedeno iako je takav tip jame rijedak i u objektima takvog tipa postoji velika **moгуćnost pronalaska novih nepoznatih svojti** (Petricioli)

Nacrt i članak o jami je objavljen u Rogozničkom zborniku.

Petricioli D., Bakran-Petricioli T. (1997): Zmajevo uho, Morem preplavljena jama u uvali Soline kraj Rogoznice, Povid, Zbornik radova o primoštenskom i rogozničkom kraju, svezak 1, str. 84-92

MIKROKLIMATSKI MONITORING U SPELEOLOŠKIM POJAVAMA

MICROCLIMATE MONITORING IN CAVES

NENAD BUZJAK

Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Geografski odsjek
Speleološki klub "Samobor"

Izvod

Pored svojih redovnih aktivnosti, koje se sastoje od rekognosciranja terena u potrazi za novim spiljama i jamama, izrade speleoloških nacrtā, baza podataka i zaštite prirode, hrvatski speleolozi se u okviru rada speleoloških udruga ili profesionalno sve češće bave specijalističkim ili primijenjenim speleološkim istraživanjima. Najčešće su to geomorfološka, geološka, hidrogeološka, speleometeorološka/speleomikroklimatska i biološka istraživanja. Zahvaljujući napretku tehnologije danas su na raspolaganju relativno jeftini i poprilično pouzdani mjerni instrumenti koji omogućuju kontinuirano praćenje mikroklimatskih parametara u krškom podzemlju. Njihovo je mjerenje bitno i u uređenim i u neuređenim (prirodnim) speleološkim pojavama kako bi se stekle nove znanstvene spoznaje u cilju njihovog upoznavanja te kvalitetnog korištenja i zaštite.

Gljučne riječi: spilja, jama, speleometeorologija, speleomikroklima, zaštita

Abstract

In addition to their regular activities, which consist of search for new caves and pits, making cave plans, speleological databases and nature protection, Croatian cavers are increasingly engaged in the various specialized explorations. They are mainly geomorphological, geological, hydrogeological, speleomicrometeorologic/speleomicroclimatic and biological research. Thanks to advances in technology there are available relatively cheap and quite reliable measuring instruments that allows continuous monitoring of microclimatic parameters beneath the ground. Their measurement is important in show caves as well as in wild caves in order to acquire new scientific knowledge for the purpose of their sustainable use and the quality of their protection.

Key words: cave, pit, cave micrometeorology, cave microclimate, protection

UVOD

Istraživanje klime speleoloških pojava doživjelo je u proteklih dvadesetak godina veliki napredak i danas je priznati dio mikrometeorologije i mikroklimatologije. Dokaz je tome porast broja članaka u znanstvenim i stručnim časopisima i studijama te specijalizirani skupovi na tu temu. Istraživanje i razumijevanje klimatskih elemenata i čimbenika o kojima ovisi mikroklima krškog podzemlja bitna je istraživačima brojnih struka. Mikroklima podzemlja izuzetno je bitan abiotički čimbenik osjetljivih krških podzemnih ekosustava koje proučavaju biolozi, kako duboko i daleko od

ulaza, tako i u prijelaznoj zoni između svjetla i površine (Feidler i Buzjak 1997, 1998). Geolozima, geomorfolozima i hidrolozima njeno poznavanje može pomoći u razumijevanju fizičko-kemijskih procesa koji oblikuju krško podzemlje kako u dalekoj prošlosti, tako i danas (Buzjak 2008, Buzjak i sur. 2010). Specifični mikroklimatski uvjeti omogućuju zadržavanje snijega i leda koji može sadržavati vrlo vrijedne podatke o klimi i životu prošlosti (Spötl i sur. 2010). Zahvaljujući stabilnim uvjetima, među ostalim bitnim čimbenicima, u spiljama i jamama su se očuvali tragovi davno izumrlih organizama i naših predaka u vidu materijalnih i kulturnih ostataka. Razvojem speleo turizma i uočavanjem negativnih posljedica boravka velikog broja ljudi u skućenim podzemnim prostorima javila se potreba za mikroklimatskim istraživanjima kako bi se spriječilo propadanja prirodne i kulturne baštine (Freitas i Littlejohn 1987). Razvoj tehnike doveo je do pojave sve boljih (preciznijih i samostalnih) i sve jeftinijih mjernih instrumenata koji omogućuju sve preciznija i sve dulja kontinuirana mjerenja temperature, vlažnosti, strujanja i kemijskog sastava zraka.

Napomena: u ovom članku tema su osnovne značajke suvremene speleomikroklimatologije bez povijesnog osvrtu razvoja u Hrvatskoj što zahtijeva posebnu obradu.

MIKROMETEOROLOGIJA I MIKROKLIMA

Mikrometeorologija je grana meteorologije koja se bavi atmosferom i atmosferskim pojavama na malim područjima u kratkim vremenskim razdobljima (mjereno minutama, satima, dan ili nekoliko dana). Ona proučava dio atmosfere u kojem živi čovjek (Foken 2008), no koji se može, ako se uspoređuju različiti dijelove Zemlje, unutar sebe jako razlikovati na mikro- i mezo, a ne samo na makro- razini. Upravo je taj dio atmosfere jedan od njenih najdinamičnijih dijelova zbog stalne izmjene energije s litosferom, hidrosferom, kriosferom i biosferom. Prostorno gledano njeno područje interesa možemo ograničiti na prizemni dio troposfere kojem u našem slučaju možemo dodati i zrak u šupljinama Zemljine kore, dakle do dubine litosfere (trenutno) nešto dublje od 2000 m. Vremenski gledano mikrometeorolog promatra pojave u kratkim vremenskim razdobljima kao što je npr. 1 dan (Glickman 2000) ili čak na razini jednoga ili više sati (Pal Arya 2001). S obzirom na posebnosti uvjeta u speleološkim pojavama istraživanje meteoroloških uvjeta u njima možemo zvati *speleometeorologijom*. Ukoliko mjerenja u krškom podzemlju imaju svrhu rješavanja nekog problema, poput npr. održivog upravljanja turističkim spiljama, speleometeorologija postaje dio primijenjene meteorologije.

Osnovna razlika između mikrometeorologije i mikroklimatologije je u vremenskoj komponenti. Naime, klima je prosječno stanje atmosfere u duljem vremenskom razdoblju. U skladu s tim *speleomikroklima* je prosječno stanje klimatskih elemenata u speleološkim pojavama. No, za razliku od mjerenja na površini gdje su vremenski nizovi u klimatološkim istraživanjima dugi najmanje 15-30 godina, teško je za očekivati da će se jednako dugotrajna mjerenja na većem broju postaja (spilja i jama) obavljati u i podzemlju iako za to u pojedinim slučajevima postoje jako dobri razlozi. Speleomikroklima je bitan abiotički čimbenik krškog podzemlja kao i geomorfološki agens. Mjerenjima se mogu detektirati promjene koje mogu biti signal ugroze izuzetno osjetljivih podzemnih krških ekosustava, prodora toplinskog onečišćenja, pojave opasnih koncentracija plinova ili negativnih utjecaja brojnih posjetilaca u turističkim spiljama koji za posljedicu imaju propadanje npr. iznimno vrijedne kulturne baštine (Sanchez-Moral i sur. 1999).

U klimatologiji za klimu zatvorenih prostora postoje još dva termina: *endoklima* koji se koristi za sve zatvorene prostore (poput rudnika, tunela, zgrada itd.) i *kriptoklima* koji se koristi u slučaju prirodnih podzemnih šupljina, dakle i speleoloških pojava. U literaturi se ovi pojmovi često poistovjećuju. Najbitnije je znati da se, bez obzira na termin, radi o zatvorenim ili poluzatvorenim

prostorima čija se mikroklima bitno razlikuje od mikroklike njihove okolice. Svima koji povremeno borave i rade u podzemlju poznato je da su spilje i jame rijetko "hermetički" zatvorene šupljine. Najčešće su to vrlo dinamični sustavi koji vrlo živo (iako ljudskim osjetilima ne uvijek detektirano) komuniciraju sa svojom okolicom – drugim šupljinama ili površinom.

METEOROLOŠKA I KLIMATOLOŠKA ISTRAŽIVANJA KRŠKOG PODZEMLJA

Parametri i instrumenti

Najčešći parametri koji se mjere u ulaznim dijelovima ili u unutrašnjosti speleoloških pojava su temperatura zraka, vlažnost zraka (najčešće relativna), strujanje zraka, osvjetljenost i koncentracija različitih plinova (CO₂, O₂, Rn i dr.).

Mikrometeorološka i mikroklimatska istraživanja u krškom podzemlju *s obzirom na trajanje prikupljanja podataka* obavljaju se:

- a) tijekom speleoloških istraživanja kada se bilježe trenutačne, dnevne ili višednevne vrijednosti,
- b) kao primijenjena, unaprijed isplanirana kontinuirana istraživanja u odabranim speleološkim pojavama duljeg trajanja (mjesecima, godinama) s ciljem otkrivanja značajke speleomikroklike.

Prva mjerenja obavljala su se klasičnim mjernim instrumentima:

- termometrima i higrometrima u određenim vremenskim razmacima (što je, u slučaju istraživanja mikroklike, zahtijevalo da osoba koja je obavljala mjerenje ulazi u podzemlje na dnevnoj bazi),
- bimetalnim termohigrografima koji su podatke kontinuirano tintom ili pisaljkom bilježili na papirnatu vrpcu pričvršćenu na bubnju pokretanom satnim mehanizmom u trajanju 7-30 dana,
- obrtnim ili Assmanovim psihrometrom (sl. 1) kojim se mjerila temperatura zraka na suhom i vlažnom termometru iz čega se pomoću unaprijed priređenih tablica određivala relativna vlažnost zraka.

Obavljanje kontinuiranih mikroklimatskih istraživanja u duljim vremenskim razdobljima je omogućila pojava elektroničkih mjernih uređaja s memorijom za pohranu podataka (eng. data logger) koji izabrane parametre mogu mjeriti u programiranim razmacima i trajanju od više godina (ovisno o količini raspoložive memorije i trajanju baterija). Najčešće su u upotrebi memorijski termohigrografi (sl. 2). Podaci se prikupljaju tvornički ugrađenim sondama ili korisnik ima mogućnost njihove promjene prema svojim potrebama (za temperaturu, vlažnost zraka, rosište, strujanje zraka, osvjetljenost, koncentraciju plinova). Pored sondi proizvođači su razvili i terenske prijenosne čitače podataka koji rade u, za elektroničke uređaje, vrlo negostoljubivim speleo uvjetima (sl. 3).

Mikroklimatska istraživanja u Hrvatskoj trenutno se obavljaju ili su obavljana u sklopu nekoliko znanstvenih i stručnih projekata u suradnji s institucijama koje su prepoznale njihovu važnost. Neki od njih su (u zagradi su navedeni provoditelji i trajanje): projekt MZOŠ "Geomorfološka i geokološka istraživanja krša RH" (Geografski odsjek PMF-a u Zagrebu; u tijeku), "Geološko, geomorfološko i geokološko istraživanje turističkog dijela spilje Veternice" (JU PP "Medvednica", SK Samobor i HPM; 2008.-2009.; sl. 4), "Geokološka studija krša Samoborskog gorja" (SK "Samobor"; 2008.), "Istraživanja mikroklike spilja i jama Zagrebačke županije", (SK "Samobor" 2007.-2009.).

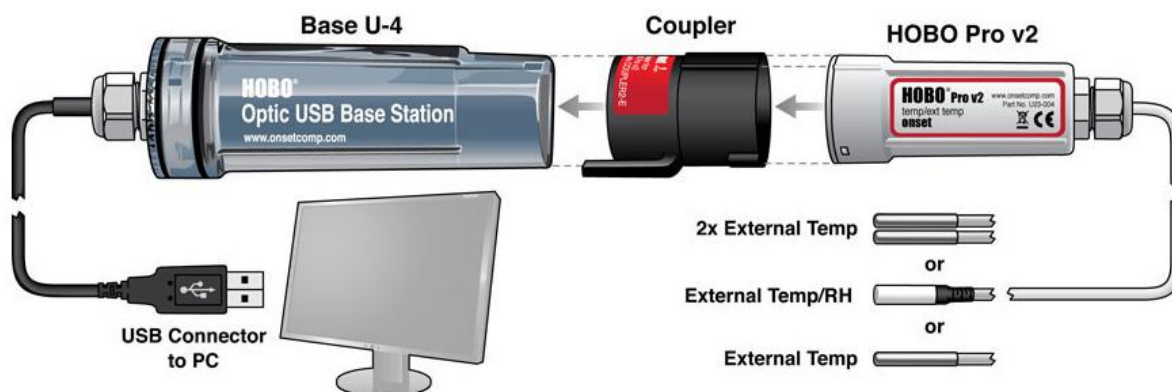


Slika 1. Boris Vrbek i autor mjere temperaturu i relativnu vlažnost zraka u Ledenoj jami u Lomskoj dulibi (Sjeverni Velebit) 1996. g. pomoću bimetalnog termohigrografa baždarenog Assmanovim psihrometrom. Istraživanje je bilo dio projekta istraživanja flore na ulazima spilja i jama koji je vodila Suzana Fiedler u suradnji s Mirjanom Vrbek (HPM). Foto B. Vrbek.

Figure 1. B. Vrbek (left) and author (right) measuring air temperature and relative humidity in Ledena jama pit in Lomska duliba in 1996 using bimetal thermohygrograph calibrated with Assman psychrometer. The measurement was part of a project of cave flora research which led Suzana Fiedler with the help of Mirjana Vrbek (Croatian Natural History Museum). Photo by B. Vrbek.

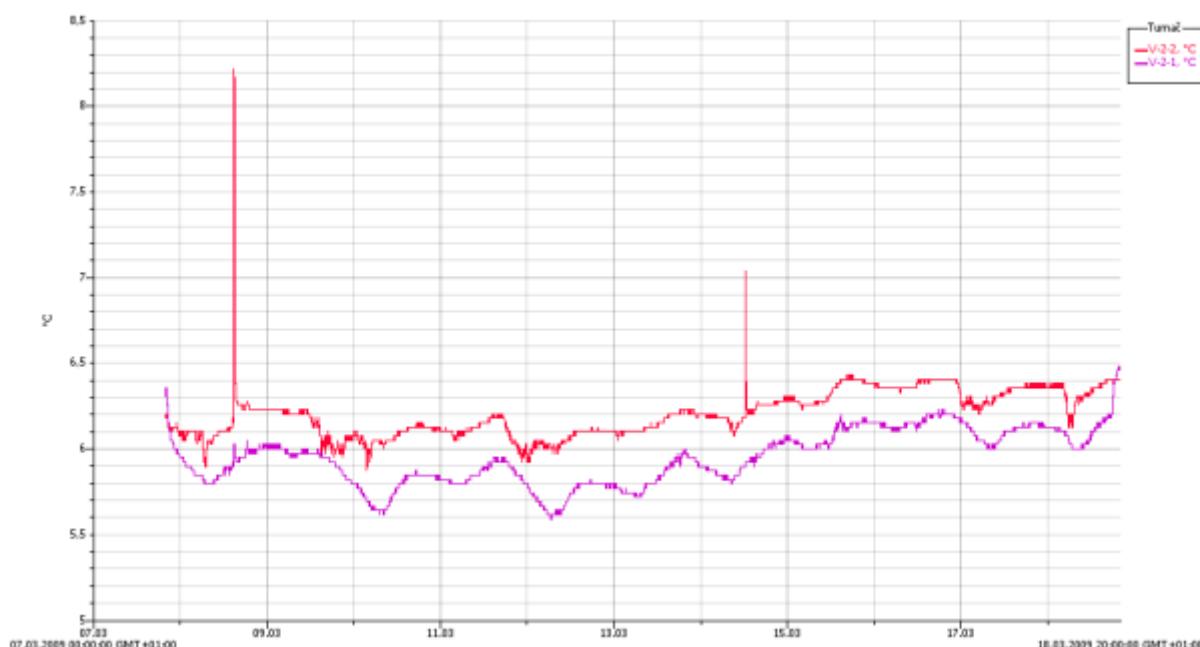


Slika 2. Memorijski termohigrograf HOBO Pro RH/Temp (Onset) prvi put je za mjerenje u Hrvatskoj korišten 2002. godine u Veloj spili (Korčula). Osim na stolnom računalu može se programirati i putem Palm ručnog računala.
Figure 2. Thermohygrograph data logger HOBO Pro RH/Temp (Onset) first time in Croatia used for cave microclimate research in 2002 in Vela spila cave (Korčula). Besides desktop computer it can be programmed with Palm handheld.



Slika 3. Sustav za programiranje, prijenos i pohranjivanje podataka s memorijskih termohigrografa Onset

Figure 3. The system for managing of Onset data loggers



Slika 4. Primjer primijenjenog speleomikroklimatološkog istraživanja u spilji Veternici (Medvednica) tijekom kojeg je, u suradnji sa speleolozima SO PDS "Velebit" i SO HPD "Željezničar" utvrđivan intenzitet i trajanje temperaturnog poremećaja spiljske mikroklike (skok krivulje) zbog utjecaja velike grupe ljudi u odabranom dijelu kanala kojeg posjećuju turisti.

Figure 5. The example of applied speleomicroclimate research in Veternica cave (Medvednica). The aim of research was to examine the influence of a tourist group to the occurrence of the air temperature rise (red line peak). The two test groups were cavers from SO PDS "Velebit" and SO HPD "Željezničar".

U ovom trenutku raspolažemo s mikroklimatskim podacima za više od 50 špilja i jama u različitim klimatskim regijama Hrvatske (sl. 5). Općenito, mikroklimatske značajke im ovise o sljedećim faktorima:

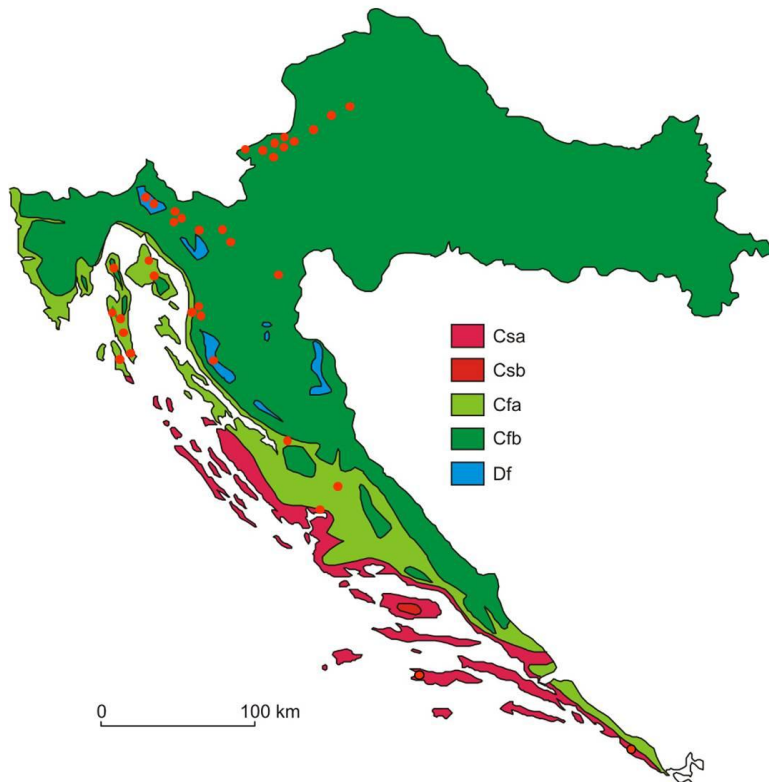
- geografskoj širini,
- nadmorskoj visini,

- broju, dimenzijama, morfologiji i topografskom smještaju ulaza (ekspozicija, relativna visinska razlika među 2 i više ulaza i pukotinskih sustava i dr.),
- zaklonjenosti ulaza (zasjenjenost stijenama ili vegetacijom)
- morfologiji i dimenzijama kanala i dvorana,
- utjecaju temperature stijena i vode.

Općenito vrijedi:

- da su vrijednosti temperature zraka (s naglaskom na dublje dijelove kanala i dvorana) slične prosječnoj temperaturi zraka područja u kojem se nalaze. Pri tome valja naglasiti da može doći do odmak u skladu s djelovanjem lokalnih mikroklimatskih faktora (navedenih gore).
- oscilacije promjene temperature i vlažnosti zraka najveće su u ulaznoj zoni, a s udaljavanjem od ulaza u unutrašnjost se smanjuju. Duboko u unutrašnjosti/daleko od ulaza (više stotina metara) čak su i godišnje promjene najčešće $<0,5^{\circ}\text{C}$.
- Relativna vlažnost zraka u dubljim i od ulaza udaljenim dijelovima dvorana i kanala veća je od 90% (često 95-100%)

Zbog svog značenja mikrometeorološki i mikroklimatski podaci u budućem speleološkom katastru Republike Hrvatske trebaju dobiti svoje mjesto, a nadležne institucije trebaju poticati njihovo provođenje na svim razinama kroz osiguranje financijskih sredstava i opreme kako bi se zaštita osjetljivih krških ekosustava podigla na višu razinu.



Slika 5. Lokacije spilja i jama prema klimatskim regijama za koje postoje mikroklimatski podaci (pojedine točke označavaju više spilja/jama).

Figure 5. Location of speleological features in different climate zones where speleomicroclimate researches were performed (some dots mark more than one cave).

Osim na praćenje klasičnih parametara (temperature zraka i rosišta, relativne i apsolutne vlažnosti zraka) to se odnosi i na praćenje strujanja zraka te koncentracije CO₂ bitne za biokemijske i geomorfološke procese u podzemlju.

LITERATURA

Buzjak, N. 2008: Mikroklima kao komponenta geoekološkog vrjednovanja spilja – primjer Spilje u Belejskoj komunadi, Belej, otok Cres (Microclimate as a component of the geoecological evaluation of caves - example of the Cave in Belejska komunada, Belej, island of Cres). *Geoadria*, Vol. 12, No. 2, 97-110

Buzjak, N., Paar, D., Radolić, V. 2010: Utjecaj nadmorske visine na mikroklimu i koncentraciju radona u spiljama u širem području Južnog Velebita. *Skup speleologa Hrvatske, Zbornik sažetaka*, 33, Biograd na moru

Buzjak, N., Paar, D., Bakšić, D. 2010: Some characteristics of ice and snow caves in Croatia. 4th Int. workshop on ice caves, Abstract volume, 8-9

De Freitas, C. R., Littlejohn, R. N. 1987: Cave climate: Assessment of heat and moisture exchange. *Journal of Climatology*, Volume 7, Issue 6, 553–569

Fiedler, S., Buzjak, N. 1998: Speleobotanička istraživanja otoka Cresa. *Prirodoslovna istraživanja riječkog područja*, Prirodoslovna istraživanja, 1, 387-395, Rijeka

Fiedler, S., Buzjak, N. 1997: Speleobotanical characteristics of the Medjame ponor. *Proceedings of the 12th international congress of speleology*, vol. 3, 301-303, La Chaux de Fonds

Foken, T. 2008: *Micrometeorology*. Springer, Berlin Heidelberg, 320 str.

Glickman, T. S. (ur.) 2000: *Glossary of Meteorology*. Am. Meteorol. Soc., Boston, MA, 855 str.

Pal Arya, S. 2001: *Introduction to micrometeorology*. Academic Press, San Diego, 447 str.

Sanchez-Moral, S., Soler, V., Cañaveras, J. C., Sanz-Rubio, E., Van Grieken, R., Gysels, K. 1999: Inorganic deterioration affecting the Altamira Cave, N Spain: quantitative approach to wall-corrosion (solutional etching) processes induced by visitors. *Science of The Total Environment*, Vol. 243-244, 67-84

Spötl, C., Luetcher, M., Rittig, P. 2010: 4th International workshop on ice caves, Abstract volume. Vienna University of Technology (Institute of Geodesy and Geophysics), 44 str.

ZAŠTITA SPELEOLOŠKIH OBJEKATA U ISTARSKOJ ŽUPANIJ KROZ PROJEKTE EU

THE PROTECTION OF SPELEOLOGICAL FEATURES IN COUNTY OF ISTRIA THROUGH EU PROJECTS

LJILJANA DRAVEC¹, BRUNO KOSTELIĆ², MIRKO RADOLOVIĆ³, ANDREJ MANDIĆ³

¹Odjel za održivi razvoj Istarske županije

^{2,3,4}Odsjek za zaštitu prirode i okoliša Istarske županije

Izvod

Istarska županija je s ciljem zaštite izvorišta pitkih voda krajem 2006. godine započela s osmišljavanjem projekata koji bi uz financijsku pomoć fondova EU osigurali smanjenje štetnog antropogenog utjecaja na krški reljef. Projekt "Underground Istria" jedan je od uspješnijih projekata financiranih od strane EU čiji je cilj bio unaprjeđenje stanja i zaštita speleoloških objekata, kao i zaštita podzemnih voda krškog vodonosnika. U sklopu projekta očišćeno je 9 spilja i jama u Istri, izrađena je Baza podataka speleoloških objekata, održane su brojne radionice i predavanja za lokalno stanovništvo i srednjoškolsku populaciju. Istarska županija je, na natječaj programa prekogranične suradnje Slovenija Hrvatska 2007. - 2013. godine, prijavila novi projekt pod nazivom KUP (Karst Underground Protection). U sklopu projekta su predviđene brojne nove aktivnosti, a poseban naglasak stavljen je na provođenje biospeleoloških istraživanja, te na edukaciju speleologa o znanstvenom pristupu speleologiji. Projekt će osigurati bolju suradnju i zajedničko djelovanje regionalnih i državnih institucija u domeni zaštite okoliša u Hrvatskoj i Sloveniji, kao i prepoznatljivost područja krajobraznih i prirodnih posebnosti krškog geografskog područja Istre. Planirane su i brojne aktivnosti kojima će se utjecati na sprječavanje onečišćenja/zagađenja podzemnog krškog vodonosnika. Inventarizacija i planirano upravljanje speleološkim objektima projektnog područja osigurati će se njihova održivost, a rekonstrukcija stare škole u "speleo kuću", u mjestu Vodice u općini Lanišće, osigurati će se daljnji razvoj speleologije na području Istre.

Ključne riječi: projekt "Underground Istria", Karst Underground Protection

Abstract

Aiming to protect drinking water sources, in late 2006 the County of Istria envisaged EU-funded environmental protection projects to ensure the reduction of harmful anthropogenic impact on karst relief. "Underground Istria" is one of the most successful projects funded by the EU, aimed at improving the state of cave, and karst groundwater aquifers protection. During the project, nine caves and pits in Istria were cleaned from garbage, a cave database was made, numerous workshops and lectures for local residents and high school population were held. County of Istria later applied for a new project KUP (Karst Underground Protection), on the tender of cross-border cooperation projects Slovenia Croatia, 2007 - 2013. The project foresees a number of new activities, with an emphasis placed on biospeleological research, and promotion of a scientific approach to caving. The project will ensure better cooperation through joint activities between regional and national Croatian

and Slovenian institutions in the field of environmental protection, and the recognition of the value of special natural landscape of the Istrian karst. Numerous activities that will impact the prevention pollution of underground karst aquifers are also planned. Inventarisation and planned cave management in the project area will ensure their sustainability, and the reconstruction of the old school to a "caving house" (in Vodice municipality Lanisce), will ensure further development of caving in the area.

Key words: "Underground Istria" Project, Karst Underground Protection

UVOD

Prema današnjim geološkim interpretacijama istarski poluotok pripada SZ dijelu jadranske karbonatne platforme. U geološkom smislu razlikuju se tri glavna područja:

- jursko kredni – paleogenski karbonatni ravnjak ("Crvena Istra", južni i zapadni dio poluotoka)
- kredno – paleogenski karbonatno – klastični pojas ljuskave građe ("Bijela Istra", istočni i sjeveroistočni dio poluotoka od Plomina preko Učke do Ćićarije)
- paleogeni flišni bazen središnjeg dijela poluotoka ("Siva Istra").

Spomenuta karbonatna podloga (uglavnom vapnenačka) te njena svojstva omogućile su nastajanje krškog reljefa izraženog pojavom krških oblika (ponikava, polja, zaravni, špilja i jama). Krški ekološki sustavi ocijenjeni su u Nacionalnoj strategiji zaštite biološke i krajobrazne raznolikosti (NBSAP) kao prioritet koji zahtijeva akcijske planove zaštite, a člankom 47. Zakona o zaštiti prirode (NN 70/05, 139/08), speleološki su objekti navedeni kao vlasništvo Republike Hrvatske i kao takvi se zakonom stavljaju pod njenu posebnu zaštitu. Unatoč donesenim zakonskim propisima i postojanju pravne regulative korištenje speleoloških objekata kao ilegalnih odlagališta otpada još uvijek je nažalost vrlo učestalo.

TIJEK PROVEDBE PROJEKTA "UNDERGROUND ISTRIA", 2008. GODINA

S prvenstvenim ciljem očuvanja izvorišta pitkih voda, a ujedno i povećanja kvalitete života, Istarska županija je tijekom 2006. godine započela s osmišljavanjem projekta Underground Istria, kojeg je prijavila na natječaj Programa EU INTERREG IIIA - CBC Slovenija Mađarska Hrvatska, a koji se financirao iz fonda EU PHARE 2006. Smanjenje antropogenog utjecaja i općenito opterećenosti speleoloških objekata otpadom, odnosno njihova zaštita, prepoznati su kao jedan od primarnih ciljeva projekta. Ostali ciljevi projekta bili su: aktivni pristup očuvanju prirodnih vrijednosti, te unapređenje stanja okoliša, postizanje veće i snažnije prekogranične suradnje između institucija koje se bave istom i sličnom problematikom, te podizanje svijesti lokalnog stanovništva o značaju, vrijednosti i potrebi očuvanja speleoloških objekata.

Ukupna vrijednost projekta Underground iznosila je 132.547,22 € od čega je 74% financirano iz europskog predpristupnog programa PHARE CBC/INTERREG III A 2004-2006., dok je ostatak osigurala Istarska županija. Kao jedan od rezultata implementacije projekta, koja je trajala tijekom 2007. i 2008. godine, očišćeno je i sanirano 9 speleoloških objekata. Već spomenuto korištenje speleoloških objekata kao ilegalnih odlagališta otpada, nažalost nerijetko je ukorijenjeno u svijest lokalnog stanovništva, te predstavlja ekološki rizik i opasnost za čitav ekosustav, a pogotovo za narušavanje kakvoće podzemnih vodenih tokova koji su povezani s izvorima pitke vode. Uz pomoć istarskih speleologa, članova Speleološkog društva "Istra" iz Pazina, Speleološkog društva "Proteus" iz Poreča, te Speleološkog kluba "Had" iz Vrsara, odabrano je 9 speleoloških objekata koje su određene

kao najopterećeniji otpadom, te su u njima provedene akcije čišćenja. Tako su tijekom 2008. godine očišćene su i sanirane: Pazinska jama u Pazinu, jama Polje u Katunu Lindarskom, Brečevska jama u Tinjanu, jama Jamorina u Pazinu, Ponor kod Stancije Vergotini kod Tara, Jama kod Štifanići kod Baderne, Jama kod Radoši u Višnjanu, jama Golubinka kod Kloštra i Jama Dvori kod sela Dvori blizu Poreča.

