Pregled stanja speleoloških objekata u Varaždinskoj županiji

Kraš, Valentina

Master's thesis / Diplomski rad

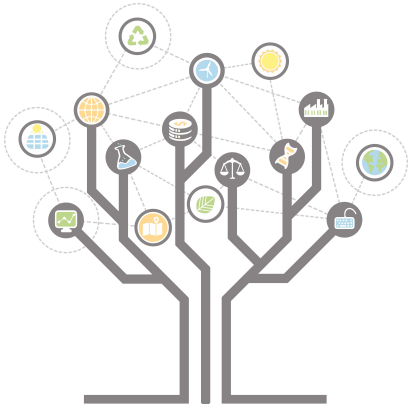
2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Geotechnical Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:130:641343

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Geotechnical Engineering - Theses and Dissertations

zir.nsk.hr

DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Pregled stanja speleoloških objekata u Varaždinskoj županiji

Kraš, Valentina

Master's thesis / Diplomski rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Geotechnical Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:130:641343

Rights / Prava: In copyright

Download date / Datum preuzimanja: **2020-11-04**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Geotechnical Engineering







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GEOTEHNIČKI FAKULTET

VALENTINA KRAŠ

PREGLED STANJA SPELEOLOŠKIH OBJEKATA U VARAŽDINSKOJ ŽUPANIJI

DIPLOMSKI RAD

VARAŽDIN, 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GEOTEHNIČKI FAKULTET

DIPLOMSKI RAD

PREGLED STANJA SPELEOLOŠKIH OBJEKATA U VARAŽDINSKOJ ŽUPANIJI

KANDIDAT:

VALENTINA KRAŠ

MENTOR:

DOC.DR.SC. JELENA LOBOREC

VARAŽDIN, 2017.

SAŽETAK

Valentina Kraš: Stanje speleoloških objekata u Varaždinskoj županiji

Više od polovice teritorija Republike Hrvatske izgrađuju okršene karbonatne stijene, što predstavlja šupljikav teren u kojem se nalaze zanimljive geomorfološke strukture i gotovo svi podzemni objekti. Krško područje Varaždinske županije čini izdvojeni, osamljeni krš unutar slabopropusne okoline, tj. stijena s dominantnom međuzrnskom poroznosti slabe propusnosti. Ovaj dio Hrvatske nije poznat po brojnim i velikim speleološkim objektima, no oni nisu zato manje važni. Speleološki objekti kao specifični krški oblici predstavljaju iznimne vrijednosti bez obzira na njihovu zastupljenost i veličinu. Iako su svi oni zaštićeni Zakonom o zaštiti prirode (NN 80/2013), u praksi i na terenu to često nije slučaj. Višegodišnjim istraživanjem na području Hrvatske pronađen je veći broj onečišćenih špilja i jama, od čega je najviše ugroženo otpadom koji se namjerno baca u njih. Ovim radom želi se dati uvid u stanje speleoloških objekata u Varaždinskoj županiji te svratiti pozornost na problematiku otpada i onečišćenja u krškom podzemlju. Rezultate ovog rada mogu koristiti jedinice lokalne samouprave koje su prema Planu gospodarenja otpadom (NN 03/2017) nadležne za sanaciju divljih odlagališta u prirodi, pa tako i u podzemnim objektima. Osim toga, podaci se mogu iskoristiti u edukativne svrhe, upućivanjem stanovništva u štetnost divljih odlagališta i to objavljivanjem novinskih članaka te održavanjem radionica i izradom edukativnih materijala za različite dobne skupine. Prepoznavanje štetnosti otpada tek je prvi korak u rješavanju problema divljih deponija u podzemlju, no i taj mali korak veliki je pomak ako doprinese zaustavljanju daljnje devastacije okoliša. Paralelno uz edukaciju nužno je sanirati divlje deponije koji ugrožavaju živi svijet podzemlja i predstavljaju prijetnju podzemnoj vodi.