Kako bi se utjecalo na sprječavanje daljnjeg odlaganja otpada u prirodu, poseban je naglasak stavljen na edukativne i promotivne aktivnosti projekta koje su se odnosile na održavanje radionica za lokalno stanovništvo s posebnim naglaskom na mlađe generacije, te stručnoj radionici za speleologe na kojoj su zainteresirani upoznati sa posebnostima Dinaridskog krša, uvjetima boravka u jamama i špiljama, metodama uzorkovanja, te općenito osnovama znanstvenog pristupa speleologiji. Bez obzira što svi speleolozi ne dijele interes, stručno znanje i potrebne vještine za izradu elaborata valorizacije, učestalim istraživanjem i posjećivanjem speleoloških objekata u mogućnosti su prikupiti vrijedne podatke nužne za uspostavu njihove planske zaštite. Aktivna i osmišljena zaštita speleoloških objekata moguća je samo uz postojanje cjelovite baze podataka sa popisanim prirodnim, tj. hidrološkim, geomorfološkim i biološkim vrijednostima, kojima se utvrđuje trenutno, tj. "nulto" stanje svakog evidentiranog objekta. Kasnijom uspostavom kontinuiranog praćenja moguće je planski unaprijediti stanje iznimno vrijednih objekata, kao i spriječiti neželjenu devastaciju onih najugroženijih.

Upravo je iznesena problematika dotaknuta izradom GIS baze podataka za ukupno 709 evidentiranih speleoloških objekata na području Istarske županije za vrijeme trajanja ovog projekta. GIS predstavlja prostorno orijentiranu bazu podataka u kojoj svaki upisani speleološki objekt osim osnovnih podataka o dimenzijama, biološkoj raznolikosti i ostalim prirodnim vrijednostima sadrži i podatak o egzaktnoj geografskoj lokaciji objekta čime (kroz mogućnost prostorne analize podataka te kartiranje i vizualizaciju) bazi podataka dodaje novu, vizualnu komponentu te predstavlja vrlo dobru osnovu za buduće upravljanje. Za 9 izabranih objekata u Istarskoj županiji izrađeni su i elaborati valorizacije čiji su sažetci uz promotivne i ostale materijale dostupni na web portalu projekta (www.underground-istria.org). Na navedenoj internet stranici nalazi se i bogata foto i video galerija speleoloških objekata u Istarskoj županiji, kao i fotografije i video isječki provedenih akcija čišćenja speleoloških objekata. Velik broj promotivnih materijala i aktivnosti u vidu popularno – edukativnog filma, promotivnih letaka, te izrade web portala, pridonijelo je većoj popularizaciji speleologije i što je najvažnije, ukazalo je na potrebu očuvanja i zaštite svih speleoloških objekata.

TIJEK PROVEDBE PROJEKTA "KUP KARST UNDERGROUND PROTECTION", 2009. - 2012.

Zbog velikog uspjeha projekta Underground Istria, a i činjenice da je tijekom njegove provedbe uočen i prepoznat velik broj daljnjih mogućnosti na polju zaštite i unapređenja stanja speleoloških objekata, Istarska županija je kao vodeći partner u suradnji s projektnim partnerima Javnom ustanovom "Natura Histrica" i ZRC SAZU - Inštitutom za raziskovanje krasa iz Postojne tijekom 2009. godine osmislila i kandidirala projekt KUP - Karst Underground Protection, kao svojevrsni nastavak projekta Underground Istria. Projekt ukupne vrijednosti 652.444,24 € i predviđenog trajanja od 2 godine prijavljen je na natječaj IPA CBC Slovenija Hrvatska 2007. - 2013. godine, nakon čega je i odobren od strane Europske komisije. Definirani opći i specifični ciljevi projekta KUP slični su projektu Underground Istria, međutim predviđenim aktivnostima, u prvom redu u znanstvenom smislu, na određen su način podignuti na višu razinu. Poseban naglasak stavljen je i na jačanje međusobne suradnje istarskih speleoloških udruga te njihovo stručno osposobljavanje i

uključivanje u rad državnih i međunarodnih institucija koje se bave problematikom i proučavanjem krša i njegovih fenomena, odnosno njihovom zaštitom.

Jednu od najzahtjevnijih i najsloženijih (i financijski i obimom posla) aktivnosti projekta KUP predstavlja rekonstrukcija i prenamjena napuštene školske zgrade u Vodicama u općini Lanišće. Trenutačno je u tijeku sporazumni prijenos vlasništva na općinu Lanišće nakon čega će se pristupiti izradi natječajne dokumentacije i odabiru izvođača radova, te samoj rekonstrukciji. Ideja je da se nakon obnove, prostor prenamjeni u tzv. "Speleo kuću" koja bi poslužila kao međunarodni centar za speleološke ekspedicije, znanstvena istraživanja, te edukaciju hrvatskih, slovenskih i drugih speleologa. Speleo kuća koristila bi se i za održavanje predavanja, terenskih nastava u prirodi različitih školskih uzrasta i fakulteta, te ostalih organizacija i udruga poput planinara i nevladinih udruga koje se bave zaštitom prirode i okoliša. Na taj će se način u određenoj mjeri pridonijeti i oživljavanju ćićarijskih sela, te je moguće da bi se u skorijoj budućnosti, kroz eventualno otvaranje novih radnih mjesta smanjio negativni trend iseljavanja lokalnog stanovništva. U sklopu implementacije projekta već je pristupljeno nabavci speleološke i biospeleološke opreme koja će se koristiti za čišćenje i sanaciju speleoloških objekata odnosno provođenje biospeleoloških istraživanja. Nabavljena oprema bit će smještena u Speleo kući kao osnovna oprema za daljnje aktivnosti.

Već izrađena GIS baza podataka u kojoj je zasada evidentirano 709 speleoloških objekata s njihovim osnovnim obilježjima planira se ažurirati i nadopuniti s dodatnih 600 objekata. U sklopu projekta planira se nabava potrebne informatičke opreme (servera i kompjutera te softverskih paketa) koja će omogućiti dizajn web GIS aplikacije, te dostupnost baze svim korisnicima interneta uz različite razine dostupnosti kako bi se spriječila zlouporaba podataka.

Najveća razlika u odnosu na provedeni projekt "Underground Istria" je značajniji naglasak na znanstvenom pristupu kroz planirana biospeleološka istraživanja. Istarska županija i slovenski partner ZRC SAZU - Inštitut za raziskovanje krasa iz Postojne, već su objavili natječajnu dokumentaciju za odabir dvaju hrvatskih i dvaju slovenskih znanstvenika, koji će zajednički provesti biospeleološka istraživanja u 12 (6 hrvatskih i 6 slovenskih) speleoloških objekata. Rezultati istraživanja, te dobiveni podaci o podzemnoj flori i fauni bit će objavljeni u znanstvenim časopisima, kao i na web stranicama projekta, a o samom tijeku istraživanja bit će snimljen i polusatni dokumentarni film popularno znanstvenog karaktera.

Kao i u sklopu projekta "Underground Istria", projekt KUP predviđa sanaciju i čišćenje dodatnih 12 speleoloških objekata (6 na području R. Slovenije i 6 na području R. Hrvatske), te održavanje brojnih, u prvom redu edukativnih radionica, te tiskanje i podjelu promotivnih materijala. Sve navedene aktivnosti projekta bit će medijski popraćene u svrhu promocije zaštite krškog područja i okoliša općenito.

Rezultati završenog projekta "Undergoround Istria" i započetog projekta "KUP", tj. sanirani i očišćeni speleološki objekti, izrađena GIS baza podataka speleoloških objekata, provedena biospeleološka istraživanja, kao i uspješno provedene aktivnosti vezane za edukaciju i promociju zaštite okoliša, predstavljaju vrlo dobar primjer prekogranične suradnje uz korištenje financijskih sredstava iz predpristupnih fondova EU.

ZAKLJUČAK

U doba sve većeg i bržeg tehnološkog razvoja, i sve veće eksploatacije prirodnih resursa, a time i povećanog pritiska na okoliš, zaštita okoliša nameće se kao prioritet u očuvanju zdravlja i kvalitete života. Uz globalnu financijsku krizu i sveprisutno pomanjkanje izvora financiranja, trenutno

dostupni predpristupni, a u skoroj budućnosti i strukturni fondovi Europske unije predstavljaju logičan, praktičan i vrlo značajan izvor financijskih sredstava u domeni zaštite okoliša pri uspostavi bolje i kvalitetnije organizacije u upravljanju okolišem.

PRIMJERI INCIDENTNIH ONEČIŠĆENJA SPELEOLOŠKIH OBJEKATA TEKUĆIM UGLJIKOVODICIMA I NJIHOVE POSLJEDICE

ACCIDENTAL POLLUTION OF THE CAVES BY LIQUID HYDROCARBON - EXAMPLES AND CONSEQUENCES

MLADEN KUHTA^{1,2}, ANDREJ STROJ^{1,3}

¹Hrvatski geološki institut, Zagreb

²Speleološki klub "Željezničar", Zagreb

³Speleološko odsjek PDS "Velebit, Zagreb

Izvod

S obzirom na široku primjenu i činjenicu da sadrže brojne štetne spojeve, ugljikovodici su izvor vrlo različitih oblika onečišćenja zraka, tla i vode. Poznato je da već vrlo male količine ovih spojeva u podzemnoj vodi onemogućavaju njeno korištenje. Unatoč nastojanjima da se podzemne vode što bolje zaštite, svjedoci smo sve većeg broja ekoloških incidenata od kojih se dio dogodio i na krškom području. Dobro je poznata činjenica da su upravo podzemne vode u kršu posebno osjetljive na sve oblike onečišćenja, što je posljedica njegovih specifičnih hidrogeoloških karakteristika. Zbog mogućnosti brze i duboke infiltracije posebno su opasna onečišćenja štetnim tekućinama. Gotovo najgori mogući scenarij jest izlivanje opasnih tvari u speleološke objekte, budući da oni već svojom genezom predstavljaju privilegirane putove prema podzemnoj vodi. U radu su prikazana dva takva incidenta i analizirane zabilježene posljedice.

Prvi incident je izlivanje 123 tone mazuta iz kotlovnice "KTI Pazinka" u korito Pazinčice, neposredno prije njenog ulijevanja u Pazinsku jamu. Drugi primjer je prevrtanje autocisterne na prilaznoj cesti vojarni Drgomalj u Delnicama pri kojem je došlo do istjecanja 16239 litara dizel goriva i 25 litara bezolovnog benzina. Cisterna se prevrnula iznad prostranog speleološkog objekta, na mjestu gdje je nadsloj debeo svega 5-6 m.

Budući da se obje lokacije nalaze u zaleđu značajnih izvorišta zahvaćenih za javnu vodoopskrbu, pored sveobuhvatnih zahvata na sanaciji onečišćenja, uspostavljen je i sustav praćenja kakvoće vode na ugroženim izvorima. U slučaju zagađenja Pazinske jame na dijelu opažanih izvora registrirana su povećanja koncentracije pojedinih karakterističnih parametara, no ona su bila daleko manja od očekivanih. Na izvorima koji su opažani nakon prevrtanja autocisterne kod Delnica nisu zabilježene nikakve promjene. S obzirom na količine izlivenih izrazito štetnih tvari i mjesta incidenata, ovako neočekivani rezultati tumače se relativno povoljnom geološkom i hidrogeološkom građom, sifonskom i dubokom cirkulacijom podzemne vode, razrjeđenjem onečišćenja te specifičnostima tekućih ugljikovodika.

Ključne riječi: krš, podzemne vode, onečišćenje, ugljikovodici

Abstract

Because of their wide use and environmentally harmful properties, hydrocarbon pollutants are common source of various kinds of air, soil and water pollution. Even very small concentrations of hydrocarbon chemicals prevent groundwater exploitation for the public water supply. In spite of growing efforts to preserve the quality of groundwater resources, accidental pollution is becoming increasingly frequent, some of it happening also in karst areas. Karst groundwater pronounced vulnerability to various kinds of pollution is a well known fact, which is a consequence of karst specific hydrogeological properties. Harmful fluid spill is particularly dangerous because of pollutant fast and deep infiltration into the underground. Fluid pollutant that spills directly into the caves presents almost the worst-case scenario, whereas caves are by their genesis favored pathways to the groundwater. In this article two of such accidents and their consequences analysis are presented.

The first accident is related to 123 tons of oil fuel spill from a tank of a nearby factory into the sinking stream Pazinčica, close to its natural sinking point – Pazinska jama cave. Second one was an overturning of a tanker lorry on the access road to the Drgomalj military barracks, in the vicinity of the town Delnice, when 16.239 liters of diesel fuel and 25 liters of unleaded gasoline was spilled. The accident happened immediately above spacious cave, and the cave overlaying rock beneath access road is only 5-6 meters thick.

Due to the fact that both accidents happened within catchments of the significant public water supply springs, beside remediation actions on the accident locations, the monitoring of endangered springs water quality has been established. In the case of Pazinska jama pollution accident an increase of specific parameters was registered on some of the monitored springs, but the maximum measured concentrations were significantly lower than expected. No increase of specific parameters was registered on the monitored springs in Delnice area after the tank truck accident. Considering the amount of pollutants spilled and locations of the accidents, such unexpected results are interpreted as a result of relatively favorable geological and hydrogeological structures, deep siphon groundwater circulation, pollutant dilution, and specific characteristics of liquid hydrocarbon contaminants.

Key words: karst, groundwater, pollution, hydrocarbons

UVOD

Speleološki objekti nastaju složenim procesom okršavanja. Premda na njihovu genezu bitno utječu brojni regionalni i lokalni prirodni uvjeti, te trajanjem i intenzitetom djelovanja različiti čimbenici, osnovna značajka im je gotovo bez iznimke zajednička. Speleološki objekti posljedica su cirkulacije vode u krškom podzemlju, bilo da se ona odvija u nesaturiranoj, epifreatskoj ili freatskoj zoni. Slijedom navedenog, bez obzira gdje se oni danas nalazili, njihovi kanali predstavljaju predisponirani put prema vodnom licu i prema aktivnim zonama tečenja. Samo je manji dio tih kanala dostupan istraživanju, no nedvojbeno je da se iza raznih prepreka i suženja oni nastavljaju. Njihov se kraj nalazi tamo gdje voda istječe iz krškog podzemlja. Možda njihove dimenzije nisu onakve kakve priželjkuju speleolozi, no za vodu oni svakako predstavljaju zone koncentracije tokova i brzog tečenja, često i na vrlo velike udaljenosti.

Podzemne vode u kršu izrazito su osjetljive na onečišćenja s površine terena. Razlog tome jest prvenstveno velika infiltracija oborinskih voda, odnosno dominantan udio podzemnog otjecanja. Pored raspucanosti i okršenosti karbonatnih stijena, tome svakako doprinosi i činjenica

da su slabije propusne naslage površinskog pokrivača, ukoliko je on uopće razvijen, na kršu obično izrazito tanke i nejednolike raspoređene. Nadalje, preko 90 % vode u kršu otječe širokim podzemnim kanalima, u kojima vladaju uvjeti turbulentnog toka i u kojima su mogućnosti samopročišćavanja (autopurifikacije) vrlo ograničeni.

Svako onečišćenje na površini krškog terena izrazito je opasno, no teško je zamisliti nepovoljnije okolnosti od onečišćenja vrlo štetnim tekućim supstancama u neposrednoj blizini speleoloških objekata. Upravo dva takva incidenta opisana su u ovom radu. Kako je u oba slučaja bilo važno konstatirati razmjere onečišćenja u podzemlju, neposredno nakon nemilih događaja angažirani su stručni speleološki timovi Hrvatskog geološkog instituta iz Zagreba. Pored autora, pri terenskim istraživanjima sudjelovali su dr. sc. Srećko Božićević i speleološki instruktor Branko Jalžić (Kuhta 1997, Kuhta i Božićević 1999, Kuhta 1999).

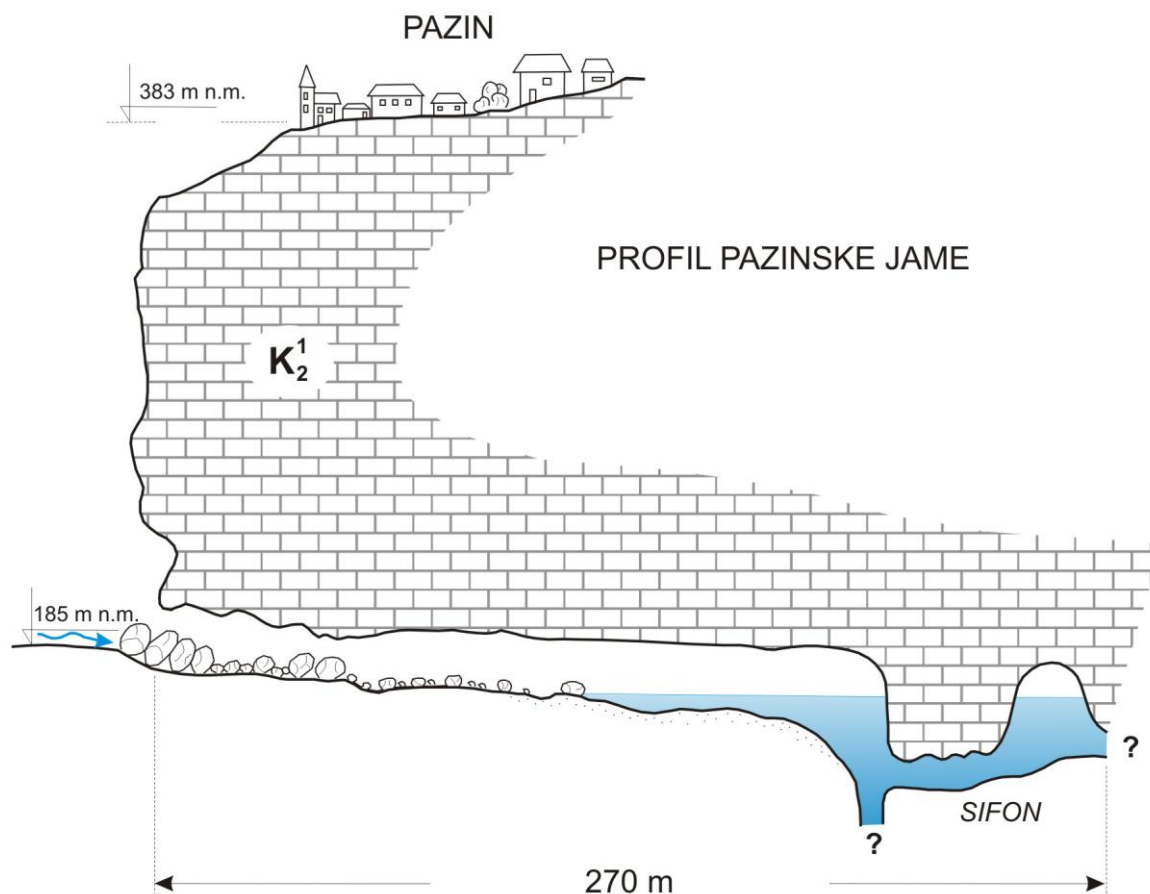
OPIS INCIDENATA I OBJEKATA

Prvi incident uzrokovan je puknućem cjevovoda između spremnika energenata i kotlovnice u krugu poduzeća KTI "Pazinka", pri kojem je došlo do izlivanja velikih količina mazuta u korito ponorskog toka Pazinčice u Pazinu. Mjesto izlivanja nalazi se približno 750 m uzvodno od ulaza u ponor Pazinsku jamu. Incident se dogodio 6. listopada 1997. godine. Zbog nepostojanja točne evidencije o stanju i potrošnji u "Pazinki", količinu mazuta koja je dospjela u vodotok nije moguće točno odrediti, pa se razmjeri onečišćenja mogu približno predočiti podatkom da je tijekom 16 dana čišćenja prikupljeno 421 m³ zauljene vode iz koje su izdvojene 123 tone mazuta (Rubinić i sur. 1998).

Pazinska jama jedan je od najpoznatijih speleoloških objekata našeg krša. Prva speleološka istraživanja obavio je utemeljitelj francuske speleologije E. A. Martel (1894, 1896, 1897), koji je s W. Putickom iz Ljubljane izradio i prvi topografski nacrt objekta. Podatke o Pazinskoj jami nalazimo i u prikazu M. Baratte (1920), zatim u knjizi "Duemila Grotte" (Bertarelli i Boegan 1926), kao i u publiciranom talijanskom speleološkom katastru (Boegan 1930). Novija detaljna geološka, hidrogeološka i speleološka istraživanja, uključujući i topografsko snimanje unutrašnjosti ponora (sl.

1) izveo je M. Malez tijekom ljeta 1967. godine (Malez 1968). Duljina objekta od ulaza (ispod vertikalne stijene) do završetka sifonskog jezera je 215 m, a dubina 12 m. Obzirom na kotu dna ulaza

od približno 185 m n. m. razina vode u sifonskom jezeru u sušnom razdoblju nalazi se na koti od 173 m n. m. Prostrani špiljski kanal, formiran duž jasno izraženih tektonskih pukotina, pruža se generalno u smjeru jugoistoka. Na najužem dijelu širina mu je 6 m, a prosječno iznosi oko 10 m. Premda je dijelom pokriven vodom, bez uporabe dodatne opreme, pri niskim vodama može se savladati do približno 130 m udaljenosti od ulaza. Na tom mjestu kanal se proširuje u podzemnu dvoranu duljine 80 m i prosječne širine 20 m, najvećim dijelom ispunjenu vodom. Dubina vode u jezeru je od 2 m u središnjem do 13 m u udubljenju na istočnom dijelu dvorane, gdje se nalazi sifonski nastavak objekta. Prema podacima pazinskih speleologa koji su u ponoru ronili 1975. god. on se nastavlja potopljenim špiljskim kanalom istraženim u duljini od približno 70 m.



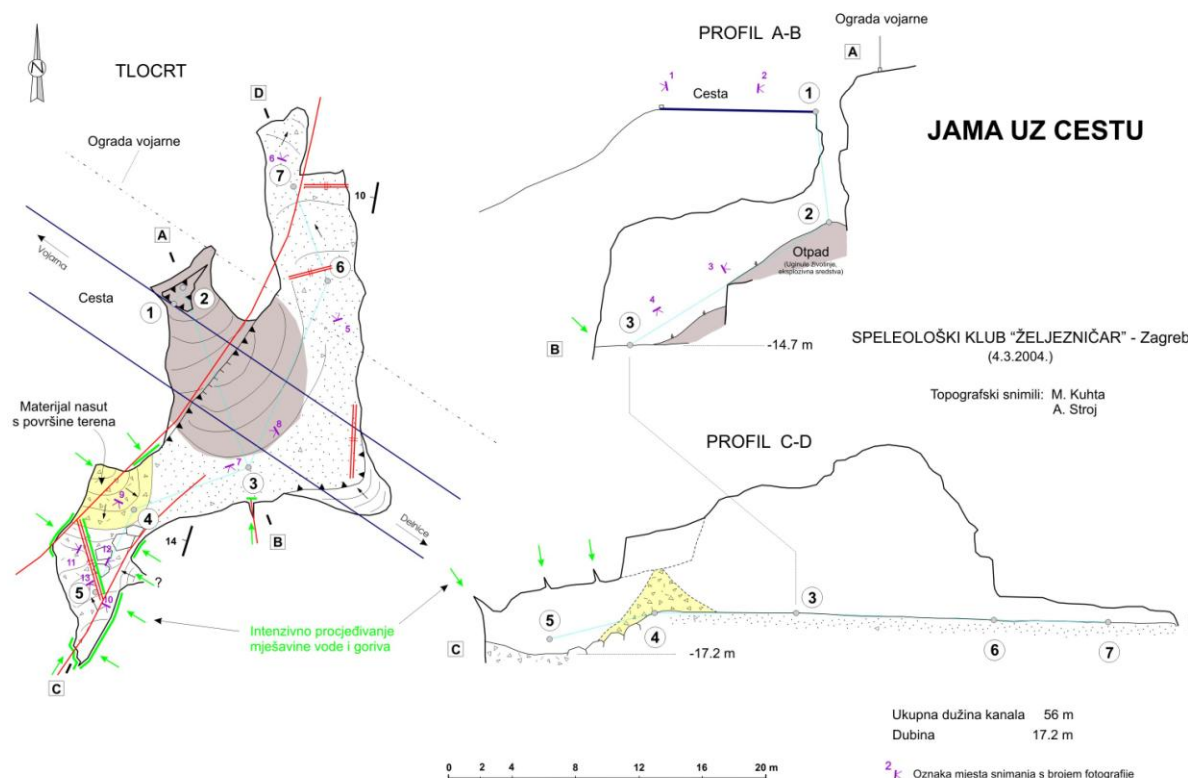
Slika 1. Profil Pazinske jame prema Malez 1968 i roniocima iz Pazina 1975. Precrtano iz Božičević 1985.

Figure 1. Profile of Pazinska jama cave according to Malez 1968 and Pazin divers 1975. Digitalized from Božičević 1985.

Pazinska jama i njen neposredni okoliš, zbog svoje znanstvene, ekološke, estetske i kulturne vrijednosti, upisana je u registar geomorfoloških spomenika prirode Republike Hrvatske (17. 3. 1964.,

red. br. 147), a prema pozitivnim propisima, na takvom lokalitetu ili u njegovoj blizini nisu dopuštene djelatnosti kojima se mogu ugroziti njegova prirodna obilježja. Nasuprot navedenom nažalost stoji dobro poznata činjenica da su sve do izgradnje uređaja za pročišćavanje otpadnih voda 2005. godine, bujični tok Pazinčice i Pazinska jama predstavljali otvoreni kolektor otpadnih voda industrije i domaćinstava s područja grada Pazina.

Drugi incident dogodio se 27. veljače 2004. godine kada je na prilaznoj cesti vojarni Drgomalj u Delnicama došlo do slijetanja i prevrtanja autocisterne natovarene sa 4878 litara bezolovnog benzina i 28126 litara dizelskog goriva. Mjerenjem izvučenog sadržaja iz prevrnute autocisterne utvrdilo se da je isteklo 16239 litara dizel goriva i 25 litara bezolovnog benzina. Cisterna se prevrnula neposredno iznad, autorima dotad nepoznatog, prostranog speleološkog objekta. Tijekom očevida ekspertnoj jedinici Hrvatskih voda pozornost je privukao manji jamski otvor smješten neposredno uz sjevernu stranu kolničke trake (cisterna je ležala na južnoj), pa je naručeno hitno speleološko istraživanje.



Slika 2. Nacrt Jame uz cestu s naznačenim područjem procjeđivanja dizel goriva

Figure 2. Jama uz cestu cave, diesel fuel percolation area marked on the profile

Jama uz cestu, kako je nazvana, smještena je na približno 710 m n. m. Uska ulazna vertikala duboka je 7 m, a završava na vrhu strmo položene kosine, koja se pruža u smjeru JI, dakle ispod ceste, prema prostranom horizontalnom kanalu u donjem dijelu jame (sl. 2). Na kosini se nalazi veća količina otpada u kojem se vidi nekoliko ručnih bombi. Glavni dio podzemnog prostora čini prostrani špiljski kanal generalnog pružanja JZ-SI. Njegov JZ dio nalazi se neposredno ispod mjesta na kojem je ležala prevrnuti cisterna. Najniža točka u jami smještena je 17 m ispod ulaza, a ukupna tlocrtna dužina jamskih kanala je 56 m.

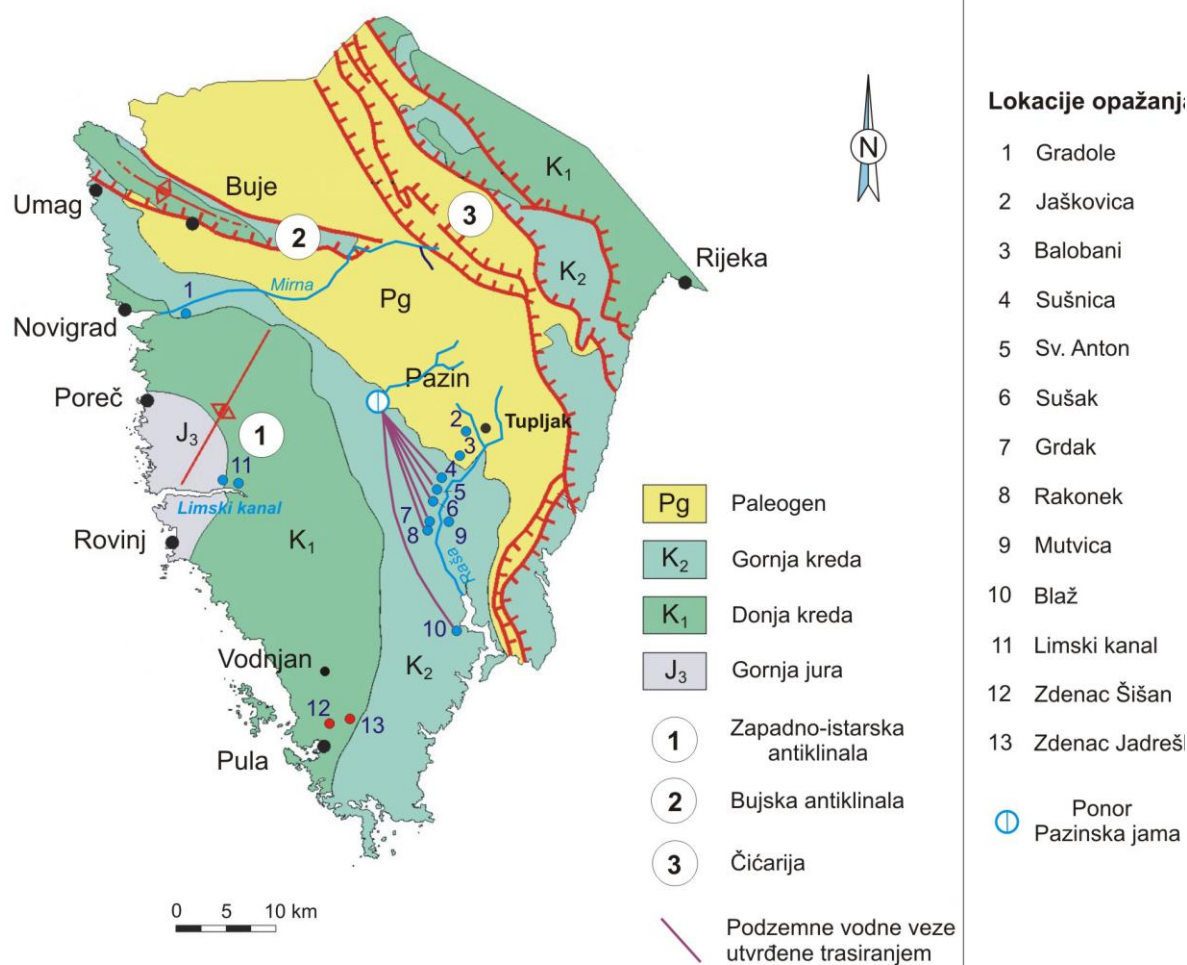
HIDROGEOLOŠKA SITUACIJA

Pazinčica je najveća ponornica Istre. Priljevno područje površine 82,9 km² (Vodoprivredni plan Istre 1979) građeno je od fliša, dakle pretežito nepropusnih, paleogenskih klastičnih naslaga. Pazinska jama (i njeni do sada istraženi podzemni kanali) formirana je u dobro propusnim krednim vapnencima, svega nekoliko stotina metara nizvodno od rasjednog kontakta s fliškim naslagama. Položaj ponora na preglednoj hidrogeološkoj karti Istre prikazan je na slici 3.

Pazinčica je vodotok bujičnog karaktera. Prema podacima opažanja za razdoblje 1973.-1993. na profilu Dubravica, lociranom neposredno uzvodno od zone poniranja, pojave malih voda, odnosno protoka manjih od 0,3 m³/s, zabilježene su u 54% dana. Registrirana su i 133 dana presušivanja korita. Srednja vrijednost protoka iznosila je 0,815 m³/s. U razdobljima visokih voda, zbog manjeg kapaciteta poniranja od dotoka, česte su pojave plavljenja kanjanskog dijela toka. Pri ekstremnim dotocima, razina vode se povisi i za nekoliko desetaka metara. U tom smislu najizrazitija je bila pojava velikih voda u listopadu 1993. godine, kada se razina vode podigla do

kote 235,89 m n. m., odnosno oko 53 m iznad dna ulaza u Pazinsku jamu. Prema preliminarnim hidrološkim analizama smatra se da je tom prilikom dotok Pazinčice premašio 100-godišnji maksimum od 166 m³/s (Ožanić i sur. 1997).

Prema nalazima dosadašnjih trasiranja podzemne vode iz Pazinske jame dreniraju se na izvorima uz desnu obalu rijeke Raše. Izvori su od ponora udaljeni od 12,97 do 27,9 km. Budući su ispitivanja izvođena u različitim hidrološkim prilikama, traser se uz promjenljive koncentracije javljao i na različitim lokacijama (tab. 1). Za razmatranje efekata incidentnog onečišćenja važna je činjenica da su zabilježene prividne brzine toka u rasponu od 0,18 do 1,54 cm/s, što se s obzirom na dosadašnja iskustva u našem kršu može smatrati niskim brzinama (Kuhta i Brkić 2008). Ono što je također posebno značajno jest činjenica da je pri svakom trasiranju konstatirana pouzdana vodna veza s izvorom Rakonek, koji je uključen u vodoopskrbni sustav Pule s kapacitetom od 250 l/s.



Slika 3. Pregledna geološka karta Istre s ucrtanim vodnim vezama iz Pazinske jame i lokacijama izvora opažanih nakon incidenta

Figure 3. Review geological map of Istria, underground water connections from Pazinska jama cave as well as springs monitored after the accident are marked on the map

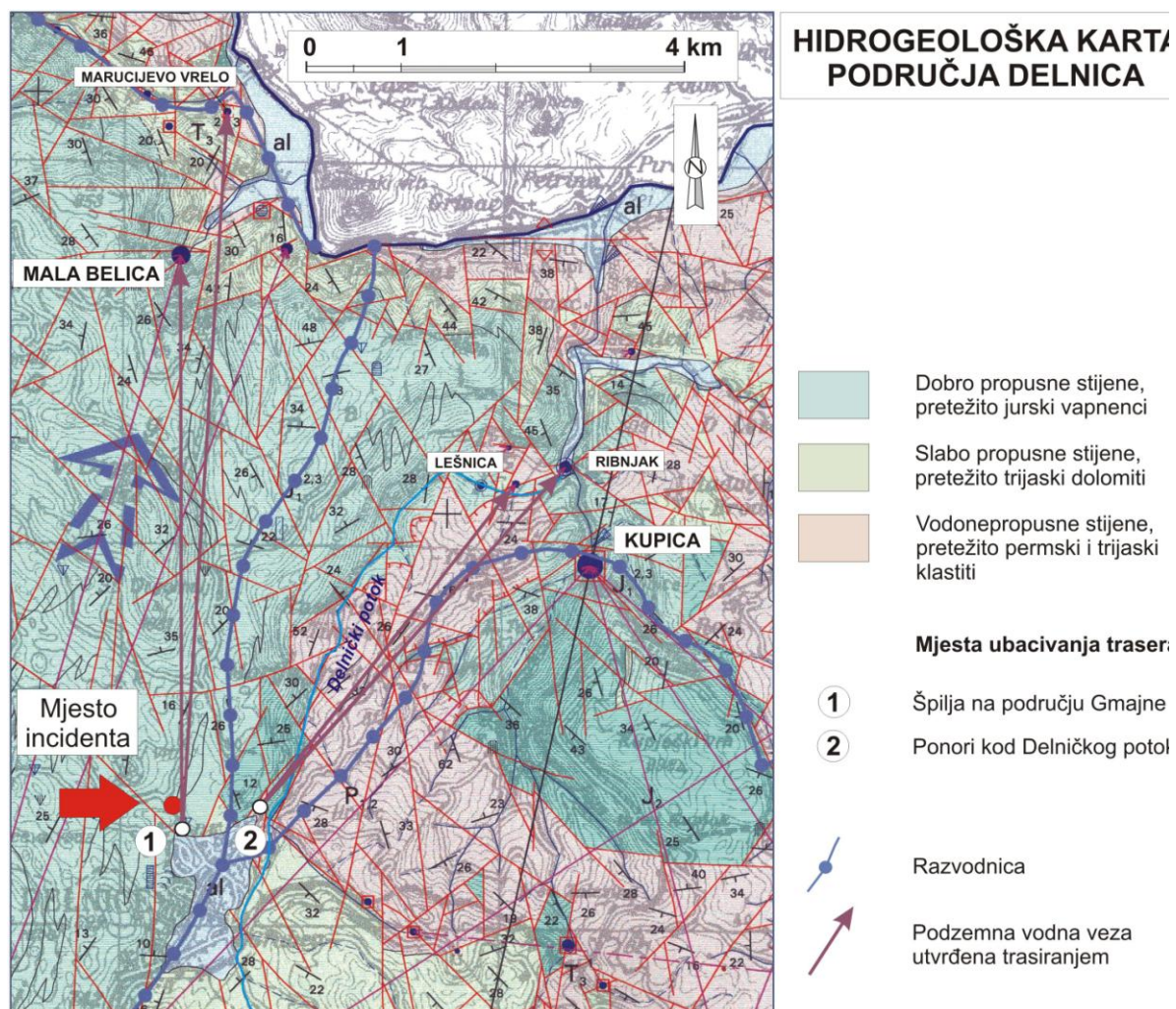
Tablica 1. Osnovni podaci o trasiranjima Pazinske jame.

Table 1. Basic parameters of tracing tests from Pazinska jama cave.

IZVOĐAČ, DATUM, TRASER, KOLIČINA, HIDROLOŠKI UVJETI	MJESTA POJAVE TRASERA	UDALJENOST OD JAME (km)	PRIVIDNA BRZINA PODZEMNOG TOKA (cm/s)	PRONOS TRASERA (%)
GRAĐEVINSKI INSTITUT 16. 11. 1967. Uranin, 140 kg, Niske vode	Sv. Antun	13,44	1,54	80
	Rakonek	18,41	0,78	5,6
	Grdak	17,68	0,78	?
	Pored navedenih opažani su izvori: Sušnica, Sušak, Blaž, jama Pićan, Limski kanal, te zdenci Valtura, Jedreški i Šišan kod Pule.			
INSTITUT "RUĐER BOŠKOVIĆ" 11. 03. 1978. Tricij, 1679 Cr, Visoke vode	Sv. Antun	13,44	1,27	20
	Rakonek	18,41	1,18	7
	Grdak	17,68	1,1	12
	Sušnica	12,97	1,23	50
	Pored navedenih opažani su izvori: Balobani, Bubić jama, Česuni, Blaž, Klen, Fonte Gajo, jama Pićan, Gradole, Limski kanal, te zdenci Valdragon, Valtura, Jedreški, Šišan i Tivoli kod Pule.			
INSTITUT "RUĐER BOŠKOVIĆ" 8. 7. 1981. Tricij, 37 000 GBq, Niske vode	Sv. Antun	13,44	0,18	4,2
	Rakonek	18,41	0,25	12,7
	Grdak	17,68	0,24	16,3
	Sušnica	12,97	0,18	9,6
	Sušak	13,83	0,19	4,6
	Blaž	27,90	0,43	40
	Pored navedenih opažani su izvori: Balobani, Česuni, Mutnica, Fonte Gajo, Ješkovića-jama Pićan, te zdenci Šišan i Tivoli kod Pule.			

Jama uz cestu formirana je u dobro uslojenim vapnencima donje jure. Slojevi su blago nagnuti u smjeru ZSZ pod kutom od 10 do 14°. Premda nije bilo vremena za detaljniju obradu, može se konstatirati da je razvoj jame pretežito predisponiran tektonskim pukotinama generalnog pružanja JZ-SI. U najvećem dijelu objekta tlo je prekriveno naplavljenim glinovito-praštinastim materijalom, a jedino je završni dio JZ kraka prekriven blokovima i kršjem bez pokrovnog sitnozrnog nanosa. U tom dijelu prisutno je i najveće procjeđivanje vode s površine terena na što upućuju kalcitne nakupine na tlu i stijenama kanala.

Podzemne vode s područja Delnica dreniraju se kroz jurske karbonatne naslage prema dolini rijeka Kupe i Kupice (sl. 3). U blizini mjesta incidenta izvedena su dva trasiranja tokova podzemnih voda (tab. 2). Prvo trasiranje izvedeno je iz manje špilje na području Gmajne, približno 300 m južno od mjesta incidenta. Traser je registriran na izvorima Mala Belica i Marucijevo vrelo kod Kuželja. Dobivene visoke prividne brzine toka, a posebno 9,26 cm/s prema Maloj Belici pokazuju veliku okršenost jurskih karbonatnih naslaga između mjesta ubacivanja i izvora. Drugo trasiranje izvedeno je iz ponorne zone iznad korita Delničkog potoka neposredno ispod Delnica, odnosno 900 m istočno od mjesta incidenta. Tom prilikom traser je registriran na izvorima Lešnica i Ribnjak u slivu Kupice.



Slika 4. Hidrogeološka karta područja između Delnice i Kupe (prema: Biondić i sur. 2002)

Figure 4. Hydrogeological map of the area between Delnice town and Kupa river (according to Biondić et al., 2002)

Tablica 2. Osnovni podaci o trasiranjima s područja u blizini mjesta prevrtanja cisterne
Table 2. Basic parameters of tracing tests from the area in the vicinity of the tank truck somersault location

Mjesto ubacivanja boje	Izvor s utvrđenom vezom	Prividna brzina toka (cm/s)
GMAJNE	Mala Belica	9,26
	Marucijevo vrelo	3,47
DELNIČKI POTOK	Lešnica	0,58
	Ribnjak	0,58

Vrlo niske prividne brzine toka podzemne voda posljedica su pojave vodonepropusnih paleozojskih stijena. Budući su ove naslage navučene preko jurskih karbonata, to ima za posljedicu dublje i sporije tečenje podzemnih voda u smjeru spomenutih izvora.

NALAZI SPELEOLOŠKIH PREGLEDA

Pregled Pazinske jame obavljen je 6 dana nakon incidenta. Premda je stanje koje smo zatekli bilo više nego alarmantno, to se nije odnosilo samo na prisutnost mazuta. Naprotiv, s obzirom na situaciju u koritu Pazinčice, vidljive količine mazuta bile su daleko manje od očekivanih. U prvom dijelu ponora, do sifonskog jezera, primijećene su samo dvije manje nakupine zapremine 50-60 litara. Najveće količine mazuta nalazile su se u sifonskom jezeru. Površina jezera pri zatečenoj razini vode iznosila je oko 1000 m². Prva nakupina mazuta površine 30-tak m² i procijenjene zapremine 60 litara, primijećena je uz jugoistočnu stijenu, približno na sredini jezera. Neposredno nizvodno od ovog mjesta, sredinom jezera pružala se traka mazuta prosječne širine 2 m na koju se nadovezivala nakupina granja, plivajućeg otpada i fekalija pomiješanih s mazutom, ispunjavajući završni dio jezera na površini od cca 350 m². Prema gruboj procjeni tu se nalazilo do 1 m³ mazuta. Sve ostalo onečišćenje nažalost je dugi niz godina predstavljalo "normalno" stanje ponora. Onečišćenje je bilo toliko da su se tijekom boravka u tom dijelu objekta osjećale poteškoće s disanjem.

Budući su u usporedbi sa situacijom na površini, u ponoru završile ipak relativno male količine mazuta, te zbog tehnički vrlo složenih uvjeta njegovog čišćenja, odlučeno je da se ručno ukloni samo mazut iz dvije nakupine u prvom dijelu ponora. Čišćenje sifonskog jezera nije obavljeno.

Premda do tada nije bilo nikakvih informacija o sličnim incidentima, tragovi u podzemlju svjedočili su suprotno. Na stijenama završne dvorane ponora jasno su bili vidljivi tragovi mazuta do 2.5 m iznad zatečene razine vode. Kako su neposredno prije i za vrijeme razmatranog onečišćenja protok i razina Pazinčice bili izrazito niski, spomenuti tragovi mazuta nikako se ne mogu povezati s tim događajem. Nadalje, budući su već dijelom sasušeni, ovi su tragovi nastali u sličnim prethodnim događajima, koji zbog većeg protoka i brzine protjecanja jednostavno nisu primijećeni u kratkom kanjonskom dijelu toka Pazinčice. Ovog puta su količine mazuta ipak bile prevelike, a vodostaj Pazinčice prenizak.

Upravo se niskom vodostaju može zahvaliti što i prilikom ovog incidenta sav izliveni mazut nije završio u ponoru. Prema podacima limnografske postaje Dubravica, smještene neposredno

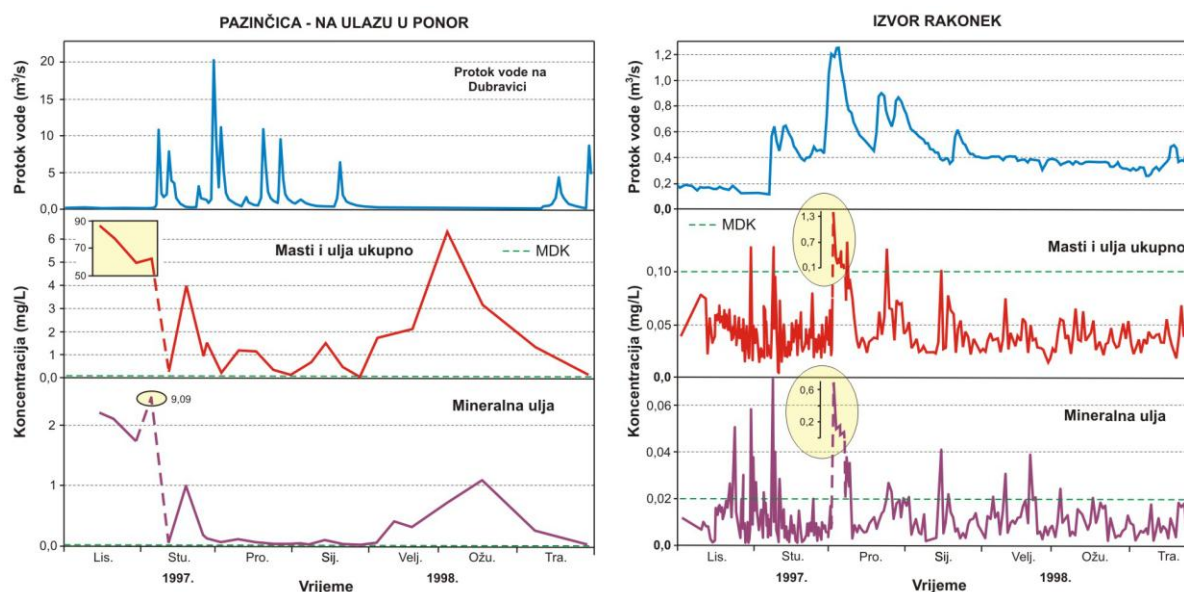
uzvodno od ponorskog područja, na početku incidenta srednja dnevna protoka Pazinčice iznosila je 14 l/s, ali je uslijed usputnih gubitaka u Pazinsku jamu dotjecalo svega oko 5 l/s (Rubinić i sur. 1998). Stabilne hidrološke prilike omogućile su da prirodne prepreke i kaskade u koritu, a posebno, na samom početku akcije izgrađene privremene brane od priručnog materijala, spriječe unos većih količina mazuta u podzemlje, te da se akcija čišćenja korita uspješno obavi.

Jama uz cestu istražena je četiri dana nakon prevrtanja cisterne. Pregledom je nedvojbeno utvrđeno da u dostupnim dijelovima jame nema većih nakupina goriva, premda je dio objekta bio intenzivno zagađen. Prema našoj procjeni najveći dio isteklog goriva već je prošao razinu kanala u jami, a zatečene pojave bile su posljedica ocjeđivanja saturiranog površinskog pokrivača i nadsloja. Procjeđivanje je bilo najizraženije u završnom dijelu JZ kraka jame, odnosno ispod mjesta na kojem je ležala cisterna. U tlocrtnoj projekciji taj je dio udaljen 8 do 14 m od ruba ceste, a od površine ga dijeli nadsloj debeo svega 6-8 m. Na tom mjestu procjeđivanje površinskih voda i prije je bilo najizraženije. Na to upućuju sige istaložene po bokovima i dnu kanala, kao i činjenica da je to jedini dio objekta u kojem nema sitnozrnog nanosa. U preostalim dijelovima jame procjeđivanje goriva nije primijećeno. S obzirom na uvjete pristupa i rada u jami, sakupljanje (upijanje) onečišćenja nije obavljeno. Na površini terena odstranjen je samo kontaminirani sloj pokrovnog tla, pa se može konstatirati da je veći dio od 16239 litara izlivenog dizel goriva završio u krškom podzemlju.

REZULTATI OPAŽANJA KAKVOĆE PODZEMNE VODE

Prema rezultatima provedenih trasiranja opažanje utjecaja onečišćenja Pazinske jame prvenstveno je bilo usmjereno na izvore uz desnu obalu rijeke Raše, među kojima je i izvor Rakonek, uključen u vodoopskrbni sustav Pule. Ipak, zbog položaja ponora u centralnom dijelu Istre, opažanja su uspostavljena i na izvorima Mutvica na lijevoj obali Raše, Gradole u dolini Mirne te u Limskom zaljevu. Isto tako uzorkovani su i glavni vodoopskrbni zdenci na području Pule (Šišan i Jadreški). Dinamika uzorkovanja prilagođena je procijenjenoj ugroženosti i raspoloživim financijskim sredstvima, a nakon višekratnog reduciranja, monitoring je prekinut 6 i pol mjeseci nakon incidenta. Redovito su praćeni samo opći parametri, kao i parametri koji indiciraju pojavu mazuta u pitkoj vodi: ukupne masnoće, mineralna ulja, pH, mutnoća, ukupne suspendirane tvari, sadržaj otopljenog kisika, KPK-permanganat, otapala, PAH i fenoli. Uz sam kemizam voda, praćene su i hidrološke prilike (razina vode, protoke) na većini ispitivanih lokaliteta. Utjecaj onečišćenja registriran je na svim izvorima uz lijevu obalu Raše, a ovdje je prikazano kretanje sadržaja ukupnih ulja i masti, te mineralnih ulja, na najučestalije opažanom izvoru Rakonek kao i na samom vodotoku Pazinčice neposredno prije ponora (sl. 5). Može se konstatirati da je kroz cijelo razdoblje opažanja koritom Pazinčice u ponor dotjecala zagađena voda. Najveće koncentracije onečišćenja, koje su i više stotina puta bile iznad maksimalno dozvoljenih koncentracija (MDK), zabilježene su u razdoblju niskih voda neposredno nakon incidenta. Povišeni vodni valovi i visoke vode donosile su pad koncentracije onečišćenja u vodi potoka. One su ponovo narasle s padom protoka, ali su maksimalne vrijednosti, premda još uvijek visoko iznad MDK, bile znatno manje od onih neposredno nakon incidenta. Aproksimativna procjena na osnovi protoka i zabilježenih koncentracija ukupnih ulja i masti te mineralnih ulja pokazale su da je unatoč provedenim mjerama i čišćenju, kroz razdoblje opažanja Pazinčicom u podzemlje dospjelo oko 14,5 tona ukupnih lipofilnih tvari od čega na mineralna ulja otpada približno 1,4 tone (Rubinić i sur. 1998).

Na izvoru Rakonek, a slična situacija zabilježena je i na ostalim izvorima uz desnu obalu Raše, prvi pouzdani znaci onečišćenja javili su se desetak dana nakon incidenta, a maksimumi su zabilježeni u vrijeme visokog vodnog vala oko dva mjeseca kasnije (sl. 5). Kroz razdoblje opažanja prekomjeran sadržaj mineralnih ulja zabilježen je na većini ispitanih uzoraka vode. Nasuprot tome ukupna ulja i masti su najvećim dijelom bili ispod MDK, a prekomjerne vrijednosti zabilježene su tijekom povišenih vodnih valova. Maksimalne vrijednosti ovih parametara bile su i nekoliko desetaka puta veće od MDK, ali istovremeno i znatno manje od onih zabilježenih u vodi Pazinčice, što je posljedica razrjeđenja sa znatno čistim dotocima iz drugih dijelova sliva. Poznato je da se nakon obilnijih oborina na krškim izvorima blizu urbanih područja, kao posljedica ispiranja vrlo često bilježe povećane koncentracije ulja i masti, mineralnih ulja, ponekad i fenola, no na izvoru Rakonek kao i drugim opažanim izvorima na desnoj obali Raše, povećanja su znatno iznad uobičajenih, pa se nedvojbeno mogu vezati uz onečišćenje Pazinske jame.



Slika 5. Hidrografi Pazinčice (vodomjer Dubravica) i izvora Rakonek u usporedbi sa zabilježenim koncentracijama ukupnih ulja i masti te mineralnih ulja kroz razdoblje sustavnog praćenja (prema: Rubinić i sur. 1998)

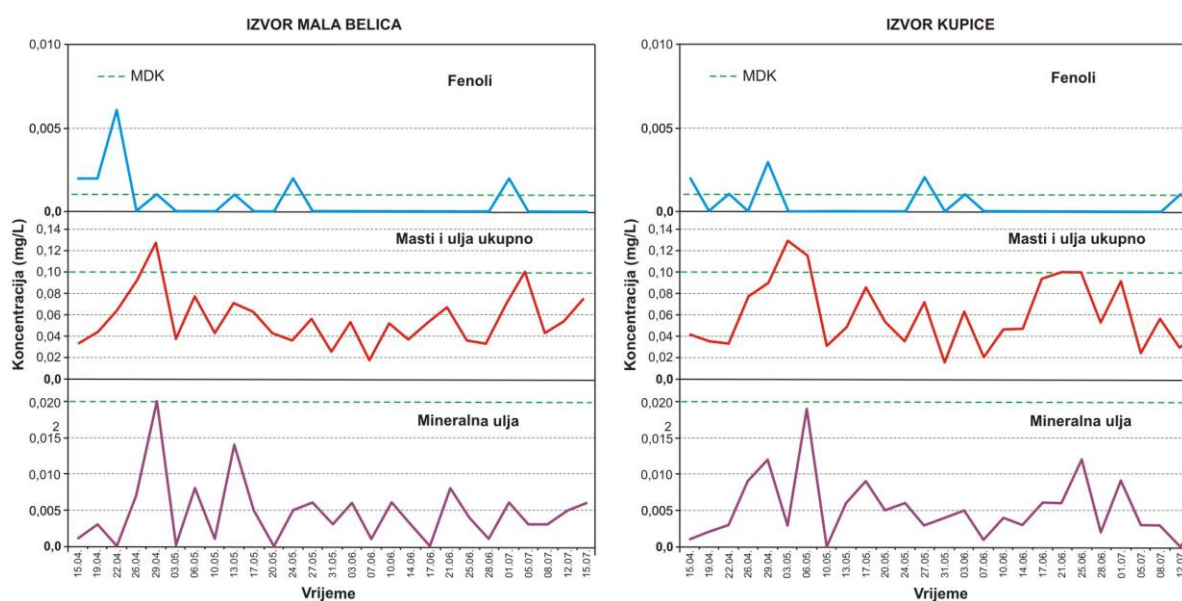
Figure 5. Pazinčica river (measured on Dubravica gauging station) and Rakonek spring hydrographs in comparison to measured concentrations of total fat and oil, and mineral oils during the time of monitoring (according to Rubinić et al. 1998)

Ovdje treba spomenuti da je na dijagramima uz krivulje kretanja koncentracije mineralnih ulja naznačena maksimalna dozvoljene koncentracija (MDK) od 0,02 mg/L, propisana Pravilnikom o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (NN 47/08). MDK za fenole na dijagramima za područje Delnica od 0,001 mg/L u skladu je s Uredbom o klasifikaciji voda (NN 77/98) za I. vrstu voda. Parametar ukupna ulja i masti nije propisan no obično se povišenima, odnosno prekomjernima smatraju vrijednosti iznad 0,1 mg/L.

Nakon incidenta kod Delnica, a s obzirom na hidrogeološku situaciju i nalaze trasiranja ocijenjeno je da su potencijalno ugroženi izvori: Kupica, Lešnica, Ribnjak, Mala Belica, i Marucijevo vrelo, te Delnički potok. U konačnici opažanje je uspostavljeno na za javnu vodoopskrbu zahvaćenom izvoru Kupice, premda se on prema hidrogeološkim tumačenjima incident dogodio u susjednom slivu (sl. 4), potencijalno vodoopskrbnom izvoru Male Belice, te u

koritu Delničkog potoka. Uzorkovanje je organizirano dva puta tjedno kroz razdoblje od tri mjeseca. Nalazi praćenja ukupnih ulja i masti, mineralnih ulja i fenola na izvoru Kupice i Maloj Belici prikazani su na slici 6. Oba spomenuta izvora nalaze se u sustavu Nacionalnog monitoringa kakvoće voda, što omogućava usporedbu podataka prikupljenih nakon incidenta s onima dobivenim kroz dulje vremensko razdoblje.

Na prikazanim dijagramima vodljivo je da su kroz promatrano razdoblje analizirani parametri u svega nekoliko uzoraka premašili MDK. Analizom i drugih raspoloživih podataka, kao što su broj mjerenja, veličina razreda vrijednosti iz godine u godinu, raspon vrijednosti izmjerenih parametara, terenski uvjeti pri uzorkovanjima i hidrometeorološki uvjeti tijekom razdoblja ispitivanja, konstatirano je da u tromjesečnom praćenju kakvoće vode nije došlo do značajnije promjene kvalitete vode izvora Kupice, Male Belice i Delničkog potoka u odnosu na podatke iz višegodišnjeg Nacionalnog monitoringa (Mihelčić i Detan 2004).



Slika 6. Koncentracije fenola, ukupnih masti i ulja, te mineralnih ulja u vodi izvora Kupice i Male Belice nakon incidenta (prema: Mihelčić i Detan 2004)

Figure 6. Phenols, total fat and oil, and mineral oils concentrations measured in spring Kupica and Mala Belica after the accident (according to Mihelčić & Detan 2004)

ZAKLJUČAK

Razmotrena su dva slučaja onečišćenja krškog okoliša. Oba slučaja mogu se smatrati ekstremnim, kako po vrsti i štetnosti onečišćivača – tekućih ugljikovodika i njihovoj količini, tako i s obzirom na same lokacije incidenata u blizini speleoloških objekata, dakle u zonama privilegirane infiltracije površinskih voda. Unatoč tim činjenicama, razmjeri zagađenja praćeni na značajnijim izvoristima podzemnih voda nizvodno od mjesta onečišćenja bili su znatno manji od očekivanih. Razlozi za to su različiti, ali su dobrim dijelom uvjetovani hidrogeološkim odnosima na razmatranim područjima. U slučaju Pazinske jame onečišćenje je u podzemni vodonosnik uneseno aktivnim vodenim tokom. Njegove relativno niske koncentracije na izvorima prvenstveno su posljedica razrjeđenja čistim vodama iz drugih dijelova sliva. Premda se obično navodi u šali, izreka "*solution for pollution is dilution*" u kršu ima određenu težinu. Već i vode Pazinčice ispred ulaza u ponor najmanje koncentracije onečišćenja imale su u razdobljima visokih

voda. To što s tim događajima koincidira pojava najvećih koncentracija onečišćenja na samim izvorima posljedica je hidrauličkih zakonitosti tečenja u kršu prema kojima se u visokim vodnim stanjima najveće količine vode dreniraju kroz najrazvijenije sustave podzemnih kanala, odnosno kroz zone privilegiranog tečenja. Drugim riječima, u takvim okolnostima najveći dio istjecanja na izvorima prihranjuje se dotocima kroz sustav kanala ishodišno vezan na Pazinsku jamu. Nedvojbeno je da su u sprečavanju većeg onečišćenja krškog podzemlja Pazinske jame i vodonosnika ključnu ulogu imale poduzete ažurne mjere sanacije (Ožanić i sur. 1997). Ipak ovdje treba spomenuti i da zbog manje specifične težine ugljikovodici plivaju na vodi uslijed čega se nakupljaju i zadržavaju u podzemnim jezerima ispred sifona. Naravno put nastavljaju već otopljeni dijelovi onečišćenja, no zbog relativno slabije topljivosti ugljikovodika u vodi sam proces se usporava, pa su vršna onečišćenja bitno manja od onih koje bi imali onečišćivači koji su dobro topivi u vodi (soli, kiseline).

U slučaju incidenta kod Delnica može se pretpostaviti da je pored spomenutih mehanizama na zadržavanje onečišćenja povoljno utjecala i znatna debljina vadozne, tj. vodom nesaturirane zone. Može se pretpostaviti da je ona zadržala njegov najveći dio, no pitanje je do kada. Prema dostupnim podacima Nacionalnog monitoringa koji se i dalje provodi na izvoru Kupice i Male Belice, u proteklih 6 godina od incidenta nije zabilježen značajniji porast karakterističnih parametara. Ako se onečišćenje pojavi, izvjesno je da će njegovo trajanje biti puno dulje od onog izazvanog incidentom u Pazinskoj jami.