Ključne riječi: krš, speleološki objekti, otpad, onečišćenje, Varaždinska županija

SADRŽAJ

1. UVOD 1
2. KRŠ 2
2.1. Nastanak speleoloških objekata u kršu 2
2.2. Krš Varaždinske županije 3
3. PROBLEMATIKA ONEČIŠĆENJA U KRŠKOM PODZEMLJU 5
3.1. Otpad u podzemlju 6
3.2. Zaštita speleoloških objekata u zakonskim okvirima 7
4. METODE RADA 9
4.1. Kabinetski rad 9
4.2. Terenski rad 10
4.3. Rad u laboratoriju 12
4.3.1. Određivanje koncentracije aniona 12
4.3.2. Određivanje koncentracija teških metala 15
4.3.3. Određivanje ukupnog organskog ugljika 16
4.3.4. Određivanje otopljenog ugljika 17
4.3.5. Određivanje alkaliteta 17
4.3.6. Određivanje kemijske potrošnje kisika 18
5. PRIKAZ STANJA SPELEOLOŠKIH OBJEKATA NA PODRUČJU VARAŽDINSKE ŽUPANIJE 19
6. REZULTATI I RASPRAVA 36
6.1. Rasprostranjenost speleoloških objekata 36
6.2. Onečišćenost speleoloških objekata 38
6.3. Rezultati laboratorijskih analiza 41
7. ZAKLJUČAK 45
8. LITERATURA 47
9. POPIS SLIKA, TABLICA, GRAFIKONA I KARTA 49

1. UVOD

Više od polovice teritorija Republike Hrvatske čini krški, šupljikav teren u kojem se nalaze gotovo svi podzemni speleološki objekti. Posljednjih godina prepoznata je važnost i uloga podzemnih objekata u različitim aspektima djelovanja te se oni sve intenzivnije istražuju, a njihov broj mogao bi biti i dvostruko veći od trenutno poznatog. Premda je to teško i zamisliti, u kršu se vrlo često krije fascinantan splet podzemnih kanala i otvaraju se prostorije zadivljujuće veličine i ljepote. Taj s površine oku nevidljivi svijet izuzetno je značajan, kako po pitanje flore i faune, tako i zbog činjenice da se u krškom podzemlju krije i do 80 % zaliha obnovljive pitke vode.

Jedan od strateških ciljeva RH je očuvanje podzemlja, biološke i krajobrazne raznolikosti tog područja kao prostora od globalne razine vrijednosti. Sve špilje i jame načelno štiti Zakon o zaštiti prirode (NN 80/13). Višegodišnjim praćenjem stanja na području Republike Hrvatske pronađeno je veći broj onečišćenih špilja i jama, od čega je najviše ugroženo komunalnim otpadom. Takva problematika posebno je bila izražena u razdoblju kada nije bilo organiziranog prikupljanja otpada iz kućanstava, no u nekim dijelovima isti problem javlja se i u današnje vrijeme. U Planu gospodarenja otpadom RH za razdoblje 2017.-2022. (NN 3/2017) stoji da je u 2015. godini 99% stanovništva obuhvaćeno uslugom javnog prikupljanja komunalnog otpada. Zahvaljujući kontinuiranoj edukaciji o problematici otpada taj postotak se u posljednjih petnaestak godina znatno povećao, no ipak postoji dio teritorija Republike Hrvatske koji još uvijek nije obuhvaćen organiziranim prikupljanjem otpada. Otpad s tog dijela teritorija uglavnom završava na neuređenim i divljim odlagalištima, često i u podzemlju, što predstavlja dodatnu opasnost za živi svijet, zdravlje ljudi i kvalitetu pojedinih sastavnica okoliša.