LITERATURA

Baratta, M. 1920: Le Grotte di S. Canzano e di Postumia, Planina, Nanporto, La Foiba di Pisino. Boll. R. Soc. Geograf. Ital. Roma

Bertarelli, L.V. i Boegan, E. 1926: Duemila Grotte. Milano

Biondić, B., Kapelj, S., Biondić, D., Biondić, R., Novosel, A. 2002: Studija ugroženosti sliva gornje Kupe. Fond str. dok. Instituta za geološka istraživanja, Zagreb

Boegan, E. 1930: Catasto delle grotte Italiane. Fasc. I. Grotte delle Venezia Giulia. Trieste

Božičević, S. 1985: Morfogeneza speleoloških pojava Istre i njihova zavisnost o geološkim i hidrogeološkim uvjetima. Disertacija, Zajednički studij iz područja geologije PMF i RGN fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 1-166

Kuhta, M. 1997: Izvješće o interventnih speleoloških pregledima Pazinske jame u sklopu sanacije zagađenja Mazutom. Fond str. dok. Instituta za geološka istraživanja, Zagreb

Kuhta, M., Božičević, S. 1999: Pazinska jama zagađena mazutom. 2. Hrvatska konferencija o vodama. Zbornik radova, 1001-1008, Dubrovnik

Kuhta, M. 1999: Zagađenje Pazinske jame mazutom, jedan od najvećih ekoloških incidenata u kršu. *Speleolog*, 44/45, 30-34

Kuhta, M., Brkić, Ž. 2008: Water Tracing Tests in the Dinaric Karst of Croatia. Integrating Groundwater Science and Human Well-being, Taniguchi, M., Yoshioka, R., Sinner, A., Aureli, A. (ur), XXX Congress of IAH, Proceedings , Toyama, Japan

Malez, M. 1968: Ponor Pazinčice i njegova uloga u podzemnom hidrološkom sistemu srednje i južne Istre. *Geografski glasnik*, 30, 61-77

Martel, E. A. 1894: Les abimes. Explorations souterraines 1888-1893. Paris

Martel, E. A. 1896: Sur la Foiba de Pisino (Istria). *Compt. Rend. de Acad. des Sciences*, 123, 28 dec. 1896. Paris

Martel, E. A. 1897: La Foiba de Pisino. *La Nature*, 25, Paris

Mihelčić, N., Detan, B. 2004: Izvještaj o kakvoći vode izvora Kupice, Male Belice i Delničkog Potoka nakon provedenog tromjesečnog monitoringa zbog prevrtanja autocisterne kod vojarne Drgomalj u Delnicama. *Hrvatske vode*, VGO Rijeka, 1-18

Ožanić, N., Rubinić, J., Kamber, S. i Diković, S. (1997): Ekološki akcident - tone mazuta u koritu Pazinčice. *Hrvatska vodoprivreda*, 62-63, 85-92

Rubinić, J., Kukuljan, I., Diković, S. i Stipić, Ž. (1998): Zaključni izvještaj o rezultatima praćenja Kakvoće vode na izvorima u Isti nakon akcidenta na ponoru Pazinčice za razdoblje X.1997-IV. 1988. *Zavod za javno zdravstvo Istarske županije, Hrvatske vode*, 1-18

POVEZNICA SPELEOLOŠKIH I BIOSPELEOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA

THE LINK BETWEEN SPELEOLOGICAL AND BIOSPELEOLOGICAL RESEARCH

MARKO LUKIĆ

Hrvatsko biospeleološko društvo, Zagreb

Izvod

U ovom radu ukratko je prikazana metodologija speleoloških i biospeleoloških istraživanja. Predstavljene su osnovni modeli istraživanja te je opširnije opisan projektni načina istraživanja. Prednosti projektnog istraživanja su unaprijed definirani istraživački tim i voditelj projekta, raspodijeljene zadaće i odgovornosti među pojedincima, poštivanje zadanih rokova za izvještaje te izvještaji ili elaborati koji služe kao podloga za objavu radova ili buduća istraživanja. Okvirno su uspoređeni rezultati višegodišnjih biospeleoloških istraživanja PP Biokovo i PP Učka, gdje je zabilježeno povećanje učinkovitosti biospeleoloških istraživanja u PP Učka u smislu broja istraženih speleoloških objekata po danu istraživanja. Predstavljene su i moguće kombinacije i preklapanja speleoloških i biospeleoloških istraživanja s prednostima i problemima koji se pri tome javljaju. Suradnja biologa i speleologa bitna je kako na terenskim istraživanjima tako i u edukaciji i popularizaciji podzemnih krških fenomena i zaštiti speleoloških objekata. Jedinствена speleološka baza podataka Hrvatske doprinjela bi lakšoj zaštiti speleoloških objekata te bi potaknula, olakšala i učinila specijalistička istraživanja učinkovitijim.

Ključne riječi: biospeleologija, speleologija, metode istraživanja, speleološka baza podataka

Abstract

This paper briefly presents the methodology of biospeleological and speleological research: a basic model, and a more detailed project-oriented research are described. The advantage of project-based research are pre-defined research team and project manager, distribution of tasks and responsibilities among individuals, compliance to report deadlines, and studies that can provide a basis for scientific publication or further research. The results of several years worth of biospeleological research in the Nature Parks Biokovo and Učka were compared, and a greater research efficiency in Nature park Učka was found, in the sense of the number of explored caves in a given research time period. Possible arrangements of overlapping speleological and biospeleological exploration are presented with their benefits and problems. The cooperation of the biologists and cavers in their work is essential in the field and also in the education of the public and popularization of underground karst phenomena and cave protection. A unique Croatian speleological database would contribute to easier cave protection and would encourage, facilitate, and make the specialized research more efficient.

Key words: biospeleology, speleology, research methods, cave database

UVOD

Speleološka i biospeleološka istraživanja u prošlosti su obavljali prirodoslovci i zaljubljenici u prirodu. Navedena istraživanja provodila su se uglavnom usporedno te su prilikom speleoloških istraživanja primjećivani ili sakupljani špiljski organizmi ili su prirodoslovci prilikom sakupljanja špiljske faune izrađivali skice ili nacрте speleoloških objekata. Razvojem metoda izrade speleoloških nacрта, napredovanja u speleološkim objektima te metodologije sakupljanja špiljske faune i obrade većeg broja staništa mijenja se pristup i provođenje oba tipa istraživanja. Jasna poveznica tih istraživanja svakako su speleološki objekti pa se jedan dio metodologije istraživanja u potpunosti i dalje podudara i usporedno razvija. U ovom radu predstavljeni su neki modeli kombiniranja navedenih istraživanja s ciljem povećanja učinkovitosti i racionalizacije utrošenog vremena, prvenstveno promatrano sa strane biospeleoloških istraživanja.

ORGANIZACIJA ISTRAŽIVANJA

Speleologija je znanost čiji je glavni cilj istraživanje jama i špilja i drugih podzemnih krških fenomena (Bakšić i sur. 2000), dok je biospeleologija znanstvena grana biologije koja proučava podzemna staništa, organizme koji ih nastanjuju i njihove međusobne odnose (Gottstein Matočec i sur. 2002). S obzirom na identične prostore istraživanja i uvjete u njima u organizaciji i provođenju speleoloških i biospeleoloških istraživanja nailazimo na mnogo podudarnosti u pripremi samog istraživanja te količini provedenog vremena kako na terenu, tako i u kabinetu ili laboratoriju.

Prema duljini trajanja, istraživanja možemo podijeliti na takozvane vikend-akcije istraživanja jednog ili više speleoloških objekata, ekspedicije duljeg trajanja prilikom kojih se istraži veći broj speleoloških objekata te sustavna istraživanja jednog objekta ili određenog područja u više navrata tijekom jedne ili više godina. U ovisnosti o navedenom tipu istraživanja potrebno je učiniti određene pripreme prije samoga izlaska na terensko istraživanje. Svaka od pojedinih faza pripreme može se detaljnije obrazložiti, međutim ovdje je naveden samo grubi prikaz pojedinih faza kako bi se prikazala sličnost u pripremi istraživanja. Detaljniji opis priprema speleoloških ekspedicija dao je I. Jelinić (2006).

Prije samog terenskog istraživanja potrebno je prikupiti literaturne podatke za određeno područje ili objekt te neobjavljene podatke putem osobnih kontakata među speleolozima i biolozima, podatke iz bioloških zbirki za pojedine vrste ili područja te sve činjenice koje će pomoći u izradi plana istraživanja. Zatim slijedi izrada plana istraživanja s utvrđivanjem glavnih ciljeva i sukladnih metoda, npr. izrada nacрта, svladavanje horizontalnih ili vertikalnih kanala, tehničko penjanje u objektima, speleoronjenje ili analogno za biološka istraživanja definiranje radi li se o inventarizaciji faune, istraživanju biologije vrste, uvjeta staništa i slično. U skladu s navedenim planom potrebno je pripremiti standardnu i potrebnu specifičnu opremu za pojedini tip istraživanja. Oprema i metodologija napredovanja i svladavanja speleoloških objekata gotovo je u potpunosti jednaka.

Nakon uspješno odrađenog terenskog dijela istraživanja, slijedi dugotrajan kabinetski ili laboratorijski rad. Ovisno o specifičnosti istraživanja za obradu podataka potrebno je u pravilu u kabinetu provesti barem onoliko dana koliko je provedeno na terenskim istraživanjima, međutim taj broj često je i znatno veći. Za oba tipa istraživanja potrebno je urediti terenske dnevničke, arhivirati fotografije i druge podatke, unijeti podatke u bazu, napraviti potrebne analize podataka itd. Specifično za speleološka istraživanja potrebno je urediti speleološke nacрте, speleološke zapisnike, a

za biološka, determinirati sakupljeni materijal te ga unijeti u zbirku i bazu. Ukoliko su ciljevi istraživanja detaljnija taksonomska, populacijska ili filogenetska istraživanja, slijedi mnogo dugotrajniji laboratorijski rad na analizi i tumačenju dobivenih i sakupljenih podataka. Nakon obrade podataka u kabinetu slijedi objavljivanje rezultata istraživanja putem znanstvenih, stručnih i popularnih članaka koje zaokružuje i predstavlja rezultate tih dugotrajnih istraživanja znanstvenoj i široj javnosti. Često se rezultati zbog nedostatka vremena i brojnih drugih istraživanja ne objave na vrijeme ili se uopće ne objave. Svakako je potrebno uložiti dodatan trud kako bi se rezultati objavili i kako bi se time omogućila i potaknula daljnja speleološka, biološka i druga specijalistička istraživanja poput geoloških, hidrogeoloških, mikroklimatskih, paleontoloških, arheoloških itd.

PROJEKTNI NAČIN ISTRAŽIVANJA

Količina prikupljenih podataka i vrijeme potrebno za njihovu obradu najčešće ovisi o trajanju i opsegu terenskih istraživanja i u direktnoj je vezi s navedenim. Međutim, bilo da se radi o kraćim ili duljim istraživanjima, često dolazi do problema u organizaciji, raspodjeli poslova među članovima istraživanja i najvažnije poštivanju dogovorenih rokova. Iskustvo stečeno u biospeleološkim istraživanjima pokazuje da se najefikasnijim pokazao projektni način istraživanja. Možda naziv "projektni" nije najprikladniji izraz, međutim ipak ću ga koristiti u daljnjem tekstu. Pri tome ne mislim nužno na financirani ili plaćeni oblik istraživanja, nego na ovdje predstavljeni model istraživanja.

Faze pripreme i provođenja istraživanja gotovo su identične onima navedenim u prethodnom poglavlju pa ću istaknuti samo osnovne razlike i karakteristike. Prije početka projekta nužno je definirati voditelja projekta, okupiti projektni tim i definirati točne zadaće i uloge pojedinaca u njegovu provođenju pazeći pri tome na podjednakom raspodjelu poslova. Voditelj u pravilu ima najviše posla, što zna biti vremenski dosta zahtjevno, međutim postojanje više voditelja s ciljem rasterećivanja pojedinaca u praksi se nije pokazalo produktivno. Članovi tima u pravilu sudjeluju u realizaciji projekta do njegova kraja te svoje druge obveze prilagođavaju odabranim terminima terenskih i laboratorijskih istraživanja. Terenska istraživanja vezana za projektni način rada uglavnom su duljeg vremenskog trajanja i/ili u više navrata godišnje te ih možemo okarakterizirati kao sustavna istraživanja nekog područja ili speleološkog objekta. Obrada sakupljenih podataka na terenu određena je rokovima te se kabinetski dio posla također dijeli u više odvojenih razdoblja čime se izbjegava preopterećenost prilikom izrade završnog izvještaja, a omogućeno je i bolje planiranje budućih terenskih istraživanja, ispravak pogreški, sakupljanje dodatnih podataka i slično. Postojanje neodgodivog roka za izradu završnog izvještaja te, ukoliko je istraživanje financirano, postojanje definiranog krajnjeg korisnika izvještaja koji će se služiti podacima osigurava završetak projekta u dogovorenim rokovima. Upravo je postojanje i poštivanje dogovorenih rokova unutar projektnog tima te definiran završni rok izrazito bitan za uspješno provođenje projekta. Izrada godišnjih izvještaja sa svim potrebnim elementima, ukoliko se radi o višegodišnjim istraživanjima, može znatno olakšati izradu završnog izvještaja ili elaborata. Upravo takvi elaborati služe kao odlična podloga za objavljivanje znanstvenih i stručnih radova, što je segment koji često izostaje kao sam kraj istraživanja. Elaborat, osim što služi kao osnova za objavljivanje radova, sadrži i dodatne elemente poput terenskog dnevnika i drugih korisnih informacija koje će služiti kasnijim istraživačima te se čuvaju u arhivama udruga, odsjeka ili društava. Također predstavljaju i sakupljene podatke na jednom

mjestu za određeno područje, svojevrzne mini baze podataka, što zbog nepostojanja jedinstvene speleološke baze Hrvatske olakšava daljnja specijalistička istraživanja.

PODRUČJA ISTRAŽIVANJA I SPELEOLOŠKE BAZE PODATAKA

Za speleološka i biospeleološka istraživanja svakako su najzanimljivija krška područja. S obzirom na stupanj istraženosti različita područja, regije ili planine ugrubo možemo podijeliti na speleološki istraživana i neistražena područja. Istraživana područja definirana su kao ona na kojima su se u prošlosti ili recentno vršila speleološka istraživanja šireg opsega, a podaci o speleološkim objektima nalaze se u jedinstvenom katastru za to područje ili u arhivima jednog društva ili nekoliko speleoloških društava. To su na primjer speleološki katastri parkova prirode, nacionalnih parkova, općina, županija ili pojedinih područja na kojima speleološke udruge imaju dugu tradiciju istraživanja te u svojim arhivima imaju kompletirane baze podataka. Neistražena područja ona su na kojima se nisu vršila sustavna speleološka istraživanja te za njih postoji malo podataka ili ih uopće nema.

S obzirom na takvu grubu podjelu u organiziranju biospeleoloških i drugih specijalističkih istraživanja, voditelji istraživanja susreću se s brojnim problemima ili olakšicama. Za područja koja imaju uređen jedinstveni speleološki katastar lakše je napraviti kvalitetan plan biospeleoloških istraživanja i odabir perspektivnih i odgovarajućih speleoloških objekata. U slučaju da su područja speleološki istraživana, ali nemaju jedinstveni katastar, potrebno je sakupiti speleološku literaturu te iz najčešće nekoliko speleoloških društava prikupiti potrebne podatke. U tom slučaju troši se daleko više vremena na organizaciju i pripremu te sakupljeni podaci vjerojatno neće biti potpuni. Također se postavlja i pitanje ustupanja podataka speleoloških društava, odsjeka i klubova drugim organizacijama i ustanovama za obavljanje specijalističkih istraživanja koja su najčešće financirana za razliku od speleoloških istraživanja na kojima su ti podaci sakupljeni.

Za područja za koja ne postoje speleološki podaci potrebno je na terenu pronaći vodiče među lokalnim stanovništvom i rekognoscirati teren. U tom slučaju na biospeleološkim istraživanjima troši se znatno više vremena na lociranje speleoloških objekata nego na biološka istraživanja, a samim time smanjuje se i produktivnost i količina sakupljenog biološkog materijala te broj posjećenih speleoloških objekata. S obzirom da je za kvalitetno sakupljanje špiljske faune potrebno relativno mnogo vremena, količina vremena potrošena na pronalaženje i svladavanje speleološkog objekta direktno utječe na rezultate istraživanja. Za potpunije poznavanje špiljske faune također je bitno posjetiti što veći broj speleoloških objekata.

U tablici 1. predstavljeni su podaci biospeleoloških istraživanja na području Parka prirode "Biokovo" i Parka prirode "Učka". Navedene podatke treba promatrati s određenom rezervom i uz dodatna tumačenja, međutim može se primijetiti povećanje učinkovitosti istraživanja na Učki. Ta dva područja izabrana su kao područja na kojima su se obavljala sustavna višegodišnja biospeleološka istraživanja koje je provodilo Hrvatsko biospeleološko društvo.

Prvenstveno treba napomenuti osnovne razlike između tih dvaju područja. PP Biokovo znatno je veći površinom s višim vrhovima, ne postoji tako dobra veza lokalnih putova i makadama kao u PP Učka te su brojna područja teško dostupna za istraživanja. U biokovskom katastru zabilježen je veći broj speleoloških objekata, međutim većina tih objekata nalazi se blizu putova dok za velik dio područja, npr. područje zaleđa Biokova, postoji jako malo podataka. U katastru također prevladavaju jame od kojih su neke znatnih dubina i nalaze se na popisima najdubljih objekata Hrvatske. U katastru

PP Učka speleološki objekti ravnomjernije su raspoređeni te brojna mreža putova omogućuje lakši pristup.

Tablica 1. Podaci biospeleoloških istraživanja (jedan istraživački posjet = posjet jednom speleološkom objektu jedne istraživačke ekipe u jednome danu)

Table 1. Data about biospeleological researches (one research visit = visit to one cave/pit made by one research team in one day)

	Biokovo	Učka
Broj speleoloških objekata u katastru	oko 350	oko 200
Razdoblje biospeleoloških istraživanja	2002.-2006.	2006.-2007., 2009.
Broj istraženih speleoloških objekata	115	71
Ukupan broj dana na terenu	97	37
Broj istraživačkih posjeta	192	87
Broj utvrđenih svojti	181	190
Broj troglobionata i stigobionata	80	47
Broj istraženih speleoloških objekata po danu	1,18	1,91
Broj istraživačkih posjeta po danu	1,97	2,35

Na istraživanjima u PP Učka postojala je tendencija podjele istraživača u manje ekipe i posjet što većem broju objekata. Na Biokovu su se speleološki objekti istraživali u nešto brojnijim ekipama gdje su se mlađi biospeleolozi educirali te su u kasnijim istraživanjima, poput onoga na Učki, bili spremniji podijeliti se u učinkovite manje brojne istraživačke ekipe. Na Biokovu se dio vremena trošio i na rekognosciranje i potragu za speleološkim objektima na speleološki neistraženim dijelovima Biokova. Ukupan broj utvrđenih svojti i broj troglobionata nisu dobri pokazatelji veće produktivnosti pojedinog istraživanja jer su navedeni brojevi prvenstveno uvjetovani prirodnim karakteristikama pojedinih masiva i regija u kojima se nalaze.

Unatoč navedenim razlikama u prirodnim osnovama između Biokova i Učke i razlikama u istraživanjima na tim područjima, primjetno je povećanje istraženih speleoloških objekata po danu (1,91 naspram 1,18) te nešto manje povećanje broja istraživačkih posjeta po danu istraživanja na području PP Učka (2,35 naspram 1,97). Nakon što se uzmu u obzir sve navedene razlike tih dvaju istraživanja, ipak kao osnovnu razliku i prednost PP Učka valja istaknuti postojanje kvalitetne baze speleoloških objekata koja se još uvijek nadograđuje novim objektima. Ta je baza relativno "mlada", samim time i točnijih koordinata ulaza, a izrađena je uz godišnju potporu PP Učka, čime su omogućena znatno lakša i efikasnija daljnja specijalistička istraživanja. Takav princip izgradnje i financiranja speleoloških baza podataka trebale bi prepoznati i preuzeti (neke već jesu) sve ustanove koje upravljaju zaštićenim područjima u Hrvatskoj. Također treba spomenuti pomoć lokalnih speleologa na Učki i na Biokovu koji su unatoč opisanim pristupima u speleološkim zapisnicima mnogo puta pomogli pri traganju za ulazom u objekte i pri opremanju speleoloških objekata.

Kvalitetne baze podataka o speleološkim objektima omogućuju znatno efikasnija daljnja speleološka i specijalistička istraživanja speleoloških objekata. Postojanje jedinstvene speleološke baze podataka Hrvatske omogućilo bi razvoj istraživanja speleoloških objekata i bitno pridonijelo istome.

KOMBINACIJE ISTRAŽIVANJA

Speleološka i biospeleološka istraživanja svakako je moguće međusobno kombinirati i preklapati, pri čemu treba biti svjestan određenih problema koji se mogu pojaviti te na njih obratiti posebnu pozornost.

1. Speleološka i biospeleološka istraživanja

Za kvalitetno provođenje oba istraživanja potreban je znatno veći broj istraživača na terenu, kako kvalitetnih speleologa, "postavljača" i "crtača", tako i biospeleologa. Unatoč tome što su često speleolozi vrloiskusni sakupljači faune i biolozi dobri "crtači" ili "postavljači", nadomještanje premalog broja jednog tipa istraživača drugima često pridonosi smanjenju kvalitete odrađenog posla ili dovodi do mogućih pogrešaka (bilo da je riječ o sakupljanju faune ili izradi speleološkog nacrt). Ukoliko se radi o istraživanju jednog speleološkog objekta, pogotovo jame, povećanjem broja istraživača produljuje se vrijeme boravka ljudi u njemu. Također priroda biospeleoloških istraživanja, potreba dugotrajnog sakupljanja na jednom mjestu, može usporiti ili onemogućiti normalnu dinamiku napredovanja kroz speleološki objekt s ciljem speleološkog istraživanja. Kod nekih specifičnih staništa, npr. špiljskog higropetrika, linija napredovanja kroz vertikalne dijelove nije jednako dobra za oba tipa istraživanja. Za sakupljanje faune potrebno je uže postaviti blizu ili preko mokrih i vlažnih stijena, dok je zbog sigurnosti i nepotrebnog pothlađivanja speleologa uže bolje udaljiti od curaka i vode. Ukoliko se radi o istraživanju većeg broja manjih jama, moguća je podjela u dvije ekipe, speleološke i biospeleološke. U tom slučaju jame se mogu ostaviti nakon speleoloških istraživanja postavljenje te ih biolozi nakon završenih istraživanja mogu raspoređiti. Takvim sustavom može se rasteretiti speleološka ekipa od raspremanja, a biološka od postavljanja jama, čime se povećava efikasnost obaju istraživanja. Takav princip moguće je na primjer primijeniti na ljetnim speleološkim ekspedicijama na kojima se često obrađuje više jama.

2. Speleološka istraživanja u primarno biospeleološkim istraživanjima

U navedenom slučaju podrazumijeva se nedovoljan broj speleologa na terenu i najčešće se takva kombinacija odvija na speleološki potpuno neistraženim područjima. U tom slučaju pronalaze se objekti na terenu te se prilikom sakupljanja faune vrši preliminarna inspekcija kanala u objektima. Zahtjevniji dijelovi speleoloških objekata vrlo često ostanu potpuno neistraženi zbog racionalizacije utrošenog vremena u jednom speleološkom objektu i zbog plana istraživanja koji uglavnom predviđa posjećivanje više speleoloških objekata dnevno. Ukoliko je riječ o manjim i jednostavnijim objektima, mogu se izraditi njihovi nacrti, međutim tada trpe biološka istraživanja zbog smanjenog broja sakupljača u objektu. Najčešće se speleološki nacrti ne izrađuju, a opis objekta s okvirnim dimenzijama kanala, napomenama i mogućim perspektivama unosi se u terenski dnevnik.

3. Biospeleološka istraživanja u primarno speleološkim istraživanjima

U navedenom slučaju podrazumijeva se nedovoljan broj biospeleologa na terenu. Prilikom izrade speleoloških nacrti najboljim se pokazala podjela biologa među ekipe za izradu speleološkog nacrti gdje su oni tada jedan od mjerača i u nešto slobodnog vremena mogu sakupljati faunu. Zbog napredovanja kroz objekt tijekom crtanja biolog vjerojatno neće provesti dovoljno vremena sakupljajući u najzanimljivijim dijelovima objekta, promatrano sa strane najveće raznolikosti faune, te također neće moći provesti dovoljno vremena na određenim mikrolokacijama. Također, za vrijeme dugotrajnih istraživačkih akcija dolazi do smanjenja motiviranosti biologa za sakupljanjem ukoliko je jedini sakupljač. To je pogotovo uočljivo u istraživanju dugih i dubokih objekata u čijim je krajnjim dijelovima potrebno uložiti znatno više vremena (desetaka sati ili više dana) za pronalazak svega nekoliko primjeraka faune koja je iznimno zanimljiva. Prilikom navedenih mogućnosti istraživanja faune sakuplja se u pravilu manje uzoraka te se stječe tek preliminarni uvid u raznolikost faune nekog objekta ili područja.

SURADNJA

Uspješna dosadašnja suradnja speleologa i biologa ostvarena je i nužna pri: edukaciji i popularizaciji podzemnih krških fenomena, zaštiti speleoloških objekata, radu na izmjeni i dopunama Zakona o zaštiti prirode (Narodne Novine 70/05, 139/08), sastancima s predstavnicima nadležnih institucija, te razmjeni i nadopunjavanju podataka i informacija. Mjesta za unapređenje suradnje svakako još ima te je potrebno uložiti dodatne napore i dobru volju u ostvarivanje zajedničkog cilja: istraživanju i očuvanju krškog podzemlja. Uspješni primjeri suradnje vidljivi su tijekom speleoloških ekspedicija i istraživanja dubokih jama. Upravo je u istraživanju dubokih jama, prilikom kojih se troše veliki ljudski i financijski resursi, vidljiva nužnost suradnje i interdisciplinarni pristup istraživanju na korist svih sudionika. Tako su na gotovo svakoj ekspediciji u duboke jame pronađeni endemični i iznimno zanimljivi špiljski organizmi koje su često primijetili i po prvi put sakupili upravo speleolozi.

Jedan od većih problema u zaštiti špiljske faune predstavljaju kolekcionari i sakupljači kornjaša. To su u pravilu strani državljani koji za vrijeme boravka i odmora u Hrvatskoj posjećuju pojedine speleološke objekte (vrlo često tipske lokalitete) i sakupljaju zaštićene vrste tako da postavljaju zamke mrtvolovke koje uglavnom dugo ostaju u objektu i mogu napraviti veliku štetu na podzemnim populacijama. S obzirom da se speleolozi susreću s mrtvolovkama tijekom istraživanja te postoji mogućnost susreta i s ilegalnim sakupljačima, potrebno je ostvariti jedan vid suradnje u zaštiti takvih lokaliteta i vrsta.

ZAKLJUČAK

Za učinkovitu zaštitu, promicanje i istraživanje podzemnih krških fenomena nužna je suradnja speleoloških, biospeleoloških i drugih znanstvenih i stručnih organizacija i institucija. Jedinstvena baza speleoloških objekata Hrvatske i ovdje se nameće kao rješenje koje bi omogućilo lakša i učinkovitija specijalistička istraživanja špilja i jama. Predloženi modeli istraživanja i suradnje biologa i speleologa mogu doprinijeti lakšoj organizaciji i predviđanju problema tijekom istraživanja.

LITERATURA

Bakšić, D., Lacković, D., Bakšić, A. 2000: Speleologija, Planinarsko društvo sveučilišta Velebit, Zagreb, 330 str.

Gottstein Matočec, S., Ozimec, R., Jalžić, B., Kerovec, M., Bakran-Petricioli, T. 2002: Raznolikost i ugroženost podzemne faune Hrvatske, Ministarstvo zaštite okoliša i prostornog uređenja RH, Zagreb, 82 str.

Jelinić, I. 2006: Speleološke ekspedicije priprema i organizacija, *Speleo'zin*, 18, 45-53

SPELEOBIOLOGIJA – BIOSPELEOLOGIJA: ZNANOST RAZBIJA ZABLUDE

SPELEOBIOLOGY – BIOSPELEOLOGY: SCIENCE SMASHES MISCONCEPTIONS

LADA LUKIĆ-BILELA^{1,3}, BRUNA PLEŠE², UNA TULIĆ^{3,4}, SUVAD LELO¹

¹Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Sarajevu

²Institut Ruđer Bošković Zagreb

³Biospeleološko društvo u Bosni i Hercegovini

⁴Institut za genetičko inženjerstvo i biotehnologiju (INGEB), Sarajevo

Izvod

U suvremenim biološkim znanostima speleobiologija postaje sve značajnija. Brojna antropološka djelovanja na neposrednu okolinu neminovno se odražavaju i na najudaljenije ekosustave, ali i na ona staništa o kojima "ljudi od progresa" praktično i ne razmišljaju. Upravo spomenuti utjecaj jasno se može povezati sa sve ozbiljnijim promjenama koje se opažaju kroz suvremena izučavanja špiljskih ekosustava. Poznavanje funkcioniranja bioloških sustava na staničnom i molekularnom nivou dovodi do neprocjenjivih znanstvenih spoznaja o degradaciji ljudske adaptivne zone i općih egzistencijalnih resursa, pa sve do pronalaska novih bioaktivnih tvari i antibiotika. Analiza mitohondrijskog genoma troglobionata i njihova usporedba sa srodnicima na površini pomaže rasvjetljavanju filogenetskih odnosa između srodnih taksona i određivanju vremena njihove diverzifikacije. Molekularno-genetička karakterizacija endemičnih vrsta doprinosi podizanju svijesti o zaštiti biodiverziteta špiljskih ekosustava. Multidisciplinarni pristup i suradnja znanstvenika, speleologa i stručnjaka različitih profila ispravni je put ka očuvanju ovih osjetljivih ekosustava.

Ključne riječi: podzemna fauna, biodiverzitet, speleobiologija, biospeleologija

Abstract

In modern biology, speleobiology precede notable position. Numerous anthropological influences are reflecting on environment even in most distant ecosystems, but as well as on environment where humans have an economical interest. This influence correlates with serious changes in environment that can be observed studying cave ecosystems. Understanding the function of biological systems on cellular and molecular levels is priceless for science not only in order to estimate the damage of human influence but as well as new findings like bioactive compounds or antibiotics that can be used in medicine. Analysis of mitochondrial genomes of troglobionts and comparative genome analysis with relatives on the surface will enlighten phylogenetic relationships between taxons and help in estimation of the time of their diversification. Molecular characterization of endemic species living in the caves will raise a conscience for protection of biodiversity in cave ecosystems. Multidisciplinary approach involving speleologists and experts from different fields (biology, chemistry) is the only correct way in order to preserve these delicate ecosystems.