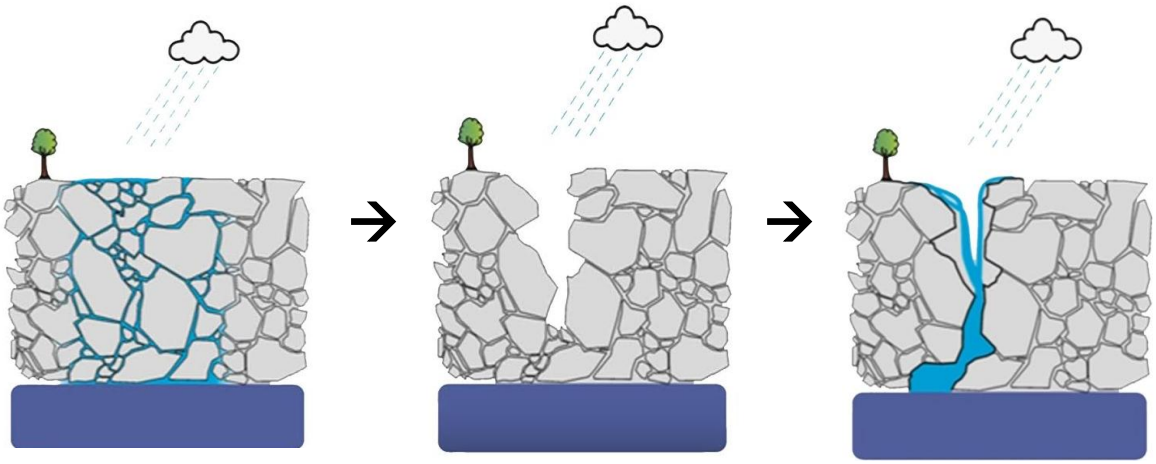
Iako su svi speleološki objekti zaštićeni zakonom, to često nije slučaj na terenu. Ljudi koji više borave u prirodi, izletnici, planinari, speleolozi nerijetko nailaze na vrlo ružne i zabrinjavajuće prizore onečišćenih speleoloških objekata. Cilj ovog rada je istaknuti problematiku neadekvatnog zbrinjavanja otpada i onečišćenja u krškim geomorfološkim oblicima, kao i dati uvid u stanje speleoloških objekata u Varaždinskoj županiji.

2. KRŠ

Krš je jedna od posebnosti Hrvatske, a raznoliki krški oblici pokrivaju više od polovice državnog teritorija. Predstavlja područje sastavljeno od posebnog površinskog i podzemnog reljefa i površinsko-podzemne hidrografske mreže koja je nastala kao rezultat cirkulacije vode, te njenog kemijskog i fizičkog djelovanja na prsline, pukotine i šupljine u slojevima topivih stijena kao što su vapnenac, kreda, dolomit, gips i sol. Kršu su svojstvene topive stijene smještene na ili blizu površine terena. (Matas, 2009)

2.1. Nastanak speleoloških objekata u kršu

Složeni proces nastanka speleoloških objekata, špilja i jama, naziva se speleogeneza. Dio je procesa nastanka krša, okršavanja, u kojem dolazi do otapanja karbonatne podloge slabo kiselom vodom. Uz otopljeni ugljikov dioksid CO_2 u kišnici, prolaskom kroz tlo voda se pretvara u slabu otopinu ugljične kiseline H_2CO_3. PH ugljične kiseline nalazi se u blago kiselom području, pH~5,7. Prolazeći kroz prirodne pukotine voda reagira i otapa vapnenac ili dolomit. Dobro okršene vapnenačke stijene, isjeckane pukotinama, veoma su podložne mehaničkom i kemijskom trošenju i proširivanju otvora prilikom čega nastaju podzemne šupljine (Slika 1). (Hrvatski speleološki poslužitelj, 2011)



Slika 1. Prikaz nastanka speleoloških objekata u krškom području

Izvor: https://www.youtube.com/watch?v=H-ZL3xpz_NU, 03.06.2017.

Prirodni proces mehaničkog razaranja i odnošenja dijelova Zemljine kore nazivamo erozija, dok je korozija sporiji proces razaranja kamena pod utjecajem njegovog kemijskog otapanja. U jednom i u drugom procesu voda ima presudnu ulogu i dovodi stijenu do konačnog stanja. Pri mehaničkom razaranju vodi pomaže i materijal koji ona nosi sa sobom – pijesak, šljunak, manji ili veći kameni blokovi. Erozijski i korozijski procesi vidljivi su kako na površini, tako i u tamnim i dubokim speleološkim pojavama. (Matas, 2009)

Speleološki objekti predstavljaju prirodno formirane podzemne prostore duže ili dublje od 5 metara, u koje može ući čovjek, a dimenzije ulaza su im manje od dubine ili dužine objekta. U Hrvatskoj se osnovna podjela speleoloških objekata temelji na prosječnom nagibu kanala. Razlikuju se dvije osnovne vrste objekta: špilje i jame. Špilje su speleološki objekti kod kojih je prosječni nagib pružanja manji od 45° u odnosu na horizontalu, a jame su speleološki objekti kod kojih je prosječni nagib kanala između 45° i 90°. S druge strane postoje takvi oblici kojima je teško definirati vrstu s obzirom na to svojstvo, stoga navedeni kriterij nije univerzalan. Mogu se naći špilje s jamskim ulazom ili jame sa špiljskim ulazom (Hrvatski speleološki poslužitelj, 2011). U svakom slučaju, krško podzemlje je oblikovano radom vode, ponegdje je prazno i golo, a ponegdje krije čuda. Površinska voda koja trajno prodire s površine niz pukotine vapnenca postupno ih rastvara ili otapa kamen i odnosi ga u podzemlje odlažući rastopljivi ostatak. Tako se izlučuje kalcijev-karbonat i stvaraju se sigaste tvorevine, tzv. špiljski nakit (Božičević, 2000). Špilje i jame prirodni su fenomeni i vrlo vrijedna geobaština Republike Hrvatske.