Key words: Subterranean fauna, biodiversity, speleobiology, biospeleology

UVOD

Biologija kao znanost je jedna od najrazvijenijih znanstvenih disciplina uz vrlo visok nivo stalnih dopuna u spoznajnom smislu. Upravo razvoj biologije omogućava širenje spoznaja i u segmentima koji su u suvremenim društvenim okolnostima vrlo konzervativne (analiza špiljskih ekosustava i špiljskih pojava) ili čak u domeni (znanstveno) fantastičnih "razmjena iskustava" ("slijepi miševi" kao životinje bez sposobnosti vida; "zmajeva djeca" za nalaze čovječje ribice i slično). Specifičan pristup u najaktualnijim biološkim disciplinama, poput molekularne biologije, omogućava rješavanje vrlo kompleksnih biosistematsko-taksonomskih problema koji bi inače bili nerješivi zbog ekstremno malog broja sakupljenih individua i izostajanja populacionističkih pristupa te najčešće, realno neizvedivih istraživanja idioekoloških specifičnosti troglobiontskih i troglobilnih vrsta.

Speleologija (znanost o nastanku i razvoju špiljskih objekata i pojava te o geološkim, posebno hidrološkim, klimatskim i biološkim osobitostima u njima; Lučić 2003) je jedno je od područja u kojoj je suvremeni biosistematsko-taksonomski znanstveni trend ("Biospeleologija je znanstveno izučavanje podzemnih živih organizama, osobito u krškim špiljama, slojevima stijena i podzemnim vodama"; Lučić 2003) najmanje iskorišten, iako su stvarne koristi višestruke. Možemo reći da upravo zbog toga radije koristimo termin "speleobiologija" pri čemu ističemo ekosustav, špilju/jamu, odnosno adaptivnu zonu – ekološku nišu, pa tek onda adaptivni tip određenog biološkog sustava.

Speleološka, a samim tim i biospeleološka istraživanja imaju vrlo dugu tradiciju na zapadnom dijelu Balkanskog poluotoka pa čak predstavljaju primarno područje znanstvene spoznaje u ovoj oblasti (*locus typicus*) po kojima su izvođeni i osnovni speleološki termini (Bonacci i sur. 2008). Istraživanja speleologa pored razotkrivanja "mračnih tajni podzemnog svijeta", omogućuju i lucidno uočavanje promjena u životnoj okolini, odnosno antropogenog utjecaja jer s velikom slobodom speleološke objekte možemo okarakterizirati kao "djevičanske" ekosustave.

Stoga speleolozi u 21. stoljeću predstavljaju možda i najdragocjenije istraživače prirode jer uz iznimne opasnosti speleoloških istraživanja oni predstavljaju stvarne "čuvare posljednjih netaknutih riznica prirode".

O POVIJESTI BIOSPELEOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA

Počeci biospeleologije nastali su upravo na području Dinaridskog sustava, odnosno Dinaridskog krša, u špilji Postojni u Sloveniji. Tijekom 18. stoljeća "legende o zmajevoj djeci i čovječjoj ribici pokazale su se točnima", čovječja ribica opisana je 1768. godine (*Proteus anguinus* Laurenti, 1768) (Lučić 2003). Čak i tada su znanstvenici bili uvjereni kako neobična životinja živi u Cerkniškom jezeru, a ne u podzemlju. Početkom biospeleologije smatra se godina 1831., kada je Luka Čeč, vodič i pomoćnik rasvjetljivača u Postojnskoj jami otkrio prvog špiljskog kukca (*Leptodirus hochenwarthii* Schmidt, 1831) kojeg nudi Franzu Ericu von Ho(c)henwartu, kustosu i pokretaču Prirodnjačko-povijesne zbirke, te prvog lapidarija u Narodnom muzeju Slovenije, tadašnjem „Krainisches Landesmuseum Rudolfinum“ u Ljubljani. Ho(c)henwart uzorak šalje poznatom karniolskom (kranjskom) entomologu Ferdinandu Schmidtu koji 1832. godine opisuje novu vrstu kao potpuno prilagođenu na život u podzemlju i naziva je *Leptodirus hochenwartii* (Polak 2005). U Hrvatskoj biospeleološka istraživanja započinju polovicom 19. stoljeća, a prvi poznati nalaz datira iz 1862. godine. Tijekom sljedećih godina, pretežito strani istraživači obilaze podzemlje Hrvatske i otkrivaju brojne nove rodove i vrste podzemnih životinja.

Bosna i Hercegovina (BiH) po bogatstvu i raznolikosti životinjskog svijeta speleoloških objekata jedna je od vodećih zemalja u svijetu. Biospeleologiju u BiH započeo je Viktor Apfelbeck

(1859-1934) odmah nakon osnivanja Zemaljskog muzeja, 1888., te je bio jedan od najuglednijih stručnjaka te vrste u Europi (Lučić 2003; Bonacci i sur. 2008).

Paleontološka istraživanja u Bosni i Hercegovini datiraju s kraja 19. stoljeća, s počecima rada Zemaljskog muzeja Bosne i Hercegovine u Sarajevu (Malez i Slišković 1988). Među prvim i najbrojnim su istraživanja skeletnih ostataka špiljskog medvjeda (*Ursus spelaeus* Rosenmüller & Heinroth, 1794) koja su osobito intenzivirana od kraja pedesetih godina 20. stoljeća sudjelovanjem Mirka Maleza s Instituta za geologiju kvartara HAZU, u suradnji s nekoliko domaćih istraživača (Brajković 1992).

STANJE I PERSPEKTIVE SPELEOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA NA ZAPADNOM PODRUČJU BALKANSKOG POLUOTOKA

Speleološka i speleobiološka istraživanja na zapadnom dijelu Balkanskog poluotoka na različitim su stupnjevima dosegnutog razvoja i znanstvene spoznaje. Zasigurno je krš Hrvatske jedan od najistraženijih prostora u ovom dijelu Europe, dok je istraživanje hercegovačkog krša, i pored iznimno duge povijesti vrlo konfuzno i najčešće ovisi o interesima inozemnih istraživača.

Istraženost speleofaune Bosne i Hercegovine i susjednih zemalja

Dosadašnja speleobiološka istraživanja u Bosni i Hercegovini su prvenstveno faunistička (i najčešće tek tipološka) uz nešto ozbiljnija ekološka odnosno geološka i geomorfološka istraživanja, ali na malom broju objekata što je skoro zanemarivo u odnosu na 26 knjiga sustavnog istraživanja Hrvatskog speleološkog saveza. Ipak, špilja Vjetrenica sa 101 troglobiontom, od kojih je za 38 vrsta je Vjetrenica tipski lokalitet, čini je jednom od biološki najistraženijih i faunom najbogatijih špilja na Zemlji (ANUBiH 2010).

Nivo istraženosti hercegovačkog, pa i bosanskog krša, u odnosu na druga krška područja na jugu zapadnog dijela Balkanskog poluotoka u najvećem dijelu je izvanredno prezentirana u nizu radova sabranih u monografiji Instituta za zaštitu prirode Srbije (Pavićević i Perreau 2008).

Posljednjih godina subterana biologija u Bosni i Hercegovini ulazi u nešto organiziraniju fazu. Naime tijekom 2007. godine, pri Akademiji nauka i umjetnosti BiH utemeljen je Centar za karstologiju, a 2008. godine osnovano je Biospeleološko društvo u Bosni i Hercegovini. Prvi biospeleološki simpozij BiH s međunarodnim sudjelovanjem, održan je u okviru obilježavanja dvadesete godišnjice postojanja Instituta za genetičko inženjerstvo i biotehnologiju Univerziteta u Sarajevu (INGEB), 8.-9. studenog 2008., te je tom prigodom osnovano Biospeleološko društvo u BiH. Ovdje ističemo da je osnovna djelatnost INGEB-a znanstveno-istraživački rad u okviru molekularne genetike, genetičkog inženjerstva i biotehnologije usmjeren na očuvanje rijetkih i ugroženih vrsta u Bosni i Hercegovini te unapređenje i zaštitu prirodnih resursa. U okviru Laboratorija za molekularnu genetiku prirodnih resursa, utemeljena je grupa za speleobiologiju čija je voditeljica dr. sc. Lada Lukić Bilela. Ovim je najsuvremenija molekularno-biološka metodologija koja se primjenjuje u Institutu usmjerena i na istraživanje speleobioloških fenomena.

Na kraju spomenimo da niz podataka o speleofauni postoji i u završnim izvještajima Udruženja za inventarizaciju i zaštitu životinja iz Ilijaša, Kanton Sarajevo (Fauna Bosne i Hercegovine) koje je u studenom 2009. godine u 5. internom izdanju prezentiralo liste s 9003 vrste (Lelo 2009).

Aktualna istraživanja i pravci razvoja biospeleologije

Područje Dinaridskog krša karakterizira visok stupanj (genetičkog) polimorfizma bioloških sustava. Rezultat je to prirodno-povijesnog procesa interakcije širokog spektra genotipova i

raznovrsnih uvjeta životne sredine. INGEB je pokrenuo dugoročni projekt DNA karakterizacije autohtonih biljnih, animalnih i humanih populacija. Preliminarni rezultati dosadašnjih istraživanja pokazuju punu opravdanost i potrebu takvih istraživanja (Hadžiselimović 2005).

Znanstvenicima je speleofauna iznimno zanimljiva sa stanovišta morfologije i taksonomije, molekularne genetike, molekularne evolucije, ali i proteinske biokemije zbog posebnih adaptacija energetskog metabolizma na život u podzemlju. Od iznimne je važnosti inventarizacija podzemne faune, klasifikacija ugroženosti vrsta prema međunarodnim kriterijima (IUCN nomenklatura) i formiranje nacionalnih Crvenih lista, što je preduvjet za zaštitu biodiverziteta u *in situ* i *ex situ* uvjetima.

Speleobiološka grupa u BiH se u protekloj godini intenzivno bavila morfološko-anatomskim istraživanjima izumrle pleistocenske faune špiljskog medvjeda *Ursus spelaeus* Rosenmüller & Heinroth, 1794 (Lukić-Bilela i sur. 2009a; Lukić-Bilela i sur. 2009b).

Filogenetske studije temeljene na analizi DNA, RNA i proteina pripadnika različitih taksonomskih kategorija speleofaune, te njihove usporedbe sa srodnicima koji žive na površini, od velikog su značaja za rasvjetljavanje ranih filogenetskih odnosa, te često njihova spornog položaja u filogenetskom stablu. Uz složenu morfološku i taksonomsku determinaciju, molekularno-genetička analiza (Müller i sur. 1998; Wiens i sur. 1999; Gamulin i Lukić 1998) mitohondrijskih gena (Lukić-Bilela i sur. 2007), od presudnog je značaja za točno određivanje taksonomske pripadnosti. Stoga je neophodna suradnja tima znanstvenika koji uključuje osim molekularnih genetičara, zoologe, taksonome i morfologe.

Suradnja s Institutom Ruđer Bošković započeta je analizom mitohondrijskog genoma jedine podzemne slatkovodne spužve *Eunapius subterraneus* Sket & Velikonja, 1984 (Pleše i sur. 2010). Spužve (Porifera) su najjednostavnije višestanične životinje, bez pravih organa i tkiva, no vrlo složenog staničnog genoma što ukazuje da su prve Metazoa bile puno kompleksnije negoli je do sada smatrano (Müller i sur. 2001). Primarna struktura gena spužvi pa čak i njihova funkcija pokazuje više sličnosti s ortolozima kod vertebrata/sisavaca/čovjeka negoli s vinskom mušicom *Drosophila melanogaster* ili obličem *Caenorhabditis elegans* (Gamulin i sur. 2000). Spužve su odlični modelni organizmi za rasvjetljavanje evolucije Metazoa; s obzirom na njihovo niže pozicioniranje na filogenetskom stablu najbliži su takson hipotetskoj ancestralnoj životinji – *Urmetazoa* od koje su se razvile sve višestanične životinje te nam s tog aspekta omogućavanju uvid u same početke života na Zemlji (Müller i sur. 2004).

Energetske centrale stanice – mitohondriji su stanični organeli koji posjeduju vlastitu DNA koja se replicira neovisno o replikaciji staničnog genoma. Animalni mitohondrijski genomi – male, većinom kružne molekule (16-18 kilobaza) posjeduju evolucijski sačuvane gene čija filogenetska analiza omogućava uvid u složene procese molekularne evolucije (Boore 1999). Određivanje slijeda nukleotida cjelovitih mitohondrijskih genoma temeljni je preduvjet različitih studija u oblasti genomike i proteomike (Lukić-Bilela 2007)

Intenziviranje speleobioloških istraživanja u Bosni i Hercegovini, otpočelo je realiziranjem nekoliko znanstveno-istraživačkih projekata financiranih od Federalnog ministarstva okoliša i turizma i Federalnog ministarstva nauke i obrazovanja BiH, tijekom kojih je napravljena molekularno-genetička determinacija desetaka endemičnih vrsta iz špiljskog sustava u Bosni i Hercegovini. Najveći istraživački projekt bosanskohercegovačke speleologije tijekom 2008/2009. godine bilo je istraživanje Pećine na Vrelu Mokranjske Miljacke koje je okončano Međunarodnim kampom (24. 7.-2. 8. 2009.).



Slika 1. Pećina na vrelu Mokranjske Miljacke (foto L. Lukić-Bilela)

Figure 1. The cave at the spring of Mokrinjska Miljacka (photo by L. Lukić-Bilela)

Ovom prilikom speleolozi iz Italije, Hrvatske, Crne Gore i Bosne i Hercegovine intenzivno su nastavili mjerenje i istraživanje ove špilje. Na kraju kampa zaključeno je kako se radi o (gotovo) najduljoj špilji u Bosni i Hercegovini, s ukupnom duljinom kanala od 6905 m. Pećina na Vrelu Mokranjske Miljacke nalazi se nedaleko od Kadinog sela u podnožju krečnjačkog masiva Gradina na padinama planine Romanije. Nakon istraživanja ubrajamo je u novo nalazište špiljskog medvjeda (*Ursus spelaeus* Rosenmüller & Heinroth, 1794) u Bosni i Hercegovini. Bogata podzemna fauna tek treba biti opisana, a započeta je njihova molekularno-genetička karakterizacija (sl. 2).

Nadalje, posebnu pažnju je potrebno obratiti na inventarizaciju speleofaune, posebice endemične speleofaune, te izradu biospeleološkog katastra i uspostavljanje Crvene liste ugroženih vrsta u cilju edukacije i popularizacije, a time i zaštite živog svijeta podzemlja Bosne i Hercegovine.

Jedna od osnovnih speleoloških zadaća je izrada (bio)speleološkog katastra, tj. popisa speleoloških objekata s listama konstatiranog biodiverziteta koji je već izrađen u Sloveniji i Hrvatskoj, u najvećem dijelu u Srbiji, dok je u BiH (katastar speleoloških objekata Bosne i Hercegovine izradilo je Speleološko društvo „Speleo dodo”; Mulaomerović i sur. 2006) i Crnoj Gori ta aktivnost u tijeku.



Slika 2. Fauna iz Pećine na Vrelu Mokranjske Miljacke (foto: Roman Ozimec)

Figure 2. The fauna from the cave at the spring of Mokrinjska Miljacka (photo by Roman Ozimec)

DRUŠTVENO ZNAČENJE BIOSPELEOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA

Uključivanje interdisciplinarnih znanstvenih istraživanja u speleologiju u biti je jedna od smjernica budućeg razvoja speleologije u BiH. Pored znanstvenog doprinosa, posebni motivi znanstvenih istraživanja u speleologiji su uključivanje u znanstveno-istraživačke projekte u Bosni i Hercegovini, zemljama regije i svijetu, u smislu finansijskih poticaja, pristupa literaturi, stručnim i znanstvenim skupovima, što podiže kvalitetu speleoloških istraživanja, daje im ozbiljniji ton, olakšava rad na zaštićenim područjima i pomaže speleolozima da lakše zakonski definiraju speleološka istraživanja. Takav pristup postaje iznimno važan nakon donošenja novog Zakona o zaštiti prirode (Paar 2005).

Molekularno-genetička determinacija (identifikacija i karakterizacija) odabranih pripadnika speleofaune, posebice endemičnih vrsta koja naseljavaju podzemna staništa, uz primjenu najsuvremenijih znanstvenih metoda pruža vrijedan doprinos istraživanju biodiverziteta podzemne faune krških ekosustava.

Značaj uključivanja u znanstveno-istraživačke projekte tim je veći što omogućava pokretanje inventarizacije podzemne faune, čime se stvaraju uvjeti za uspostavljanje Crvene knjige ugroženih vrsta s ciljem njihovog očuvanja i zaštite. Zanimanje inozemnih stručnjaka za ovu tematiku i uspostavljanje inozemnih suradnji doprinosi većem finansijskom ulaganju u istraživanja i očuvanje krškog ekosustava.

Konačno, spomenimo razvoj kontroliranog i stručno vođenog speleoturizma koji je prepoznat kao jedan od načina sustavne edukacije u ekološki osviještenim zemljama. Omogućavanje turističke posjete speleološkim objektima, uz osiguranu zaštitu i nadzor te pružanje sofisticiranih usluga iz oblasti zaštite prirode i okoliša su aktivnosti koje indirektno imaju utjecaja i na ekonomski razvoj lokalne zajednice, ali i šire regije.

ZAKLJUČAK

Speleološka i biospeleološka istraživanja na zapadnom dijelu Balkanskog poluotoka imaju tradiciju dugu gotovo dva stoljeća.

Dosadašnje speleološke spoznaje imaju različiti stupanj dostignutog razvoja te se može reći da Slovenija i Hrvatska imaju temeljito organizirana i redovita istraživanja, dok su istočni susjedi u nešto nepovoljnijoj poziciji.

Trenutačno stanje u znanstvenim speleološkim i speleobiološkim aktivnostima u regiji je znatno aktivnije u odnosu na prethodni period, što se posebice odnosi na BiH u kojoj su osnovane i dvije ciljne institucije (Centar za krš i Biospeleološko društvo u BiH) koje obećavaju intenziviranje znanstvenih aktivnosti u navedenom polju.

Izuzetno je važno istaknuti činjenicu da je suvremena speleologija interdisciplinarna, odnosno mora postojati jasna integracija prilikom opisivanja karakteristika obuhvaćenih fenomena u prirodnim znanostima u pravcu: geografija/geologija – fizika/kemija – biologija (ekologija/biosistematika/molekularna biologija).

Dakle, u svjetlu suvremenih trendova u kojima se u prvi plan postavlja zaštita endemičnih i trajno ugroženih životinjskih skupina posebice se ističe neophodnost preciznog sagledavanja stvarnog inventarnog stanja subterane faune koja time omogućava i aktivnosti stalnog monitoringa ovako osjetljivih ekosustava te izrade Crvene liste, a zatim i Crvene knjige određenih skupina.

Na kraju, dužni smo skrenuti pažnju da se tek mali broj navedenih aktivnosti može provesti bez izuzetno velikog razumijevanja i kontinuirane pomoći osviještenih političara, odnosno državnih institucija koji su stvarni kreatori politika spram očuvanja prirode, tj. kreatori provedivih i filantropskih zakona.

Zahvala

Zahvaljujemo svim speleolozima koji su sudjelovali u istraživanjima, članovima speleoloških klubova SNIK "ATOM" Zavidovići, "Speleo dodo" Sarajevo, Speleološkoj udruzi "Vjetrenica – Popovo polje", "No Limit" Sarajevo, "Eko – Viking" Visoko, "Netopir" Banja Luka, "Pionir" Banja Luka, Speleološkom klubu „Samobor“, Outdoor Clubu Podgorica te Hrvatskom biospeleološkom društvu (HBD) i talijanskim speleolozima (klubovima iz Novare i Bologne).

Na svesrdnoj pomoći pri istraživanjima zahvaljujemo dr. Heleni Četković (Instituta "Ruđer Bošković", Zagreb) i dr. Jasminku Mulaomeroviću (Centar za karstologiju, ANUBiH), a dr. Ivi Karamanu (PMF, Novi Sad) i mr. Romanu Ozimecu (HBSD) na pomoći pri determinaciji uzoraka.

Institut za genetičko inženjerstvo i biotehnologiju Sarajevo, Federalno ministarstvo okoliša i turizma i Federalno ministarstvo nauke prepoznali su važnost istraživanja krša i omogućili nam financijsku potporu za istraživanja na čemu im toplo zahvaljujemo.

LITERATURA

ANUBiH (Academy of Sciences and Arts of Bosnia and Herzegovina) (2010) Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats. Threats to Vjetrenica cave (Bosnia and Herzegovina). Report by the NGO.

http://www.coe.int/t/dg4/cultureheritage/nature/bern/News/BureauMarch/files09e_2010VjetrenicaBosniaHerz%20_2_.pdf

Bonacci, O., Lučić, I., Marjanac, T., Perica D., i Vujčić-Karlo, S. 2008: Krš bez granica: Popularno znanstvena monografija, Zbor novinara za okoliš HND, Zagreb, Centar za karstologiju ANUBiH, Sarajevo, Centar za krš i priobalje Sveučilišta u Zadru. Zagreb-Sarajevo

Boore, J. L. 1999.: Animal mitochondrial genomes. *Nucleic Acids Research*, 27, 1767-1780

Brajković, D. 1992: Bibliografija radova Mirka Maleza. U: Majer, V. ur. 1992: *Mirko Malez 1924 – 1990*. HAZU, Spomenica preminulim akademikima, Sv. 66, 19-51, Zagreb

Gamulin, V., Lukić, L. 1998: Structure and evolution of genes encoding polyubiquitin in marine sponges. U: Mueller, W.E.G., ur. 1998: *Molecular Evolution: Towards the Origin of Metazoa*. Berlin: Springer-Verlag, Heidelberg, 141-181

Gamulin, V., Müller, W. E. G., Müller, I. M. 2000: Sponge proteins are more similar to those of *Homo sapiens* than to *Caenorhabditis elegans*. *Biological Journal of the Linnean Society London*, 71, 821-828

Hadžiselimović, R. 2005: *Bioantropologija: Biodiverzitet recentnog čovjeka*. Institut za genetičko inženjerstvo i biotehnologiju, Sarajevo

Lelo, S. 2009: *Fauna Bosne i Hercegovine: Biosistematski pregledi*, 5. izmijenjeno i dopunjeno izdanje Udruženja za inventarizaciju i zaštitu životinja, Ilijaš, Kanton Sarajevo

Lučić, I. 2003: *Vjetrenica – pogled u dušu zemlje, znanstveno-popularna monografija*. Zagreb-Ravno 2003

Lukić-Bilela, L. 2007: Umnažanje dugih odsječaka DNA. U: *Metode u molekularnoj biologiji*. Udžbenici Sveučilišta u Zagrebu, Institut „Ruđer Bošković“, Zagreb, 371-374

Lukić-Bilela, L., Mulaomerović, J., Tulić, U., Habul, A., Softić, A., Katica, V. 2009a.: Morfometrijski parametri kostiju glave i postkranijalnog skeleta špiljskog medvjeda (*Ursus spelaeus* Rosenmüller & Heinroth, 1794) iz Lukine pećine i Megare u Bosni i Hercegovini. *Veterinaria*, 58(1-2), 83-96

Lukić-Bilela, L., Mulaomerović, J., Tulić, U., Lačević, A., Softić, A., Katica, V., Pojskić, N. 2009b: Novo nalazište špiljskog medvjeda (*Ursus spelaeus* Rosenmüller & Heinroth, 1794) u Bosni i Hercegovini: morfološko-anatomske odlike kostiju glave nađene u Špilji na Vrelu Mokranjske Miljacke. *Veterinaria*; 58(1-2), 97-109

Malez, M., Slišković, T. 1988: Kenozojski sisavci (Mammalia) Bosne i Hercegovine. Zemaljski muzej Bosne i Hercegovine. Zbornik referata naučnog skupa "Minerali, stijene, izumrli i živi svijet BiH". Sarajevo, 7-8. oktobar 1988.

Mulaomerović, J., Zahirović, D., Handžić, E. 2006: Katastar speleoloških objekata Bosne Hercegovine. Sarajevo: Speleološko društvo „Speleo dodo“, 1-274

Müller, W. E. G., Müller, I. M., Lukić, L., Četković, H., Gamulin, V. 1998: Monophyly of Metazoa: Sponges as living fossils. *Periodicum biologorum*, 100, 373-382

Müller, W. E. G., Schroöder, H. C., Skorokhod, A., Bünz, C., Müller, I. M., Grebenjuk, V. A. 2001: Contribution of sponge genes to unravel the genome of the hypothetical ancestor of Metazoa (Urmatazoa). *Gene* 276, 161–173

Müller, W. E. G., Wiens, M., Adell, T., Gamulin, V., Schröder, H. C., Müller, I. M. 2004: Bauplan of Urmatazoa: basis for genetic complexity of Metazoa. *International Review of Cytology* 235, 53-92

Paar, D. 2005: Znanstvena istraživanja u kršu i speleološkim objektima. Speleoznanstvena baza podataka (SZBP) na DVD-u. Pregled istraživanja u svijetu i perspective budućih istraživanja u Hrvatskoj. Instruktorski rad; Komisija za speleologiju HPS-a. Zagreb, 2005

Pavićević, D., Perreau, M. 2008: Advances in the Studies of the Fauna of the Balkan Peninsula: papers dedicated to the memory of Guido Nonveiller / Pavićević, D., i Perreau, M., ur. (2008.): Institute for Nature Conservation of Serbia, Monograph no. 22, Belgrade

Pleše, B., Lukić-Bilela, L., Bruvo-Madžarić, B., Imešek, M., Bilandžija, H., Četković, H. 2010: The mitochondrial genome of underground sponge *Eunapius subterraneus*: small open reading frames are abundant in intergenic regions. *rukopis*

Polak, S. 2005: Importance of discovery of the first cave beetle *Leptodirus hochenwartii* Schmidt, 1832. *Endins* 28 (2005)

Wiens, M., Lukić, L., Müller, W.E.G., Gamulin, V. 1999: Ubiquitins (polyubiquitin and ubiquitin extension protein) in marine sponges: cDNA sequence and phylogenetic analysis. *Biological Journal of the Linnean Society London*; 67(1), 43-56

ULOGA SPELEOLOGA I SPELEOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA U ZAŠTITI PRIRODE (ŠPILJA)

THE ROLE OF CAVERS AND SPELEOLOGICAL RESEARCH IN NATURE (CAVE) PROTECTION

DALIBOR PAAR

Komisija za speleologiju Hrvatskog planinarskog saveza
Speleološki odsjek PDS "Velebit", Zagreb

Izvod

Ušlacima u špilje i jame speleolozi obavljaju stalni monitoring, koji je neophodan kako bi se na vrijeme uočila zagađenja ili drugi izvori ugrožavanja, te potaknula zaštita i sanacija. Ustanove koje upravljaju zaštićenim područjima nisu ekipirane, niti će u usporedbi sa stanjem u EU biti to u budućnosti, za obavljanje takvog monitoringa u podzemlju. Više stotina aktivnih speleologa u Hrvatskoj stoga predstavljaju važan izvor informacija o stanju u hrvatskom podzemlju, te mogu potaknuti od tih ustanova biti odlični suradnici u zaštiti prirode i inventarizaciji prirodnih vrijednosti.

Ključne riječi: speleolog, speleologija, zaštita prirode, zaštita špilja

Abstract

By entering caves and pits, cavers perform continuous monitoring, which is necessary to duly report of pollution, or other sources of threat, and also to encourage the protection and rehabilitation of the underground. Institutions that manage these protected areas are presently not manned, nor will they be in the future (in comparison to EU states), to conduct such underground monitoring. Thus, hundreds of active cavers are an important source of information on the state of Croatian karst underground, and can, encouraged by these institutions, be excellent collaborators in the conservation and inventarization of our natural values.

Key words: caver, speleology, nature protection, cave protection

UVOD

Špilje i jame nastaju složenim prirodnim procesima i kao takve uključuju brojne prirodne i znanstvene vrijednosti (Gillieson 1996). Postoji niz razloga ulaska speleologa u speleološke objekte: osnovno istraživanje, izrada speleološkog nacrt, izrada foto i video dokumentacije, znanstvena istraživanja, edukacija novih speleologa. Razumijevanje speleoloških objekata je neophodno kako bi se procijenili utjecaji niza faktora na ove osjetljive sustave i krš u cjelini (Ravbar 2007). Speleološke objekte općenito najviše ugrožavaju različiti izvori zagađenja koja dolaze s površine, različiti zahvati u okolišu, te vandalizam. Svjetska su iskustva da edukacija više doprinosi zaštiti speleoloških objekata

od zakona i propisa kojima se one štite (Jones i sur. 2003, Watson i sur. 1997, Werker i Werker 2006). Nema dva ista speleološka objekta, te se zahtjevi za zaštitom među njima mogu značajno razlikovati. Pitanje zaštite treba razmotriti sa svih aspekata u konzultaciji sa speleolozima i stručnjacima za pojedine prirodne vrijednosti u njima. Mnogi speleološki objekti su izuzetno osjetljivi na različite utjecaje s površine. Kako speleolozi i znanstvenici koristeći nove speleološke tehnike i znanstvene metode spoznaju više o podzemnim sustavima, postaje jasnije koliko se o njima malo zna. Inventarizacija speleoloških objekata i izrada speleološkog katastra neophodna je za provedbu njihove zaštite, te za planiranje daljnjih znanstvenih istraživanja. To uključuje prikupljanje različitih vrsta podataka o geologiji, geomorfologiji, hidrologiji, biologiji, fizici, kemiji, paleontologiji, arheologiji i dr. Razina i broj podataka koji se prikupljaju ovisi o svrsi projekta, prirodi i složenosti pojedinog speleološkog objekta, te tehničkoj potpori, ljudskim resursima i financijskim izvorima.

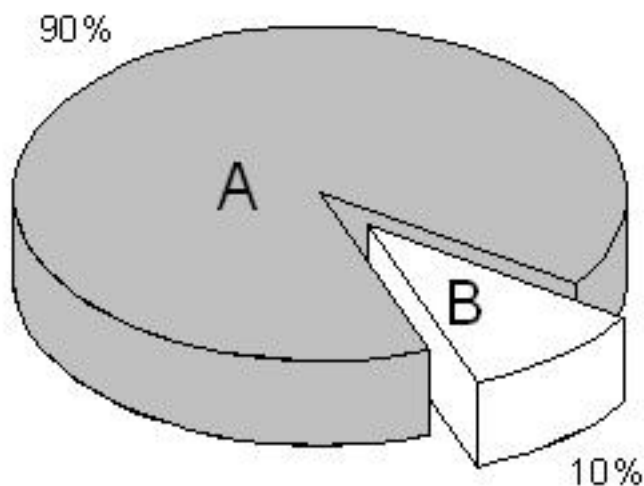
Izrada speleološkog nacrtu dio je svakog speleološkog istraživanja, te preduvjet je za sva daljnja znanstvena istraživanja, planiranje zaštite i procjenu ugroženosti. Speleološke udruge u Hrvatskoj dulje od 50 godina putem speleoloških škola i stručnih seminara educiraju svoje članove, prateći razvoj speleoloških tehnika u svijetu. Stoga speleolozi mogu biti stručni suradnici državnim institucijama i ustanovama koje upravljaju zaštićenim područjima u osmišljavanju i provođenju zaštite špilja i jama, te praćenju stanja u njima. Hrvatska, s obzirom na svoju površinu, ima u svjetskim razmjerima značajan broj špilja i jama (više od 9000), od čega su do 2010. poznate 53 dublje od 250 m i 55 dulje od 1000 m. Speleološka istraživanja trajala su, traju i trajat će godinama zahvaljujući generacijama speleologa koji su utrošili i utrošiti će tisuće sati za njihovo otkrivanje i istraživanje. Potrebno je da nadležne institucije speleološkim udrugama priznaju njihovu ulogu u otkrivanju i istraživanju hrvatskog krša i doprinos zaštiti onog dijela prirode u koji imaju najbolji uvid i mogu najbrže reagirati. Upravo u tom segmentu država i speleolozi trebaju postati partneri čija suradnja jamči zaštitu hrvatskog krša na odgovarajućoj razini.

DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA KRŠKOG PODZEMLJA I ULOGA SPELEOLOGA U PROVEDBI ZAŠTITE PRIRODE

Hrvatska je jedna od država s izuzetnim perspektivama za speleološka istraživanja, što uključuje otkrivanje novih speleoloških pojava, osnovna speleološka istraživanja u njima i nastavak istraživanja u do sada poznatima. Što se znanstvenih istraživanja tiče, ona su obavljana u vrlo malom broju speleoloških objekata te su perspektive daljnjih istraživanja velike. Uloga speleoloških udruga, odnosno speleologa je ključna u otkrivanju i osnovnim speleološkim istraživanjima te osnovnoj inventarizaciji njihovih prirodnih vrijednosti. Treba naglasiti da u više od 90% hrvatskih špilja i jama mogu ući samo posebno educirani speleolozi, odnosno timovi speleologa u slučaju složenih speleoloških pojava, dubokih jama i kompleksnih špilja (sl. 1).

Organizirana speleološka djelatnost u Hrvatskoj ima 110 godina dugu tradiciju, što je rijetkost u europskim i svjetskim okvirima. 1900. godine počela u Hrvatskoj s radom speleološka udruga "Liburnija" u Zadru koja je organizirala ne samo istraživanja špilja, već i zahtjevnije projekte poput prve hrvatske speleološke ekspedicije po Kornatskom otočju 1903. godine. Na sličnim principima speleološke udruge djeluju i danas - kao speleološki odsjeci pri planinarskim društvima i speleološke udruge (klubovi, društva, udruge). Danas speleološke udruge postižu izuzetne rezultate, istražujući ne samo speleološke pojave na užem području, već i sudjelujući na najvećim istraživanjima u Hrvatskoj i svijetu. No dok se u Hrvatskoj broj aktivnih speleologa broji u stotinama, u nama susjednim europskim državama on se mjeri u tisućama. Zato je važno da postoji okruženje u okviru zakona i

propisa koje bi bilo poticajno za speleološku djelatnost, kako bi speleolozi mogli što kvalitetnije djelovati i pridonositi spoznajama o prirodnim i drugim vrijednostima krškog podzemlja, te kako bi se inventarizacijom tih vrijednosti mogla poduzeti odgovarajuća zaštita.



Slika 1: Kategorije špilja i jama u Hrvatskoj s obzirom na pristupačnost: A – špilje i jame u koje mogu ući samo obučeni speleolozi i oni jedini mogu izvoditi monitoring; B – turističke i druge špilje koje su lako pristupačne.

Unatoč amaterskom i u najvećem dijelu volonterskom aspektu rada speleoloških udruga, one su zapravo jedine koje u Hrvatskoj zahvaljujući stručnom i znanstvenom pristupu svojih članova mogu istraživati špilje i jame, izrađivati speleološke nacрте špilja i jama koje nisu jednostavne i horizontalne, a kojih je u Hrvatskoj preko 90%. Svojim djelovanjem na području cijele države one sustavno rade, kako na inventarizaciji podzemnih prirodnih vrijednosti, tako i na stalnom monitoringu u njima i u njihovoj neposrednoj blizini. U Hrvatskoj nema, niti je vjerojatno da će u budućnosti biti (kao i u Europskoj uniji) znanstvenih ili stručnih ustanova koje bi obavljale tu zadaću u takvom opsegu. To je razlog zašto speleološke udruge treba poticati na što kvalitetnije obavljanje tih aktivnosti, dopustiti im obavljanje edukacije svojih članova, te uvažavati mišljenja speleologa u slučajevima ugrožavanja speleoloških pojava. Takvih slučajeva u Hrvatskoj ima mnogo, no nema još uvijek sustavne evidencije na državnoj razini.

Potrebno je na odgovarajući način propisati postupanje s podacima o ugroženosti podzemlja koje speleolozi dostavljaju nadležnim ustanovama (Paar 2010). Zakonski, špilje i jame su izuzetno dobro zaštićene, te bi podaci o njihovoj ugroženosti trebali inicirati postupke zaštite i sanacije posebno ugroženih objekata. Međutim, stanje na terenu pokazuje da se zaštita u konkretnim slučajevima ne provodi, odnosno da nedostaju uhodani mehanizmi za provedbu Zakona o zaštiti prirode na terenu. Na Upravi za zaštitu prirode je da ustanovi što izaziva poteškoće u provođenju zaštite. Činjenica je da ustanove za zaštitu prirode u konkretnim slučajevima poput Špilje u kamenolomu Tounj ili Špilje u kamenolomu Debeljača tu zaštitu unatoč sugestijama i pomoći speleologa i donesenim rješenjima nisu provele na terenu. U slučaju prve od navedenih špilja situacija je još teža u smislu da su u njoj ne samo dokumentirane posebne prirodne vrijednosti, već i publicirane u međunarodnoj znanstvenoj literaturi.

LITERATURA

- Gillieson, D. 1996: Caves - Processes, Development, Management. Blackwell Publishers, UK
- Jones, W. K, Hobbs H. H. III, Wicks, Currie, R. R., Hose, L. D., Kerbo, R. C., Goodbar, J. R., Trout, J. 2003: Recommendations and Guidelines for Managing Caves on Protected Lands, Karst Waters Institute, USA
- Paar, D. (ur.) 2010: Popis najugroženiji krških fenomena u Hrvatskoj. Hrvatski speleološki poslužitelj, www.speleologija.hr
- Ravbar, N. 2007: The Protection of Karst Waters: A comprehensive Slovene approach to vulnerability and contamination risk mapping, Založba ZRC Publications, Carsologica Series, Postojna
- Watson, J. Hamilton-Smith, E., Gillieson, D., Kiernan, K. 1997: Guidelines for Cave and Karst Protection, IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK
- Werker, V. H., Werker, J. C. 2006: Cave Conservation and Restoration. National Speleological Society, USA

AKCIDENTNA ZAGAĐENJA PODZEMLJA NA PRIMJERIMA ŠPILJE VRELIĆ I JAME VODOTEČINE

ACCIDENTAL POLLUTION OF KARST UNDERGROUND - EXAMPLES OF CAVE VRELIĆ AND VODOTEČINE PIT

MARINA TRPČIĆ

Speleološki klub "Ozren Lukić", Zagreb

Izvod

Na primjeru istraživanja zagađenja naftom u špilji Vrelić u Donjim Dubravama na području Ogulina pokazalo se da se posljedice željezničkog akcidenta iz 1970. godine do danas odražavaju na kvalitetu vode izvora Vrelić. Slično zagađenje zabilježeno je u jami Vodotečini u blizini naselja Tomašići, a na temelju istraživanja uzroka toga zagađenja te sustavnog praćenja kvalitete podzemne vode na spornoj lokaciji mogu se dobiti nove vrijedne spoznaje o posljedicama izljeva mineralnih ulja u području krša.

Ključne riječi: zagađenje, mineralna ulja, nafta, špilja Vrelić, jama Vodotečina

Abstract

Exploration of oil pollution in Vrelić cave in Donje Dubrave near Ogulin, where in 1970 train accident happened, shows effect on the quality of water in spring Vrelić that are present even today. Similar contamination was recorded in Vodotečina pit near the village Tomašići. With proper research of causes of the pollution and with systematic monitoring of groundwater quality on the controversial location, new and important insights about a consequences of spills of mineral oils in the karst area can be obtained.

Key words: pollution, mineral oils, oil, Vrelić cave, Vodotečina pit

UVOD

Podzemne vode, a osobito one koje se nalaze plitko ispod površine terena, nerijetko su zagađene raznim naftnim derivatima i brojnim drugim štetnim tvarima koje do njih mogu dospjeti iz različitih izvora. Zagađivanje je najčešće uzrokovano infiltracijom s površine, tj. izvori su prometnice, obradive površine, odlagališta otpada itd.

Akcidentna zagađenja naftom i naftnim derivatima u području krša imaju značajne i često dugotrajne posljedice na kvalitetu podzemne vode te vezanih izvora i površinskih tokova. Zbog svojih specifičnih svojstava, u određenim okolnostima takve se opasne tvari mogu desetljećima zadržati u

neposrednoj blizini područja akcidenta pa čak i ako je riječ o otvorenim privilegiranim putovima vode, tj. speleološkim objektima sa stalnim ili povremenim tokom. Nafta koja je dospjela u podzemni vodotok u kršu ponaša se kao traser, tj. kreće se nošena vodom. Može se pojaviti na izvorima i tako zagađivati površinske vode. Ponovna pojava nafte na površini najčešće je posljedica jakih kiša ili topljenja snijega. Opasne tvari su rizične za vodni okoliš i čovjeka i za njih se određuju najveće dopuštene koncentracije u vodnim sustavima, odnosno zabranjuje se njihovo ispuštanje u vode.

ZAGAĐENJE PODZEMNIH VODA NAFTOM I NAFTNIM DERIVATIMA

Podzemne vode izložene su cikličkim promjenama kvalitete, a u svezi s dubinom, filtracijskim karakteristikama i mineraloško-petrografskim sastavom vodonosnika, te posebno mogućnošću akcidentnih zagađivanja (Pollak 1995).

Pojmovi "onečišćenje" i "zagađenje" razlikuju se i najčešće se poistovjećuju s engleskim pojmovima "contamination" i "pollution", pri čemu se prvo odnosi na prisutnost neželjene tvari u podzemnim vodama što je posljedica ljudske aktivnosti, dok drugi pojam podrazumijeva štetno djelovanje određene tvari, također izazvano antropogenim utjecajem, a koje dovodi do neupotrebljivosti vode u određene svrhe. Analizama specifičnih pokazatelja, prema potrebi se može utvrditi je li ispitivana voda onečišćena ili zagađena (npr. određivanjem koncentracije mineralnih ulja u vodi, specifičnim analizama na pojedine vrste ugljikovodika itd.).

Zagađenje podzemne vode manifestira se kao prisutnost nekih iona kojih u "prirodnim" podzemnim vodama nema, kao značajno povećanje koncentracije nekih iona koji su u manjim količinama obično prisutni u podzemnoj vodi i/ili značajnom promjenom nekog od parametara kvalitete podzemne vode (Mayer 1993).

Izvori zagađenja razlikuju se prema načinu djelovanja i obliku. Obzirom na način djelovanja izvori mogu biti aktivni (i to stalni ili povremeni) i potencijalni. Aktivni stalni izvori neprestano emitiraju zagađivalo (npr. zagađena rijeka čije je korito urezano u vodonosne naslage). Potencijalni izvori u normalnim okolnostima ne emitiraju zagađivala, ali postoji opasnost da uslijed havarija, kvarova ili drugih situacija dođe do zagađivanja podzemne vode (tipični primjeri su kanalizacijske mreže, cjevovodi za transport nafte i derivata nafte i sl.). Prometnice (ceste, tuneli, željeznice) predstavljaju značajne potencijalne izvore zagađenja podzemnih voda jer uvijek postoji mogućnost prometnih nezgoda i izlivanja goriva u podzemlje, a posebno uslijed akcidenata specijalnih vozila koja prevoze naftne derivate ili druge opasne tekućine što u krškim terenima može imati katastrofalne posljedice (Mayer 1993, Kovačević 2005). Opasnost od zagađenja uslijed akcidenata još je veća u izrazito prometno tranzitnim područjima i čvorištima, a naročito kad su trase prometnica položene najnižim dijelovima riječnih dolina, kad prolaze paralelno s vodotocima u njihovoj neposrednoj blizini ili ih višestruko presijecaju. Ukopani naftovodi u području krša također predstavljaju ozbiljnu opasnost za podzemne vode. Smatra se da je, s gledišta zaštite, brzine intervencija i sanacije štete u slučaju razlivanja nafte, ukopani cjevovod za prijenos nafte daleko nepovoljnije rješenje u odnosu na klasičan transport željezničkim i auto-cisternama. Oštećenje se obično primjećuje kasnije, kad je već iscurila određena količina nafte, a puknuće cijevi je nepoznato i tek ga treba ustanoviti (Kovačević 2005).

Prema zakonskoj regulativi, "opasne tvari u vodama" su definirane kao tvari opasne za vodni okoliš koje se utvrđuju temeljem sljedećih kriterija: toksičnosti, razgradljivosti i bioakumulacije i štetnosti djelovanja na zdravlje ljudi i stanje okoliša i prirode. "Prioritetne opasne tvari" su pojedinačna zagađivala ili grupe zagađivala koja predstavljaju značajnu opasnost za vodni okoliš te su

posebno klasificirana kao opasna. Postojana mineralna ulja i ugljikovodici naftnog podrijetla svrstani su na Popis 1. Uredbe o opasnim tvarima u vodama (NN 78/98), kao prioritetne opasne tvari te se za njih predviđaju mjere usmjerene na prestanak ili potpuno isključivanje ispuštanja, emisija i gubitaka (*Uredba o opasnim tvarima u vodama*, NN 78/98).

ZAGAĐENJE U ŠPILJI VRELIĆ

Špilja Vrelić nalazi se blizini korita rijeke Globornice u području Tuk. Najbliže naselje su Gornje Dubrave, 20km JZ od grada Ogulina.

Ranija poznata istraživanja poduzimali su članovi Speleološkog odsjeka Planinarskog društva "Dubovac" iz Karlovca 1999. godine. Tada je topografski snimljeno 59 m tlocrtne duljine objekta, a istraživanja su prekinuta na ulazu u djelomično potopljeni kanal koji se nalazi uzvodno i južno od ulaza. Članovi Speleološkog kluba "Ozren Lukić" (Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb) nastavljaju s istraživanjima špilje Vrelić 2003. godine. Tada je u dijelu podzemnog toka uočeno zagađenje opasnim tvarima (sl. 1 i 2) (Trpčić 2007). Špilja je potom posjećena još petnaestak puta, s ciljem topografskog snimanja preostalih dijelova te utvrđivanja karaktera otkrivenog zagađenja, praćenja njegova daljnjeg razvoja i kvalitativnih analiza vode.



Slika 1. Tragovi onečišćenja s mirisom nafte na stijeni u špilji (foto: Marina Trpčić)

Figure 1. Traces of contamination with the smell of oil on cave wall

Na temelju prospekcije terena i kontaktiranja s lokalnim stanovništvom locirano je nekoliko mogućih

izvora zagađenja te je pretpostavljena objektivna mogućnost da su uočeni tragovi nafte u špilji posljedica željezničkog akcidenta iz 1970. godine (sl. 3). Uslijed nesreće na pruzi Rijeka-Zagreb vagon-

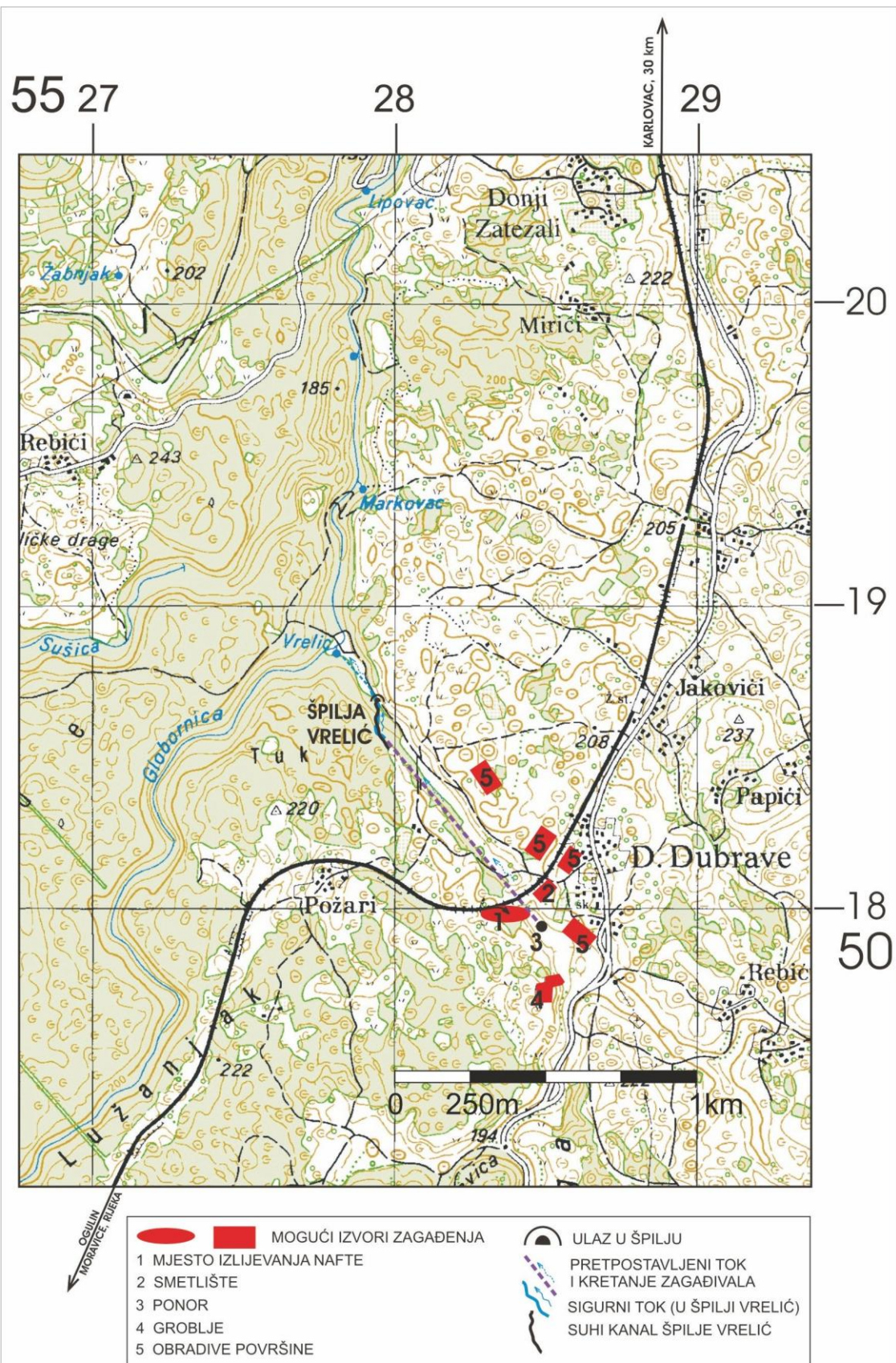


Slika 2. Pukotina s istaloženim onečišćenjem (foto: Neven Šuica)

Figure 2. Joint filled with contaminated sediment (photo by: Neven Šuica)

cisterna iskliznula je iz tračnica i sadržaj opasnog tereta iscurio je u obližnju dolinu na mjestu udaljenom 800m od ulaza u špilju Vrelić (sl. 4). U blizini se nalazi izvor koji mjesno stanovništvo povremeno koristi za vodoopskrbu (sl. 3).

Nakon prvih istraživanja i postavljanja problema planski su provedene brojne aktivnosti: topografsko snimanje špilje, prospekcija terena i lociranje prodora zagađivala s površine, mjerenje udaljenosti od špilje do izvora, trasiranje vodenog toka, utvrđivanje klimatskih i hidrogeoloških uvjeta, in situ mjerenja i uzimanje uzoraka vode za analize te laboratorijske analize. Uzorkovanje vode u špilji i na izvoru obavljeno je u nekoliko navrata u narednom periodu, s ciljem praćenja utjecaja zagađenja na kvalitetu vode u različitim sezonskim (klimatskim) uvjetima. Laboratorijskim analizama uzoraka obuhvaćeni su sljedeći pokazatelji: ukupna tvrdoća, koncentracije kalcija, magnezija, željeza, klorida i nitrata, zatim pH, ukupna mineralna ulja, broj živih bakterija, ukupni koliformi, fekalni streptokoki, bakterije iz roda *Proteus*, bakterije iz roda *Salmonella* i sulfotoreducirajući klostridiji. Na izvoru Vrelić i nekoliko drugih izvora u blizini prijenosnim uređajima izmjereno je još nekoliko parametara:



Slika 3. Mogući izvori zagađenja izvora Vrelić i prikaz situacije na topografskoj karti

Figure 3 Possible contamination sources of the Vrelić spring and view of the situation on topo map



Slika 4. Ponor u Donjim Dubravama i mjesto davnog akcidenta

Figure 4. The ponor in the village Donje Dubrave and the location of the old accident (upper arrow)

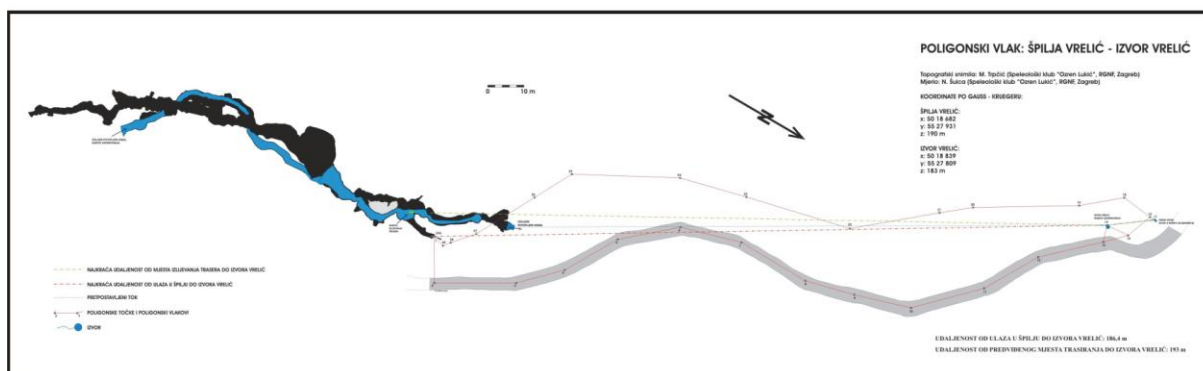
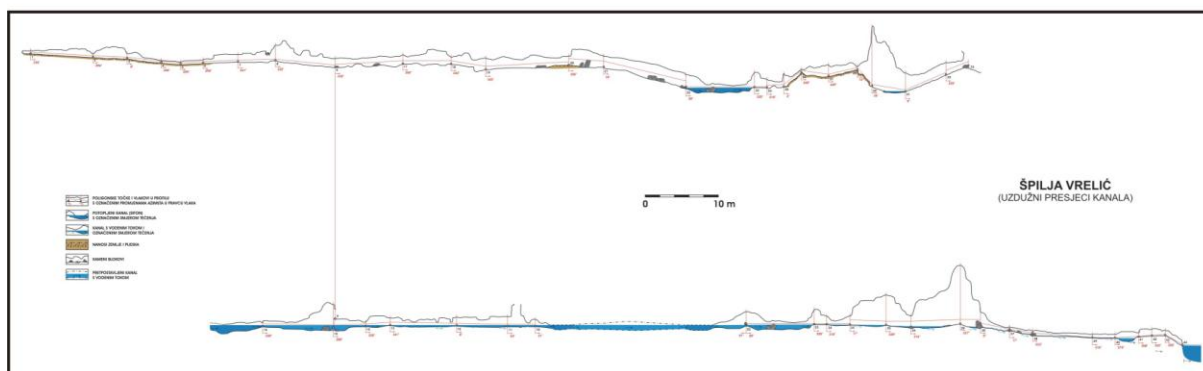
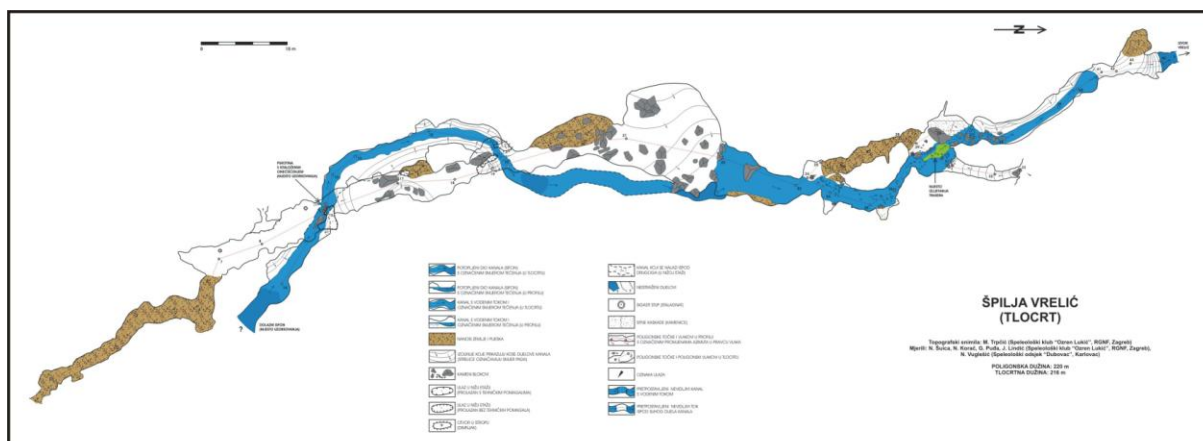
elektrovodljivost, ukupna mineralizacija, redoks-potencijal, pH i temperatura vode. Izvršeno je trasiranje Na-fluorescinom čime je potvrđena je veza toka u špilji s izvorom, a izradom speleološkog nacрта i površinskim mjerenjem utvrđena je udaljenost od mjesta izlivanja trasera u špilji do izvora (sl. 5) (Trpčić 2008).

Prema elektrovodljivosti vode se svrstavaju u pet kategorija (ultračista, pitka, mineralna, bočata i morska), a pritom najbolju kvalitetu predstavlja kategorija ultračista (za vrijednosti elektrovodljivosti $<0,05\mu\text{S}/\text{cm}$). Prema takvoj kategorizaciji (Dadić 2001), u odnosu na parametar elektrovodljivosti, voda izvora Vrelić spada u pitke vode ($<1000\mu\text{S}/\text{cm}$). Prema ukupno otopljenoj tvari (TDS) koja određuje ukusnost, voda se dijeli na pet vrsta: odlična, dobra, dovoljna, loša i neprihvatljiva (Dadić 2001). Budući da je u vodi izvora Vrelić izmjereno $<300\text{mg}/\text{l}$ TDS, prema ukusnosti se svrstava u odlične vode.

Na osnovu utvrđene vrijednosti ukupne tvrdoće ($19,6^\circ$ nj ili $350\text{mg}/\text{l}$ CaCO_3) voda izvora Vrelić odgovara tvrdim vodama. Zbog znatnije zastupljenosti iona Ca^{2+} ($92,18\text{ mg}/\text{l}$) u odnosu na Mg^{2+} ($29,18\text{ mg}/\text{l}$), može se reći da je kalcijsko – hidrogenkarbonatnoga tipa. Na osnovu kvalitativnih analiza nitrata i željeza, kao i niskih izmjerenih koncentracija klorida, moglo bi se zaključiti da izvor nije opterećen procjednim vodama iz lokalnog smetlišta, niti zagađivačima s poljoprivrednih površina. Međutim, za pouzdane rezultate trebalo bi periodički pratiti navedene pokazatelje, uzimajući u obzir klimatske, odnosno sezonske utjecaje pa se može utvrditi samo to da za sada nema dokaza o utjecaju smetlišta i poljoprivrednih površina na kvalitetu vode izvora Vrelić. Vrijednosti izmjerene prijenosnim uređajima u izvoru Vrelić (pH, elektrovodljivost, ukupna mineralizacija, redoks potencijal i temperatura vode) ne odstupaju značajno od onih izmjerenih u obližnjim izvorima (Markovac, Lipovac

i dr.). Te vrijednosti niže su od MDK propisanih Pravilnikom o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće, tj. predstavljaju povoljne karakteristike obzirom na kvalitetu vode.

Iako veći broj pokazatelja mjerenih u izvoru Vrelic ukazuje na dobru kvalitetu vode, zbog evidentiranog mikrobiološkog zagađenja i povišene koncentracije mineralnih ulja voda nije dobra za piće.



Slika 5. Speleološki nacrt špilje Vrelic i vanjski poligonski vlak

Figure 5. Map of the Vrelic cave and external survey

Mikrobiološko zagađenje izvora Vrelić utvrđeno je na osnovu analiza uzoraka 2003. i ponovo 2006. godine. Oba puta dokazana je prisutnost patogenih bakterija (pozitivni testovi na *Salmonellae* i sulfitoreduksijske klostrijide). Broj živih bakterija, CFU (185/ml i 146/ml) veći je od dozvoljene vrijednosti za pitku vodu propisane Pravilnikom o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (37°C → CFU = 20/ml). Međutim, za izvorišta otvorenog tipa prihvatljive su vrijednosti CFU do 300/ml pa bi se dobiveni rezultati smatrali povoljnima kada među tim bakterijama ne bi bilo patogenih. Već na osnovu prvih rezultata mikrobioloških analiza, stanovnici Donjih Dubrava i okolnih zaselaka obaviješteni su da voda izvora Vrelić nije dobra za piće.

Analizama ukupnih mineralnih ulja u vodi utvrđeno je da su koncentracije niže od MDK u normalnom (kišnom) periodu (5,41 µg/l), dok je koncentracija mineralnih ulja u sušnijem razdoblju (19,6 µg/l) bila gotovo dvostruko veća od propisane tada važećim Pravilnikom o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (10 µg/L). Trenutno važećim istoimenim Pravilnikom (NN 47/08) propisana je MDK za mineralna ulja u vrijednosti od 20 µg/l.

Navedene vrijednosti mjerenih parametara kvalitete vode prikazane su u tablici po datumu mjerenja, odnosno uzorkovanja (Tab. 1).