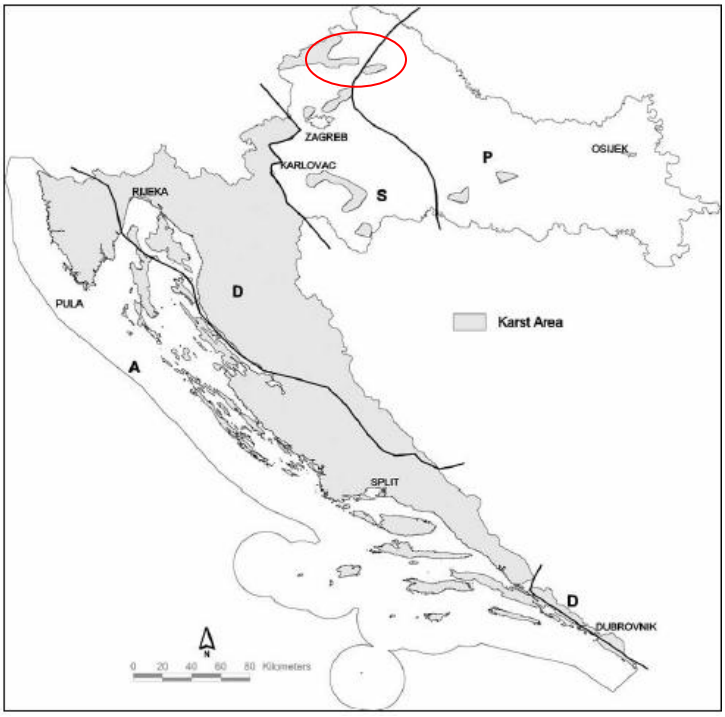
2.2. Krš Varaždinske županije

Hrvatska krška područja pripadaju tipu krša *krš umjerenih širina* (Dinaridi, Alpe, Pirineji, gorja Australije itd.) koji se ističe debelim karbonatnim mezozojskim i paleogenskim sedimentima, što uz izraženu rasjednu razlomljenost utječe na podjednaku zastupljenost horizontalnih i vertikalnih oblika ili speleoloških objekata. (Matas, 2009)

Varaždinska županija nalazi se sjecištu velikih geotektonskih cjelina: Alpa, Dinarida i Panonskog mora. Krš Varaždinske županije je izdvojeni, osamljeni krš u karbonatnim stijenama izoliranim u nepropusnoj okolini, površine 14 km^2 ili 1,2 %

teritorija (Matas, 2009) koji obuhvaća područja Supradinika i manjim dijelom Panonika (približno označeno na Karti 1). Osamljeni krš nije poznat po brojnosti speleoloških objekata kao što je slučaj s područjem Dinarika, ali je razvijen krš s mnogim krškim oblicima. (Ozimec i Šincek, 2009.)

Osamljeni krš zastupljen je na području Kalnika (643 m), čiju okosnicu čine mezozojski vapnenci i dolomiti, gorskom nizu Ivanščice (1061 m) gdje prevladavaju vapnenci i dolomiti, a sličan sastav ima i Ravna gora (680 m). (Matas 2009)



Karta 1. Pojednostavljena karta krških geotektonskih jedinica Hrvatske (iz: Ozimec i Šincek, 2011.)