Od željezničkog akcidenta (izlivanja nafte) s posljedicom onečišćenja dijela podzemnog toka vezanog s izvorom Vrelić proteklo je gotovo četrdeset godina, no određena količina zagađivala do danas se zadržala u blizini i još uvijek utječe na kvalitetu vode. Kvaliteta vode izvora Vrelić, kao i drugih izvora – pritoka Globornice, ima i šire regionalno značenje jer svako eventualno zagađenje ubrzo dopire u rijeku Dobru, a potom i u Kupu (Trpčić i Kapor, 2008).

ZAGAĐENJE U JAMI VODOTEČINI (PRIVIS)

Jama Vodotečina (Privis) nalazi se u blizini naselja Tomašići (općina Generalski Stol), 2 km sjeverozapadno od toplica Lešće na rijeci Dobri. Jamu su šezdesetih godina prošlog stoljeća istraživali članovi Speleološkog odsjeka HPD "Željezničar", a u posljednjih desetak godina članovi Speleološkog kluba "Ozren Lukić" i Hrvatskog biospeleološkog društva. Vodotečina (Privis) je tipski lokalitet špiljske faune te je uključena u NATURA 2000 kao biospeleološki važno područje s ciljem očuvanja endemičnih beskralješnjaka, odnosno dio je prijedloga Ekološke mreže Republike Hrvatske (HR2000108) (*Uredba o proglašenju ekološke mreže* NN 109/07; Prilog 1.2. Područja ekološke mreže - sadržaj).

U posljednje vrijeme u literaturi se često spominje primjer oštećenja naftovoda (JANAF) koji prolazi Karlovačkom županijom u duljini od 50 km, a presijeca tokove najvećih krških rijeka Županije: Korane, Mrežnice i Gojačke Dobre. U mogućoj utjecajnoj zoni trase naftovoda na promatranoj dionici (od Ravne Gore na zapadu do naselja Krnjak na istoku) registrirano je više od 200 izvora s izdašnošću od 0,1 l/s do više od 1000 l/s, od kojih su neki u funkciji organizirane vodoopskrbe. U travnju 1984. utvrđeno je curenje naftovoda na lokaciji odušne stanice "Dobra II", u blizini ponorske zone u Ponikvama. Istjecanje nafte u podzemlje kroz dobro propusne karbonate rezultiralo je isključenjem zahvaćenog izvora Umolac iz vodoopskrbe Severina. Ugroženi su i drugi izvori koji ostvaruju direktnu podzemnu vezu s ponorskom zonom u Ponikvama: Krajnik i Jezernica (Fratrovci), Potok (Pribanjci). Iste godine naftom je onečišćena rijeka Dobra što je ugrozilo vodoopskrbni sustav Duge Rese koji se temelji na preradi riječne vode sa zahvatom kod Novigrada na Dobri. Čitavo područje gotovo u cijelosti je izgrađeno od karbonatnih, dobro i relativno dobro vodopropusnih naslaga, a ostvarenom pukotinskom cirkulacijom vode u širokom prostoru i utvrđenim podzemnim vezama izvora i ponora. Izvorske zone koncentrirane su u područjima gdje su utvrđeni ili pretpostavljeni rasjedi pa ulazak

nafte u takvu geološku sredinu ima štetne i dugotrajne posljedice po režim izvorišta, a postojeći privilegirani putovi vode usmjeravaju i kretanje nafte. Sporni naftovod istočno od Bosiljeva praktično stalno prolazi kroz sabirna područja izvora predviđenih za vodoopskrbu (Tomašički zdenac u blizini Lešća, Jezero u Bukovlju, Šćulac kod Siče), da bi u krajnjoj istočnoj točki ušao u područje izvora Gređar koji snabdjeva naselje Krnjak. Navedeni izvori su utvrđenog ili pretpostavljenog eksploatacijskog

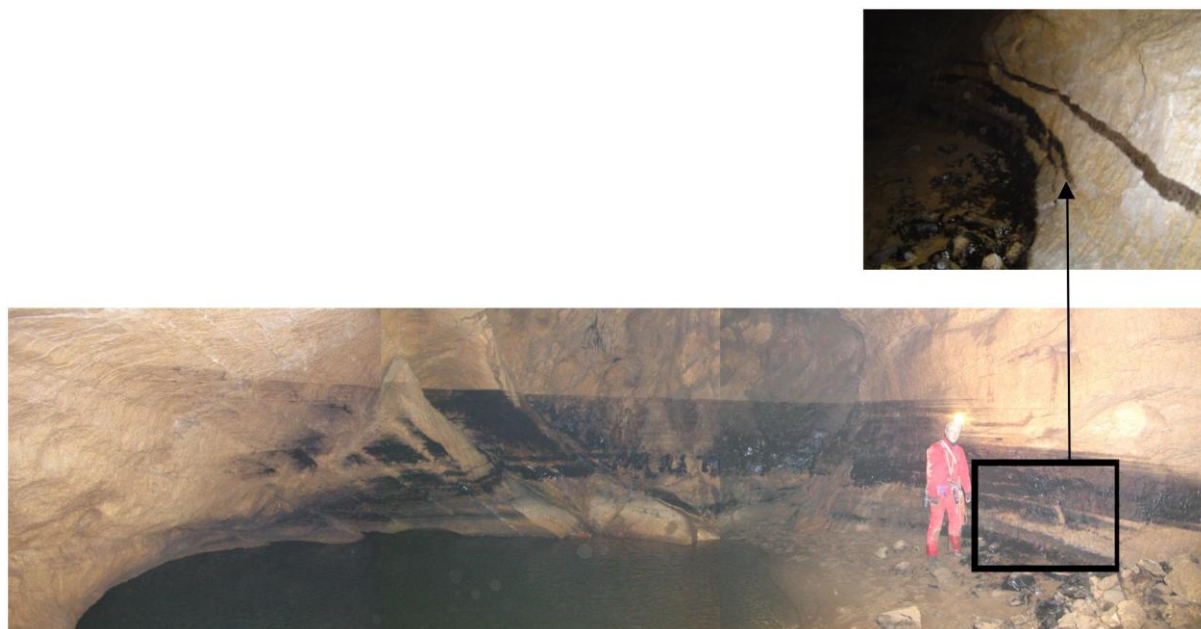
Tablica 1. Rezultati analiza vode izvora Vrelić i odnosne MDK prema Pravilniku o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (NN 182/04)

Table 1. Results of water analyses (Vrelić spring) and relational MPL's (maximum permissible level) according to Regulations of drinking water quality (NN 182/04)

ANALIZIRANI POKAZATELJI	MJERNA JEDINICA	VRIJEDNOSTI PO DATUMIMA UZORKOVANJA						MDK
		29.5.2003.	24.3.2006.	10.8.2007.	14.4.2008.	26.4.2008.	3.5.2008.	
MIKROBIOLOŠKI								
Koliformne bakterije	broj/100 ml	2	2					0
Broj kolonija 37°C = broj živih bakterija	broj/1 ml	185	146					20
Fekalni streptokoki	broj/100 ml	0	0					0
Vrste iz roda Proteus		-	-					0
Vrste iz roda Salmonella		+	+					0
Sulfito-redukcijski klostridiji		+	+					0
FIZIKALNI								
Temperatura vode	°C	10,0	10,1	11,5	10,0	10,1	10,9	25
Miris		BEZ	BEZ	BEZ	BEZ	BEZ	BEZ	BEZ
KEMIJSKI								
pH-vrijednost	pH jedinica	5,5 *	6,0 *	7,2		7,7	7,6	6,5-9,5
Elektrovodljivost	µS/cm			520		350	390	2500
Redoks-potencijal	mV			264		291	269	
Ukupna mineralizacija	mg/L			270		170	190	
Ukupna tvrdoća	mg/L CaCO ₃	350,84						>60
Kalcij	mg/L	92,18						
Magnezij	mg/L	29,18						
Kloridi	mg/L					10,04		250
Nitrati	mg/L (NO ₃ ⁻)	<1						50
Željezo	µg/L	<1						200
Mineralna ulja	µg/L			19,6	5,41			10

kapaciteta 5-15 l/s, a podmiruju ili bi mogli podmirivati najveći broj naselja navedenog područja lokalnim vodnogospodarskim sustavima (Delić 1997).

Tijekom speleoloških istraživanja u travnju 2005. godine u jami Vodotečini u blizini naselja Tomašići uočeni su tragovi zagađenja koji također mogu biti posljedica oštećenja spomenutog naftovoda (Korač i Trpčić 2006). Tijekom ponovljenog posjeta 2006. god. zapaženo je da su akumulirani tragovi zagađenja na stijeni iznad odlaznog sifona znatno veći nego godinu ranije (sl. 6).



Slika 6. Zagađenje u jami Vodotečini (Privis) – situacija 2005. i 2006. godine (foto: Neven Korač i Jadran Lindić)

Figure 6 Pollution in the Vodotečina pit (Privis) – situation in year 2005 and 2006 (photo by Neven Korač i Jadran Lindić)

Najbliži izvor koji bi mogao imati hidrološku vezu s vodenim tokom u jami je gore spomenuti Tomašićki zdenac. U planu daljnjeg istraživanja jame Vodotečine su analize vode u jami i trasiranje vodenog toka što će omogućiti spoznaje o eventualnom utjecaju zagađenja na Tomašićki zdenac i druge ugrožene izvore.

SASTAV NAFTE I ZNAČAJKE BITNE ZA PRIJENOS HIDROFOBNIH ZAGAĐIVALA

Mineralna ulja su uglavnom proizvodi destilacije nafte i raznih vrsta katrana. Za razliku od drugih ulja (eterskih i masnih), sastoje se uglavnom od ugljikovodika (Dorčić 1987). U općenitom smislu nafta (grčki: *naphtha* – zemno ulje) je tekuća smjesa ugljikovodika organskog porijekla, odnosno to je energetska mineralna sirovina najveće važnosti koja se dobiva iz podzemlja naftno - rudarskim radovima, a prerađuje se u rafinerijama u derivate (Cerić 2006). Primarno se sastoji od niza kompleksnih spojeva ugljikovodika od laganog plina do teških čvrstih tvari. Po redu povišenja gustoće pojedinih frakcija to su: plinovi, benzini, petrolej, ulje za loženje, maziva ulja, teška ulja za loženje, asfalt i parafin. Vodik i ugljik su najvažniji i prevladavajući elementi, a neki derivati sadrže i kisik, sumpor i dušik, kao i vanadij, nikal i mineralne soli. Sirova nafta je kompleksna smjesa ugljikovodika različite molekulske mase i strukture, a može sadržavati i do nekoliko tisuća različitih spojeva. Sirova nafta sadrži do 98% ugljikovodika, a derivati nafte do 100 %. Sadrži lakše frakcije slične benzinu i teže

frakcije katrana i parafina. Nafta s različitih izvorišta razlikuje se po fizičkim i kemijskim svojstvima.

Rafinerijski proizvodi dobivaju se iz sirove nafte procesima frakcijske destilacije, katalitičkog i termičkog krekinga, reforminga i dr. Osnovni su derivati benzini, ulje za loženje, maziva ulja, bitumeni i parafini.

U smislu zagađivanja okoline derivati nafte dijele se na *perzistentna* ulja (sirova nafta, bitumen, teška ulja za loženje) i *neperzistentna* (benzini, petrolej i laka dizel i ulja za loženje). Perzistentna ulja su ona koja dugo ostaju u prirodi i polagano se razgrađuju procesima isparavanja, oksidacije, razgradnjom i sl. (Dorčić 1987).

Fizička i kemijska svojstva nafte

Osnovne fizičke i kemijske značajke nafte koje uvjetuju njeno ponašanje u vodi su: gustoća, površinska napetost, viskoznost, krutište, plamište, topljivost u vodi i promjene tih parametara tijekom vremena.

Gustoća sirove nafte i naftnih derivata je, uz neke iznimke, uglavnom manja od 1 g/cm^3 , pa zato takve tvari plivaju na vodi (Dorčić 1987). Prosječne vrijednosti relativne gustoće za sirovu naftu kod $15,6^\circ\text{C}$ iznose $0,8\text{--}1 \text{ g/cm}^3$ (Cerić 2006). Međutim, gustoća izlivena nafte s vremenom, kako hlape pojedine frakcije, se povećava pa nakon duljeg izlaganja gustoća može biti veća od 1 g/cm^3 i tada može potonuti.

Površinska napetost, zajedno s viskoznosti, djeluje na brzinu kojom se naftna mrlja širi po površini vode ili kopna ili prodire u zemlju. Što je niža površinska napetost, veća je mogućnost širenja. Niske vrijednosti površinske napetosti karakteristične su za manju gustoću nafte. Porastom temperature smanjuje se površinska napetost pa se i povećava brzina širenja naftne mrlje.

Viskoznost je određena količinom lakših frakcija koje sadrži nafta i temperaturom okoline, a utječe na širenje mrlje, ljepljivost, prodiranje nafte u tlo i sedimente. Što je niža viskoznost neke tekućine to ona lakše teče. Viskoznost je veća pri nižim temperaturama.

Krutište sirove nafte varira od 32 do 57°C . Dorčić (1987) navodi razliku između benzina i drugih tekućih ulja koja brzo prodiru u niže slojeve tla i polučvrstih ulja koja ostaju na površini i prodiru samo ako je tlo izrazito porozno ili ako je temperatura okoline visoka.

Plamište je važan faktor pri izljevima nafte i derivata jer npr. benzini se mogu zapaliti gotovo u svim atmosferskim uvjetima, a i mnoge od svježe izlivenih sirovih nafti su opasno zapaljive dok se lakše komponente ne otope ili ne ishlape. Teška ulja za loženje ne predstavljaju ozbiljnu opasnost od zapaljenja prilikom akcidenta.

Otapanje nafte u vodi je vrlo slabo. Procjenjuje se na $<5 \text{ ppm}$, no ipak je to najvažniji proces u odnosu na potencijalnu toksičnost ugljikovodika na vodene organizme (Dorčić 1987).

Karakteristična fizička i kemijska svojstva u velikoj mjeri određuju debljinu sloja i brzinu širenja naftne mrlje, kasnije razbijanje uljnog filma te procese emulgiranja, isparavanja i biodegradacije.

Nafta izlivena u vodu prolazi kroz seriju promjena fizičkih i kemijskih svojstava koje zajedničkim nazivom zovemo "starenje" ili razlaganje (Dorčić 1987). Iako znatno sporije, u podzemlju se odvijaju svi procesi koji utječu na razlaganje nafte na otvorenoj vodenoj površini (Mayer 2007).

Glavni procesi koji pridonose razlaganju mineralnih ulja izlivenih u vodi uključuju isparavanje, otapanje, oksidaciju, emulgiranje i mikrobiološku degradaciju. Razlaganje je općenito gubitak nekih komponenata tokom serije prirodnih procesa koji počinju kad dođe do izljeva i nastavljaju se sve dok izlivena tvar ima u okolini.

Isparavanje izlivenih mineralnih ulja ovisi o plamištu i tlaku para pojedinih ugljikovodika sadržanih u ulju, o uvjetima okoline i uvjetima površine vode ili tla. Isparavanjem se smanjuje volumen izlivenog ulja, njegova zapaljivost i toksičnost, ali se povećava viskoznost i gustoća ostataka. Općenito taj proces utječe na usporavanje širenja. Posljedica isparavanja je povećanje gustoće, tako da raste vjerojatnost da će ostaci potonuti.

Otapanje mineralnih ulja u vodi je neznatno i uglavnom ograničeno na neke od lakših komponenti. Brzina i stupanj otapanja ovisi o sastavu mineralnog ulja, njegovim fizičkim svojstvima i brzini širenja, temperaturi vode, miješanju i stupnju raspršivanja. Raspršivanje je posljedica mehaničkih utjecaja.

Emulgiranje je proces koji se događa jer stanje vodene površine može utjecati na stvaranje emulzije tipa voda u ulju koja može sadržavati više od 50% vode.

Oksidacijskim procesima ugljikovodici sami po sebi nisu podložni, ali u kontaktu s vodom, zrakom i pod utjecajem svjetla oksidiraju relativno brzo.

Stupanj biološke razgradnje ovisi o sastavu mineralnog ulja, kontaktnoj površini ulja i vode, prisutnosti mikroorganizama, raspršivanju ulja, količini hranjivih tvari, temperaturi i prisutnosti kisika. Ovisno o tim faktorima, biološka razgradnja može biti relativno brza (nekoliko dana), relativno polagana (nekoliko tjedana) ili gotovo ne postoji.

Taloženje je posljedica "starenja" i javlja se uslijed povećanja gustoće izlivenog mineralnog ulja. Kada gustoća postane veća od gustoće vode ulje će potonuti. Također može potonuti ukoliko je prethodno bilo adsorbirano teškim česticama pijeska, mulja i slično. Nakon taloženja se procesi razgradnje drastično smanjuju ako je zagađivalo prekriveno muljem ili pijeskom. Tada dolazi do anaerobne razgradnje koja je znatno usporena pa čak može i potpuno prestati (Dorčić 1987).

Za prijenos hidrofnih zagađivala u podzemnim vodama najbitnije je sljedeće:

- otopljena faza se širi, jer je nosi i razrjeđuje podzemna voda;
- koncentracija otopljenih ugljikovodika je manja, što je veća udaljenost od mjesta istjecanja;
- kada podzemna voda ponovo izbije na površinu, otopljena faza ugljikovodika se biološki razgrađuje;
- u nezasićenoj zoni nafta ima veću dodirnu površinu s vodom, pa je tim više odlazi u otopinu (Mayer, 2007).

Zbog svoje hidrofnosti nafta se može zadržati vrlo dugo u blizini izvora zagađenja. Prirodni procesi koji slijede izljeve nafte uključuju širenje naftne mrlje i njeno postupno razlaganje. Prvi fenomen koji se uočava prilikom izljeva nafte ili naftnih derivata je širenje u naftnu mrlju na površini. Izuzetci su derivati koji imaju gustoću veću od 1 g/cm^3 i oni čija su krutišta veća od okolne temperature pa imaju tendenciju brzog skrućivanja i formiranja "katranskih" nakupina. Naftna mrlja širi se relativno brzo nakon izljeva i u tom početnom periodu, kad gravitacija ima važnu ulogu, brzina širenja je u funkciji izlivenne količine (brže se šire veći izljevi). Stupanj prodora nafte u tlo ovisi o vrsti i sastavu tla te o volumenu i viskoznosti nafte. Što je manja viskoznost veća je dubina prodiranja u porozno tlo. Kroz zonu aeracije (dio tla izgrađen od suhih mineralnih čestica gdje su pore ispunjene zrakom) nafta se kreće vertikalno, pod utjecajem gravitacije. Ako zagađivalo dospije do dijela gdje su čestice vlažne, a pore djelomično ili potpuno saturirane vodom, ono se širi horizontalno i radijalno od mjesta površinskog izljeva. Tada se, zbog hidrofnosti, molekule nafte odbijaju od vlažnih čestica tla. Kada prestane dotjecanje nafte s površine terena, prestaje i radijalno širenje i zagađivalo teče u smjeru toka podzemne vode. Širenje nafte prestaje kada se postigne rezidualno zasićenje tj. sve se

zadrži na suhim mineralnim česticama. Tečenje ovisi naročito o viskoznosti zagađivala te o granulometrijskom i mineraloškom sastavu tla.

ZAKONSKA REGULATIVA

Trenutno važeći osnovni pravni akti kojima je regulirana zaštita voda u Hrvatskoj su: *Zakon o vodama* (NN 153/09), *Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće* (NN 47/08), *Uredba o klasifikaciji voda* (NN 77/98; 137/08), *Uredba o opasnim tvarima u vodama* (NN 137/08), *Pravilnik o utvrđivanju zona sanitarne zaštite izvorišta* (NN 55/02) i brojni drugi propisi. Dok su navedeni konkretni propisi te njihove izmjene i dopune orijentirani isključivo na vode, neki drugi zakoni i odredbe pokrivaju problematiku voda implementacijom u širi kontekst zaštite okoliša, kao što je slučaj sa *Zakonom o zaštiti okoliša* (NN 110/07), *Zakonom o zaštiti prirode* (NN 70/05; 139/08) itd.

Jedan od važnijih međunarodnih dokumenata koji se konkretno odnosi na održivost zaliha i poboljšanje kvalitete podzemnih voda je *Direktiva Europskog parlamenta i Vijeća o zaštiti podzemnih voda od onečišćenja i pogoršanja kvalitete* (Bruxelles: EU, 2006).

Hrvatski *Zakon o vodama* (NN 153/09) definira "podzemne vode" kao sve vode ispod površine tla u zoni zasićenja i u izravnom dodiru s površinom tla ili podzemnim slojem. Istim zakonom definirano je "onečišćenje podzemnih voda" kao izravno ili neizravno ispuštanje tvari ili energije u podzemne vode, rezultat čega može biti ugrožavanje ljudskog zdravlja ili opskrbe vodom, nanošenje štete živim resursima i vodnom ekosustavu ili ugrožavanje drugih zakonitih korištenja voda, odnosno ugrožavanje i negativan utjecaj na druge resurse zaštićene posebnim propisima. Prema *Zakonu o vodama* (NN 153/09) "opasne tvari" su tvari ili skupine tvari koje su toksične, postoje, kancerogene, mutagene, teratogene, bioakumulativne i druge tvari ili skupine tvari koje izazivaju jednaku razinu opasnosti, utvrđene propisom iz članka 41. stavka 1. Zakona.

Prema *Direktivi o podzemnim vodama* (EU 2006) podzemne vode su vrijedan prirodni resurs i kao takve treba ih zaštititi od pogoršanja kvalitete i kemijskog onečišćenja. To je osobito važno za ekološke sustave ovisne o podzemnim vodama i korištenje podzemnih voda za opskrbu vodom namijenjenom za ljudsku potrošnju.

Prema *Nacionalnoj strategiji zaštite okoliša* (NN 46/02) obnovljivi izvori vode u Hrvatskoj iznose oko 45 milijardi m³ godišnje, a to je 9500 m³ po stanovniku. Od toga raspoložive količine površinskih voda iznose 39 milijardi m³, dok je zaliha podzemne vode oko 6 milijardi m³ na godinu. Povremena intenzivna zagađenja (akcidentne situacije) navode se kao jedan od najvažnijih problema po pitanju voda u *Nacionalnoj strategiji zaštite okoliša* (NN 46/02).

Uredbom o klasifikaciji voda u RH (NN 77/98) vode se dijele na pet vrsta, obzirom na njihovu opću ekološku funkciju i uvjete za korištenje za određenu namjenu, a u ovisnosti o kemijskom i biološkom sastavu, fizikalno-kemijskim značajkama i stupnju onečišćenja.

Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (NN 182/04) definira "akcidentalno onečišćenje" kao nagli prodor tvari i mikroorganizama u količinama koje su opasne za zdravlje ljudi, u izvorište ili vodoopskrbne objekte, a posljedica je čovjekove aktivnosti. U novom, trenutno važećem, istoimenom pravilniku (NN 47/08) pojam akcidentalnog onečišćenja zamijenjen je pojmom "iznenadno onečišćenje", s time da se definira kao nagli prodor štetnih i opasnih tvari i/ili mikroorganizama u količinama koje mogu biti štetne ili opasne za zdravlje ljudi u izvorište ili vodoopskrbne objekte, a posljedica je ljudske aktivnosti.

Hidrofobne tekućine, kao što su nafta i naftni derivati, ne miješaju se s vodom već se šire kroz

vodom saturiranu poroznu sredinu po načelima koja vrijede za višefazno tečenje, a u određenim situacijama kreću se kao traseri, tj. kao potpuno izdvojeni dijelovi unutar vodom saturiranog poroznog sustava. To se događa zbog različitih fizičkih i kemijskih značajki u odnosu na vodu. Smatra se da je samo 2-3% od ukupne količine nafte koja dođe u doticaj s vodom topljivo u vodi. Zagađenje naftom i naftnim derivatima izuzetno je neugodno zbog toga što vrlo mala količina zagađivala mijenja miris i okus vode tako da ona postaje neuporabljiva za piće (Mayer 2007). Dobra je strana što je zato zagađenje naftom moguće registrirati već pri vrlo malim koncentracijama koje još nisu opasne po ljudsko zdravlje. Jednostavni postupak zagrijavanja vode do 50°C može se primijeniti kao jedna od preliminarnih metoda pri sumnji na zagađenje vode naftom, međutim isti miris karakterističan je i za vodu koja sadrži metan ili neke druge ugljikovodike.

Prema *Pravilniku o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće* (NN 47/08) maksimalna dozvoljena koncentracija (MDK) mineralnih ulja u pitkoj vodi je 20 µg/l, dok je prethodni Pravilnik propisivao MDK za mineralna ulja od 10 µg/l.

Na temelju iskustava iz primjera zagađenja u špilji Vrelić i jami Vodotečini (Privis), predlaže se sljedeći metodološki pristup u slučajevima zapažanja sličnih onečišćenja u hidrološki aktivnim speleološkim objektima:

- fotografiranje i pisano bilježenje (opis) zatečenog stanja;
- obavješćavanje nadležnih institucija (zakonska obveza) te upozoravanje lokalne javnosti o zapaženom onečišćenju/zagađenju;
- topografsko snimanje speleološkog objekta i označavanje onečišćenih/zagađenih dijelova na speleološkom nacrtu;
- pokušaj utvrđivanja izvora/uzroka onečišćenja;
- određivanje predisponiranih putova vode i utvrđivanje hidrodinamičke veze vodenog toka u speleološkom objektu s površinskim izvorima (prema mogućnostima - fizičkim prolazom ili trasiranjem tokova u speleološkom objektu i opažanjem pojave trasera na izvorima);
- analiza nekoliko osnovnih parametara kvalitete vode u speleološkom objektu i hidrodinamički vezanim izvorima (prijenosnim uređajima na terenu);
- uzorkovanje vode (ukoliko je potrebno i sedimenta) za laboratorijske analize: preporučuje se A-test, uz određivanje koncentracije mineralnih ulja u vodi;
- u slučaju pozitivnog testa na mineralna ulja, ponovno uzorkovanje i specifične analize (ovisno o pretpostavljenoj vrsti zagađivala – opasne tvari);
- utvrđivanje utjecajnih klimatskih i drugih značajki važnih za prijenos zagađivala (režim oborina u odnosnom području i njihova utjecaja; određivanje brzine protoka);
- analiza opasnosti i procjena rizika na temelju svih utvrđenih parametara;
- analize mogućnosti smanjivanja rizika za okoliš i eventualno donošenje prijedloga sanacije;
- kontinuirano praćenje stanja i promjena u narednom razdoblju.

Predloženu metodologiju istraživanja speleoloških objekata zagađenih naftom ili naftnim derivatima te spriječavanja rizika za prirodni okoliš i čovjeka, poželjno je razvijati i modificirati ovisno o okolnostima, raspoloživim sredstvima i kapacitetima. U tu svrhu mogu se organizirati tematske radionice, predavanja, okrugli stolovi i slični programi za speleologe, relevantne stručnjake i znanstvenike te po potrebi pripadnike drugih interesnih skupina: ekoloških udruga, javnosti, institucija nadležnih za zaštitu prirode, za zaštitu voda i drugih sektora.

ZAKLJUČAK

Primjer zagađenja u špilji Vrelić potvrđuje da je razlog dugog zadržavanja nafte u podzemlju promjenjivi režim voda u ovisnosti o oborinama, pri čemu se zagađivalo iz pojedinih dijelova kanala ispire samo u rijetkim razdobljima ekstremno visokih voda. Drugi je problem mogućnost taloženja na dnu pojedinih dijelova kanala, gdje se opasna tvar zarobljena česticama sedimenta također može dugo zadržati. To se događa pri niskim vodostajima, ukoliko je zagađivalo dospjelo u trenutku povlačenja voda u dublje dijelove kanala i ondje se zadržalo određeno vrijeme u uvjetima bez tečenja (jezerski uvjeti). Praćenje stanja zagađenja u špilji te kvalitete izvora Vrelić u budućnosti, primjenom preciznih analiza specifičnih pokazatelja u vodi, omogućilo bi još spoznaja o tome koliko dugo slični ekološki akcidenti doista ugrožavaju vezane podzemne i površinske tokove.

Rezultati koji se mogu dobiti na temelju stručnih i znanstvenih istraživanja zagađenja u jami Vodotečini, stavljeni u kontekst hidrogeoloških i klimatskih uvjeta u odnosnom vremenu, važni su za usporedbu prijenosa sličnog hidrofobnog zagađivala kakvo je otkriveno u špilji Vrelić, kao i za proučavanje i praćenje njegova zadržavanja u podzemlju.

Na temelju proučavanja i usporedbe postojećih zagađenja koja se navode u primjerima te komparativne analize posljedica, mogao bi se predložiti konkretni metodološki pristup primjenjiv na slične slučajeve zagađenja speleoloških objekata i podzemnih tokova, s glavnim ciljem spriječavanja dugoročnih štetnih i opasnih utjecaja na podzemne prostore, vode i podzemnu faunu te u konačnici na ovisni vanjski okoliš i čovjeka.

LITERATURA

I. Objavljena literatura

Cerić, E. 2006: Nafta - procesi i proizvodi. INA Industrija nafte, Biblioteka INA, Kigen, Zagreb

Dadić, Ž. 2001: Priručnik o temeljnoj kakvoći vode u Hrvatskoj. Hrvatski zavod za javno zdravstvo, Zagreb

Delić, D. 1997: Ugroženost izvorišta za vodoopskrbu s primjerima iz sliva rijeke Kupe. U: Zbornik radova Udruge za zaštitu okoliša Karlovac, 1997. god. Karlovac: Udruga za zaštitu okoliša Karlovac

Dorčić, I. 1987: Osnove čišćenja uljnih zagađenja. Zagreb: SKTH/Kemija u industriji, 1-13

Korač, N., Trpčić, M. 2006: Istraživanje jame Vodotečine. Vijesti Hrvatskoga geološkog društva 43/1

Kovačević, A. 2005: Hidrogeološke značajke Karlovačke županije. Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb

Mayer, D. 1993: Kvaliteta i zaštita podzemnih voda. Hrvatsko društvo za zaštitu voda i mora, Zagreb

Pollak, Z. 1995: Hidrogeologija za građevinare. Poslovna knjiga, Zagreb

Trpčić, M. 2007: Istraživanje špilje Vrelić. *Speleosfera*, br. 3/2007

Trpčić, M. 2008: Kvaliteta vode izvora Vrelić u Donjim Dubravama. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb

Trpčić, M., Kapor, F. 2008: Kvaliteta vode izvora Vrelić u Donjim Dubravama, Rudarsko-geološko-naftni zbornik, 27-40

II. Neobjavljena literatura i izvori

Mayer, D. 2007: Zaštita podzemnih voda: predavanja, interna skripta. Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Studij geološkog inženjerstva, Zagreb

Speleološki klub "Ozren Lukić" (2003.-2008.): Zapisnici s terena i foto-dokumentacija (špilja Vrelić). Arhiva Kluba. Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb

III. Zakoni i podzakonski akti

Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (NN 182/04; NN 47/08)

Pravilnik o utvrđivanju zona sanitarne zaštite izvorišta (NN 55/02)

Uredba o klasifikaciji voda (NN 77/98)

Uredba o opasnim tvarima o vodama (NN 78/98)

Uredba o proglašenju ekološke mreže (NN 109/07)

Zakon o vodama (NN 107/95)

Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o vodama (NN 150/05)

Direktiva Europskog parlamenta i Vijeća o zaštiti podzemnih voda od onečišćenja i pogoršanja kvalitete (DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on the protection of groundwater against pollution and deterioration), Bruxelles: EU, 2006.

HRVATSKI ŠPIJLSKI SUSTAV ĐULA – MEDVEDICA, NEISKORIŠTENI TURISTIČKI POTENCIJAL

CROATIAN CAVE SYSTEM ĐULA – MEDVEDICA, AN UNUSED TOURISTIC POTENTIAL

DALIBOR VUČIĆ, MIRJANA VUČIĆ

"Domaći"

Vijenac Ive Marinkovića 11, Ogulin

Izvod

Đulin ponor - Medvedica sa svim kanalima je špiljski sustav koji pruža razne mogućnosti turizma i neiscrpan je turistički potencijal koji je potpuno marginaliziran. Sa smještajem u samom centru grada Ogulina mogao bi predstavljati glavni pokretač za dovođenje turista i speleologa u prekrasnu okolinu grada koji nudi razne vrste aktivnog turizma kao što su speleologija, alpinizam, ronjenje, rafting, kanuing, jahanje, biciklizam, planinarenje, te razni dnevni i višednevni izleti koji se mogu složiti kombiniranjem nabrojanih aktivnosti. Međutim, da bi takav pokretač mogao biti, Đulin ponor prvenstveno treba zaštititi i sanirati, te projektirati faze uređenja i komercijalizacije.

Ključne riječi: turizam, speleologija, zaštita, sanacija

Abstract

Đulin ponor – Medvedica cave with all its passages is a cave system that provides endless opportunities for tourism and it is inexhaustible potential that has been completely sidelined. Located in the downtown of City Ogulin it could constitute the main trigger of tourism development of the city and be a major bait to bring tourists and cavers into Ogulin area. Surrounding area offer various types of active tourism, such as caving, rock climbing, scuba diving, rafting, canoeing, horseback riding, biking, hiking, which in combination with a rich cultural heritage represents wide base for program of daily and multi-day trips. However, in order, Đula become a trigger of city development it is necessary to begin with protection and remediation of cave, and with planning and design of ways of commercialization.

Key words: tourism, caving, protection, remediation

UVOD

Grad Ogulina može se podičiti jedinstvenim fenomenom hidrogeološkog spomenika prirode koji se nalazi u samom centru grada. Kanjonom kroz samo središte grada, svoj tok završava rijeka Dobra koja tu ponire ispod strmih litica u ogromnom otvoru ponora. Đulin ponor se sa špiljom Medvedicom nastavlja u veliki speleološki objekt koji sa svojih do sada istraženih čak 16 396 m kanala

predstavlja svojevrsni Špiljski grad ispod grada¹. Bajkoviti 40 metara duboki kanjon, tajnoviti špiljski sustav i s njima povezane legende predstavljaju veliki turistički potencijal i neiscrpnu bazu za razvijanje turističke ponude utemeljene na speleologiji, alpinizmu i avanturizmu općenito. Ovakva turističko-komercijalna komponenta iskorištavanja špiljskog sustava treba biti usko povezana i bazirana na stalnom nastojanju da se ovaj fenomen zaštiti i očuva u svom prirodnom obliku za što je potrebna stalna suradnja državnih institucija na područja zaštite okoliša i prirode, lokalnih vlasti, speleoloških i drugih udruga i turističkih djelatnika, pa je stoga ovaj Seminar o zaštiti špilja prvi važan korak u tom smjeru i trebao bi postati tradicija.

ŠIRI KONTEKST TURISTIČKOG POTENCIJALA

Đulin ponor i špiljski sustav Đula-Medvedica čvrsto su povezani sa životom grada i turističko korištenje treba promatrati u širem kontekstu i povezanosti sa životom grada, frankopanskim kaštelom, legendama i ponornicom Dobrom.

Legenda

Prema legendi koja potječe iz prve polovice 16. stoljeća i od tada živi u svijesti mnogobrojnih naraštaja ogulinskog kraja, ponor rijeke Dobre u Ogulinu dobio je ime po mladoj djevojci, koja se zvala Đula ili Zulejka. Djevojka Zulejka je bila kćerka Ivana pl. Gušića, zapovjednika ogulinske tvrđave. Roditelji su, kako je bio običaj tadašnjeg vremena, obećali Zulejku starijem plemiću za ženu. No, u Ogulin je uskoro stigao mladi i hrabri krajiški kapetan Milan Juraić. Zulejka se u njega zaljubila, ali je Milan ubrzo smrtno stradao u bitci s Osmanlijama. Čuvši to, Zulejka ili Đula se sunovratila u ponor rijeke Dobre. Tako je ponor dobio ime Đulin ponor. Zagleda li se bolje litica iznad ponora, može se vidjeti profil muškarca koji gleda ka velikom tamnom otvoru ponora. Ogulinci kažu da to Milan gleda kuda je nestala njegova Zulejka. Prema legendi o Đulinom ponoru Milan Hanžek je napisao povijesnu dramu "Zulejka". Drama je prvi puta igrana u Ogulinu 1910. godine, a izvelo ju je putujuće kazalište iz Zagreba. Dramatizirana legenda "Zulejka" kao znamen povijesnog ogulinskog krajiškog života uprizorena je u dvorištu Frankopanskog kaštela u više navrata, a posljednji puta u ljeto 2009. od strane ogulinskih glumaca amatera.

Frankopanski kaštel

U samom centru grada Ogulina, iznad Đulinog ponora, nalazi se Frankopanski kaštel izgrađen oko 1500. godine. Osnivač grada bio je Bernardin Frankopan, jedan od najmoćnijih velikaša svoga vremena. Danas je u tom zdanju Zavičajni muzej otvoren 1967. godine. Ima nekoliko zbirki: arheološku, etnografsku, planinarsko-alpinističku, zatim zbirku starog oružja, spomen-sobu Ivane Brlić-Mažuranić, te izložbu akademskog slikara Stjepana Galetića podrijetlom iz Ogulina koji je muzeju darovao oko 200 svojih radova. U dvorištu kaštela redovito se održava Festival bajke, Frankopanske ljetne večeri a to je ujedno i polazno mjesto svake godine za Ciklobajku.

Dobra

Vode Dobre, koje se slijevaju iz Gorskog kotara, Đulin ponor prima kapacitetom od oko 70 m³/s, a ako je količina vode veća (npr. 1999. godine izmjereno je 400 m³/s) Dobra puni kanjon i razlijeva se u Ogulinskom polju. Stoga je ponor i danas nepristupačan za turistički obilazak.

¹ Od travnja 2005. do lipnja 2007. godine ogulinski Hrvatski katolički zbor "MI" provodili su projekt "Ogulin – grad iznad grada, život iznad najvećeg hrvatskog špiljskog sustava" u sklopu projekta Očuvanja krških ekoloških sustava (KEC – Karst Ecosystem Conservation). www.gradiznadgrad.org

Dobra izvire ispod Skrada. Putem do Ogulina spaja se s potočićem Bukovska Dobra kod sela Gornja Dobra, a kod Vrbovskog u Dobru se ulijeva potok Kamačnik. Pred Ogulinom se nalazi umjetno jezero Bukovik. Nakon poniranja u Ogulinu (Đulin ponor) ponovo izvire kod sela Gojak. Nekada je nastavljala dalje u visoki i strmi kanjon pun brzaca i predivnih slapova i predstavljala raj za zaljubljenike u rafting. Danas završavaju radovi na izgradnji brane HE Lešće na kraju kanjona Donje Dobre zbog toga ćemo zauvijek izgubiti jedan od najljepših riječnih kanjona u Hrvatskoj. Brana visine 72 m potopit će kanjonski dio rijeke Dobre u duljini od oko 13 km i pretvoriti ga u duboko akumulacijsko jezero. Na obalama budućeg jezera već se mogu zamisliti prvi znaci razvoja vikend turizma.

Nakon gubitka donjeg toka pogodnog i vrlo atraktivnog za rafting treba razmisliti o mogućnostima za ponudu kajakiranja na području od Vrbovskog do Ogulina, odnosno do mlina u Sv. Petru pa čak i do brane na jezeru Bukovnik.

Završetak kanjona Dobre prije poniranja u Đulin ponor svojom atraktivnošću i dubinom od oko 45 m pruža osnovu za bogatu turističku ponudu. Već je razrađena i na oduševljenje mnogih uspješno odrađena ponuda spuštanja u Đulin ponor po fiksnim užetima iz tzv. Izviđačkog parka. Za turiste je osmišljen slijedeći program: spuštanje okolnim putem u korito rijeke Dobre i dolazak do ponora odakle se može vidjeti vertikalna po kojoj će se spuštati užetima. Po povratku u park obavljaju se pripreme i predavanje o užetima, zaštitnoj i specijalnoj opremi, te načinu spuštanja. Nakon probe na visini od par metara kreće se, uz osiguranje duplim sustavom, na spuštanje u korito rijeke Dobre. Postoji ideja za proširenje ponude. Nadamo se u skoroj budućnosti instalirati tzv. zipp line, odnosno uže po kojem će se turisti imati prilike voziti na kosini od 40% i duljini od oko 200 metara. Također u pripremi je i najveći bungee jumping u Hrvatskoj koji će iskoristiti dubinu ponora i priuštiti onim najhrabriji 60-ak metara slobodnog pada.

I ogulinski alpinisti udruženi u Športski penjački klub "Ogulin" su iskoristili strme litice kanjona i organizirali "Žuna ice fall" – natjecanje u sklopu Ledenog pokala Hrvatske. Kako je za izradu umjetnog ledenog slapa na liticama ponora potrebno hladno vrijeme i konstantna temperatura ispod ništice da bi se dovoljno leda uspjelo zadržati na stijenama, natjecanje se održava prema mogućnostima. U nedostatku leda održava se dry tooling na rezervnoj lokaciji.

Špiljski sustav Đula-Medvedica

Đulin ponor je najveći ulaz u špiljski sustav Đula-Medvedica. Njime završava živopisni kanjon rijeke Dobre. Nad liticom je smješten stari frankopanski Ogulin građen početkom 16. stoljeća. U sredini objekta pod liticom se nalazi prolaz prema ulazu *Badanj*. Kada gledamo prema glavnom ulazu oku nam je, na desnoj strani, skrivena glavni špiljski kanal koji se proteže ispod glavne ogulinske ulice Bernardina Frankopana. Ovaj ponor prima poplavne vode rijeke Dobre kada se povisi vodostaj u kanjonu. Objekt se može pogledati s dva vidikovca, jedan od strane kule, a drugi iz Parka izviđača (sl. 1).

Badanj je ulaz smješten u takozvanoj "Suhoj Đuli". Skriven je oku prolaznika, ali će ga radoznalo oko lako otkriti pri obilasku zidina frankopanskog grada. Naime, "Suha Đula" sa sjeverne strane omeđuje i štiti stari ogulinski grad. Čine ju dvije vrtače obrasle šumom koje su nekada na zapadnoj strani utvrde trećom vrtačom bile spojene sa kanjonom Dobre povrh Đulinog ponora. Gledajući u vrtaču iz starog grada pod nogama je Đulin ponor, a ispred se u sjevernoj litici otvara grotlo. Ovaj ponor nije odmah fizički povezan sa Đulinim ponorom, iako se nalaze vrlo blizu jedan drugom. Oni će se spojiti tek u dubini špiljskog sustava.



Slika 1. Pogled prema Đulinom ponoru
u smjeru toka rijeke Dobre
Figure 1. The view towards Đulin ponor



Slika 2. Đulin ponor
Figure 2. Entrance to Đulin ponor

Medvedica je najvažniji dio spiljskog sustava Đula-Medvedica. Kada se zbog naglog i velikog priljeva poplavnih voda iz Gorskog kotara zaguše ponori Badanj i Đulin ponor, rijeka Dobra izljuje se iz kanjona te puni svoja stara korita, a izljuje se i kod mosta u Žegaru te danas već zatrpanim rukavcem iza ogulinskog placa otječe do spilje Medvedice. Ovaj rukavac vrlo je važan dio poplavne Dobre jer je ulaz u Medvedicu ulaz u središnji dio podzemnog sustava. Zagušenjem prvih dvaju ponora vode mogu ovdje pronaći svoj podzemni put. Ona je smještena u do pola zatrpanoj vrtači iza zgrade "Croatia osiguranja" u ulici J. J. Strossmayera. Danas je nad ponorom podignut i vidikovac.



Slika 3. Ulaz Medvedica

Figure 3. Medvedica entrance

EKOLOŠKI PROBLEMI

Na žalost, špiljski sustav Đula-Medvedica je primjer zagađenog podzemnog sustava. Glavni uzrok zagađenja je sam grad Ogulin ispod kojeg se ovaj sustav nalazi, s bačenim otpadom, otpadnim vodama te zagađenjem koje donosi rijeka Dobra. Ulazni dio Đulinog ponora, te posebno Medvedice su najzagađeniji dijelovi. Špilja je onečišćena otpadnim vodama s površine, i s materijalima iz rijeke Dobre tijekom visokog vodostaja (kada je brana otvorena). Postoji više vrsta otpada: umjetni kruti otpad (metal, staklo, guma i plastični materijali), biološki otpad (drveni balvani i granje, mrtvi organizmi, mikroflora i mikrofauna u onečišćenoj vodi), kemijski otpad (ulje, detergенти i druge kemikalije). Posljedice takvog zagađenja su sljedeće: ponor se začepi i uzrokuje poplave, podzemlje je mehanički i bakteriološki kontaminirano. Konačna posljedica je da je ukupno podzemlje ugroženo, što direktno utječe na sav živi svijet ogulinskog područja.

Prvi je dojam svakog posjetioca Đulinog ponora i Medvedice da ulazi u smetlište i kanalizaciju i taj dojam je nažalost opravdan. Zaista je šteta što se ovako velika i značajna špilja nalazi u samom gradu gdje je izložena stalnom zagađivanju. Ono što je za druge špilje opasnost od vandalizma posjetilaca i direktne devastacije ljudskom rukom, to je ovdje u posrednom djelovanju čovjeka koji akciju uništavanja prepušta svom otpadu. Materijal kojim se zagađuje podzemlje Ogulina može se podijeliti u četiri grupe:

1. Prirodni organski materijal - uglavnom veliki piljeni trupci, cjepanice, granje, daske, drvene strugotine, lišće, slama i sl. Ovaj materijal je prirodnog porijekla, ali ljudi su odgovorni za njegovo unašanje u ponor jer ga bacaju, odnosno dozvoljavaju da dospije u ponornicu Dobru. Najveće zagađivanje špilje i sadašnji problem poplavljivanja uzrokovan je upravo ovom vrstom materijala.
2. Razni odbačeni predmeti umjetnog porijekla, kao npr. metal (stari štednjaci, vozila, strojevi, bačve, cijevi, žice, lim) staklo (boce), guma (kotači raznih vozila), predmeti od plastičnih masa (kanistri, folije, igračke, boce i dr.) i kosti uginulih životinja.
3. Detergенти i razne aktivne kemikalije u sastavu otpadnih voda, ulje, nafta, katran, razne soli itd.
4. Živi organizmi - mikroflora i mikrofauna vezana za otpadne vode kanalizacije, krupne uginule organizme, otpadnu hranu i sl.

Ovaj materijal ulazi u podzemlje uglavnom na tri načina i to:

a) putem ponornice Dobre – osobito za velikih vodostaja unaša se krupno smeće i ispire sav sitniji materijal odbačen u njeno korito i na ulaz ponora,

b) direktnim unašanjem u podzemlje kroz ulaze - upravo ti ulazi su mjesta najveće koncentracije smeća svake vrste i leglo zaraze. Tu žive čitave kolonije štakora.

c) procjeđivanjem otpadnih voda, gradske ulične kanalizacije, loše izoliranih septičkih jama itd.

Posljedice ovako intenzivnog zagađivanja očigledno su vrlo štetne, a to se manifestira na više načina

- već spomenuto začepeljivanje ponora i s tim u vezi poplavlivanje jednog dijela grada,
- stalno bakteriološko zagađivanje podzemne Dobre, pa tako i nizvodnih tokova što neposredno ugrožava stanovništvo dotičnog područja, faunu rijeke i u širem smislu remeti ekološku ravnotežu čitavog okoliša,

- uništava se podzemlje (zatrpavanje, sam izgled, smrad), pa tako i njegove vrijednosti, a smanjuju se mogućnosti da se iskoristi kao prirodna atrakcija i izvanredan fenomen krša za turističke svrhe.

Nema sumnje da se zagađivanje ove špilje događalo već prije, a s prirodnim materijalom u određenom smislu oduvijek. Razlog da špilja još nije u potpunosti zatrpana je u tome što smeće ipak propada jednim dijelom, premda mnogo sporije nego na površini, a jednim dijelom biva otplavljeno, mehanički usitnjeno i uništeno. Snažne bujice nose sa sobom šljunak i sitnije kamenje, pa u vrtložnom kretanju kroz uske kanale drobe mekši materijal.

Smanjivanjem protoka zbog izgradnje HE Gojak poremetila se prirodna ravnoteža unašanja i propadanja naplavina, a uz povećan priliv smeća vrlo otpornih vrsta (plastika, staklo, metal, guma), akumulacija tog stranog materijala naglo raste. Tome se kao impregnacija pridružuju nanosi pijeska, mulja i šljunka. S porastom grada povećalo se i zagađivanje otpadnim vodama. Industrija daje svoj doprinos zagađenju raznim kemikalijama, uljem i sl. Sve veća potrošnja detergenata u kućanstvu odražava se i u sastavu vode u podzemlju. Otpad je na neki način pokazatelj standarda, a taj je očigledno u porastu.

Stanovit stupanj zagađenja je neminovan s obzirom na tako izložen položaj špilje, ali mnogo toga bi se moglo spriječiti, a posljedice današnjeg zagađivanja potpuno ukloniti. Prije svega potrebno je onemogućiti unašanje smeća kroz ulaze i osobito rijekom Dobrom. Karakteristično je da najviše smeća ubacuju ljudi koji žive u neposrednoj blizini, upravo oni kojima je ulaz u špilju i korito Dobre u vlastitom dvorištu. Samim zabranama ne može se postići mnogo, nego boljom organizacijom odvoza smeća, propagandom i edukacijom već u osnovnim školama. Takav način je dugotrajan, ali koristan i na kraju ipak uspješan.

Zagađivanje podzemlja otpadnim vodama najveće je koncem sušnog perioda kada prve jesenske bujice isperu korito Dobre. Primijećeno je da ribe (pastrve) koje prethodno mjesecima vegetiraju u špilji (unešene za vrijeme proljetnih bujica) tada naglo ugibaju u roku od nekoliko dana. Nema sumnje da ovako koncentrirani udari zagađenih voda štetno djeluju i na živi svijet u nizvodnom toku Dobre. Trebalo bi se pridržavati odredaba o biološkom minimumu stalnog protjecanja Dobre kroz podzemlje, tako da se zagađivanje rasporedi na čitavo doba godine i na taj način donekle ublaži njegovo djelovanje.

Jedan je od većih problema, ne samo zbog zagađivanja, već kao opći higijenski faktor, loš sustav gradskog kanaliziranja otpadnih voda. To bi trebalo riješiti na najširem planu uvođenjem kanalizacijskih mreža umjesto sadašnjih septičkih jama. Iskustvo na sličnim primjerima pokazuje da

moгуće održati podzemlje čistim, čak i onda kada se nalazi u samom gradu. Jedan od najboljih načina je da se špilja koristi kao turistički objekt.²

U razdoblju od održavanja ovog Seminara pa do dana dovršetka pisanja ovoga rada krenulo se sa rješenjem kanaliziranja otpadnih voda. Naime, 30. travnja 2010., u uredu karlovačkog župana potpisan je Ugovor za projektiranje, nabavu i izgradnju uređaja za pročišćavanje otpadnih voda grada Ogulina, u vrijednosti od 30,8 milijuna kuna. Projekt odvodnje otpadnih voda grada Ogulina dio je projekta Unutarnje vode, koji provodi Republika Hrvatska i Svjetska banka. Projekt će biti realiziran u dvije faze:

1. kanalizacijski kolektor u duljini od 15 km ukupne vrijednosti 46,2 milijuna kuna, koji će biti dovršen u studenome 2010. godine,
2. uređaj za pročišćavanje otpadnih voda koji će u prvoj fazi obuhvatiti izradu projektne dokumentacije, idejnog i glavnog projekta, te izgradnju uređaja sa ugradnjom sve potrebne opreme. Uređaj će biti dovršen do kraja 2011. godine, a bit će smješten na lokaciji Galge. Pročišćene vode biti će ispuštane u podzemlje, zbog čega je potrebno postići visoku kvalitetu pročišćene otpadne vode.

Drugi veliki projekt vezan uz špiljski sustav i koordiniran od strane lokalne zajednice je Projekt izgradnje retencijske brane. Izuzetno velike kiše krajem srpnja 1999. godine, kada je u porječju Ogulinske Dobre palo u kratkom vremenu oko 120 mm oborina, rezultirale su velikim poplavama i štetama, a naročito u gradu Ogulinu. Poplavni val sa do sada nezabilježenim maksimalnim protokom, postojećim koritom rijeke Dobre i sustavom ponora nije mogao biti pravovaljano evakuiran. Poplavno područje je procijenjeno na oko 4 km². Katastrofalna poplava iz 1999. godine pokrenula je aktivnosti i aktualizirala izradu projektne dokumentacije koja je trebala istražiti u kojem stupnju postojeći sustav osigurava potrebnu zaštitu grada Ogulina od velikih voda, te predložiti tehnička rješenja koja to omogućavaju. Karakteristike vodnog režima Dobre su izrazita bujičnost s naglim i velikim varijacijama protoka. To je i glavni uzrok ugrožavanja poplavama grada Ogulina jer sadašnji prirodni (špiljski sustav Đula – Medvedica) i umjetni (akumulacija Bukovnik za HE Gojak) sustavi odvodnje ne mogu "progutati" svu nadolazeću vodu pa je grad svake 2-5 godina ugrožen poplavama.

Na osnovi stručnih analiza pokazala se, kao najpovoljnija lokacija za gradnju retencije, prostor doline rijeke Ogulinske Dobre uzvodno od naselja Turkovići, a nizvodno od ušća Vitunjčice u Dobru. Izgradnja planirane retencijske brane imati će pozitivne efekte i u pogledu smanjenja donosa naplavina u sustav Đulinog ponora, međutim do njene izgradnje nužna su druga rješenja. Prije desetak godina već su poduzete određene tehničke mjere za sprječavanje donosa naplavina s uzvodnog sliva u sustav Đulinog ponora. To je izgradnja plivajuće brana za zadržavanje naplavina uzvodno od mosta kod "Vražjeg prelaza". Nažalost, brana je u ovom trenutku van funkcije, jer je došlo do njenog uništenja – potonuća. Ovaj objekt je imao pozitivne učinke na smanjenje zagađenja u podzemlju, a time i na propusnu moć Đulinog ponora, te ga je potrebno sanirati.

Pored ovih velikih projekata ovdje je potrebno pohvaliti brojne akcije čišćenja kanjona i obale rijeke Dobre, te ulaza u Đulin ponor u organizaciji ogulinskih udruga (HGSS Stanica Ogulin, HKZ "MI"). Tijekom ovih akcija izvučene su velike količine smeća iz korita, a možda najznačajnija je bila velika akcija čišćenja ponora za vrijeme poplave 2005. godine kada su članovi HGSS-a Stanice Ogulin u suradnji sa rafting klubom i ogulinskim poduzećima iskoristili mogućnost da se otpad pokupi grajferima i kamionima s ceste. Ovom prigodom iz nabujale rijeke izvađeno je 400 tona otpada što izlazi oko 25 kamiona otpada, čime je spriječeno da taj otpad završi duboko u ponoru.

² Marijan Čepelak, www.speleologija.hr



Slika 5. Velika akcija HGSS Stanice Ogulin uz pomoć raftera i poduzetnika

Figure 5: Big cleaning action organized by HGSS Ogulin, with help of rafters and local contractors



Slika 6. Privlačenje smeća do grajfera uz pomoć čamaca i užeta

Figure 6. Cleaning with the help from boats

Na žalost, možda najznačajniji ulaz sa speleološkog aspekta - Medvedica je u najgorem stanju, a razlog tome je u njegovom malo zabačenom položaju iza zgrada u centru grada. To s jedne strane otežava pristup za čišćenje, a s druge strane nije direktno izložen pogledu građana i turista pa se na njega "zaboravilo". Stanje ovog ulaza zahtijeva da se hitno napravi projekt čišćenja i sanacije, te tako i ovaj ulaz dovede u stanje primjereno svojoj (turističkoj) vrijednosti.

TURISTIČKI POTENCIJAL – SPELEOTURIZAM

Špiljski turizam ili speleoturizam koji u Sloveniji i drugdje u svijetu bilježi veliki napredak, u Hrvatskoj, iznimno bogatoj špiljama, stagnira i tek se pokušava poslovno organizirati. Naime, u Hrvatskoj ima više od 9500 registriranih speleoloških objekata, od kojih je 25 uređeno za turističke posjete. Malo njih može pohvaliti stalnom uslugom, vodičkom službom i turističkim asortimanom. Većina ovih špilja je uređena do osamdesetih godina 20. stoljeća i to uglavnom na način da je uvedena elektrifikacija i uređene su staze, instalirane stepenice da bi se turistima olakšao pristup i kretanje po tim objektima. Sljedećih desetljeća razvoj speleoturizma ostaje na dostignutom nivou, pa čak kreće i u suprotnom pravcu. Mnogi objekti su tokom tih godina devastirani i izgubili su svoju turističku funkciju. Posljednjih godina dolazi do preuređenja nekih ranije aktivnih turističkih špilja i do oživljavanja speleoturističke ponude.

UMJESTO ZAKLJUČKA

Speleoturizam je grana turizma koja je u Ogulinu potpuno zapostavljena unatoč činjenici da se ispod grada proteže veliki špiljski sustav i da su ulazi u taj objekt smješteni u samom centru grada dok je veliki broj špilja sa estetskim i kulturnim vrijednostima u Hrvatskoj teško pristupačan i na velikoj udaljenosti od glavnih putnih pravaca što je velika prepreka za njihovu turističku valorizaciju. Ako uzmemo u obzir kretanja u suvremenom turizmu, sve prisutniji alternativni i održivi turizam i promjene u zahtjevima suvremenih turista (avantura, učenje, zaštita prirodnih vrijednosti, različiti oblici kulturno-povijesnog naslijeđa, autohtoni okoliš i kultura lokalnih zajednica) vidimo da je speleoturizam važna karika u razvoju turističke ponude grada. Nakon što se saniraju problemi vezani za zagađenost i devastiranost ovog bisera u centru grada trebat će pristupiti osmišljavanju turističke ponude bazirane na speleoturizmu. Na raspolaganju su dvije mogućnosti: razvoj klasičnog speleoturizma tj. uređivanje staza u speleološkim objektima i njihova elektrifikacija čime one postaju pristupačne širokom krugu turista; razvoja alternativnog speleoturizma kao oblika aktivnog turizma kod kojeg su zahvati u samom objektu svedeni na minimum, a pristup je omogućen avanturistima koji posjeduju specifična znanja za kretanje po speleološkim objektima uz osigurano stručno vodstvo po objektu.

Alternativni speleoturizam je prihvatljiviji u pogledu zaštite prirode i očuvanja speleoloških objekata i u tom smislu smatramo da bi u slučaju špilje Đula-Medvedica trebalo prihvatiti kombinirani pristup na način da se naprave pristupni putovi do ulaza u Đulu (Đulin ponor), Badanj i Medvedicu i eventualno osvijetle ulazne dvorane (možda samo ekološkim bakljama - romantična atmosfera - Ogulin grad bajki), a da ostatak ponude bude stručno vodstvo po špilji uz primjenu klasičnih speleoloških tehnika. Ovakvu ponudu bi trebalo uklopiti u generalni identitet ogulinskog kraja s brojnim mogućnostima za aktivni turizam - planinarenje (Klek, Bijeke i Samarske stijene, Bjelolasica) alpinizam (smjerovi na Kleku), skijanje (HOC Bjelolasica), uređene biciklističke staze, mogućnosti za rafting, kanjoniranje, kanuing i sl. Speleoturizam se također može uklopiti u brendiranje grada kao zavičaja bajki i u tom smislu osmisliti ture obilaska podzemlja (Legengrada) popraćene bajkovitim prizorima. Značajan oblik rada na promidžbi i zaštiti Đule-Medvedice mogao bi biti u vidu

organiziranja stručnih skupova, seminara iz područja speleologije – trebalo bi poduzeti aktivnosti da skupovi kao Seminar o zaštiti špilja postanu u Ogulinu tradicija. Zadnja sustavna istraživanja u špilji bila su u razdoblju 1984.-1987. u organizaciji SO PDS Velebit, a sustav nije nikada do kraja istražen pa bi trebalo razmotriti mogućnost organizacije nekog oblika kampa koji bi okupio zainteresirane speleologe i speleološke udruge koji bi uz podršku lokalne zajednice priveli istraživanje kraju. Ogulinu definitivno nedostaje i lokalna speleološka udruga koja bi bila pokretač ovakvih aktivnosti i baza za školovanje lokalnih speleologa koji bi bili nosioci aktivnosti na zaštiti, očuvanju i istraživanju Đule-Medvedice.

LITERATURA

Čepelak, M. 1985: Špiljski sustav Đula-Medvedica, *Speleolog*, 1984-1985, 2-24

Čepelak, M. 2010: Špiljski sustav Đulin ponor-Medvedica. Hrvatski speleološki poslužitelj

Magdić, M. 1926: Topografija i povijest Ogulina

Malez, M. 1956: Pećina Medvedica (Ogulin), *Geološki vjesnik*, X

Malez, M. 1955: Đulin ponor u Ogulinu, *Geološki vjesnik*, VIII-IX, 1954/55

Poljak, J. 1926: Geomorfologija i hidrografija Ogulina i ogulinskog Zagorja. *Glasnik hrv.prir.društva*, XXXVII-XXXVIII

Poljak, J. 1935: Pećine okolice Ogulina, V. Paklenice i Zameta. *Rasprave geol.inst.kralj.Jug.*, sv.5

Vrbek, B. 1988: Some characteristics of silt of subterranean system of Djula-Medvedica in Ogulin, IAH 21st congress, Karst Hydrogeology and Karst Environment Protection, Gulin, China

Popis najugroženiji krških fenomena u Hrvatskoj, 2010. Hrvatski speleološki poslužitelj, www.speleologija.hr/zastitapriode