Objašnjenje oznaka:

A – Adriatik

D – Dinaridik, dinarska krška platforma

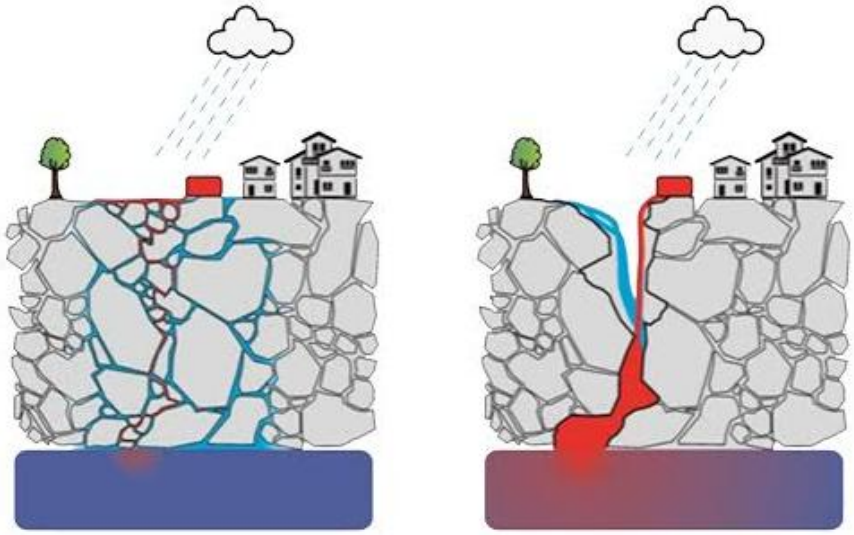
S – Supradinik, eudinamično područje

P – Panonski bazen, geološke strukture Panomskog bazena

3. PROBLEMATIKA ONEČIŠĆENJA U KRŠKOM PODZEMLJU

Divlja odlagališta komunalnog otpada, onečišćenja i ostale antropogene djelatnosti nisu problem samo na krškim područjima. Ljudi, nažalost, odvoze, odlažu i bacaju otpad po šumama i raznim drugim „prikladnim“ dijelovima prirode diljem Hrvatske, no osjetljivost ekosustava nije jednaka. Utjecaj divljeg odlagališta u kršu i otpada nabacanog na nepropusnim glinenim naslagama nije jednaka. Kod nepropusnog tla kiša mnogo teže ispere štetne tvari s divljeg odlagališta u podzemlje, a ako se to i dogodi ono će se kroz slojeve tla dugim vremenom zadržavanja te procesima atenuacije i retardacije barem djelomično pročistiti ili zadržati prije nego dođe do podzemne vode.

U krškom području to se neće dogoditi jer se onečišćena voda vrlo lako i brzo s površine infiltrira te dalje procjeđuje kroz pukotine, prsline i kanale u dubinu. S druge pak strane, špilje i jame predstavljaju prirodne puteve kojima se voda s površine koncentriranim tokovima ulijeva u podzemlje prema spremnicima podzemne vode, odnosno krškim vodonosnicima koji najčešće služe u vodoopskrbi. Ako se u podzemnim objektima nalaze divlja odlagališta otpada, voda koja se procjeđuje kroz njih će pokupiti i dalje prenositi onečišćivala koja će na kraju dospjeti u pitku vodu. Sve što se baci u podzemlje prije ili kasnije vraća se na slavini (Slika 2). Pružanje krških kanala je nepredvidivo i nemoguće ih je sa sigurnošću utvrditi pa je za njihovu zaštitu nužno odgovarajuće štititi šire područje.



Slika 2. Prikaz prijenosa onečišćenja u kršu i speleološkim objektima

Izvor: https://www.youtube.com/watch?v=H-ZL3xpz_NU, 03.06.2017.

Krš je vrlo heterogeno područje u kojem se kretanje podzemne vode može sagledati samo na osnovi velikog broja mjerenja razine vode, protoka i brzine podzemnih tokova, kemijskog sastava i temperature. S druge strane, hidrološka specifičnost krša je nepostojanje zaštitnih pokrovnih naslaga, brza infiltracija oborina te velika brzina tečenja kroz kanale i pukotine u podzemlju što podrazumijeva kratko vrijeme zadržavanja tijekom poniranja, što pogoduje preživljavanju mikroorganizama i omogućuje širenje potencijalnog onečišćenja s površine u kratkom vremenu na velike udaljenosti, a otopljene otpadne tvari ne mogu se pročistiti na prirodan način (disperzijom, adsorpcijom ili razgradnjom). Sve to čini podzemne vode u kršu iznimno osjetljivima na različite negativne prirodne, a posebno antropogene utjecaje. (Loborec i sur., 2015)

3.1. Otpad u podzemlju

Prilikom sagledavanja problematike onečišćenja u krškim područjima valja svakako spomenuti porast životnog standarda, učestalo sintetiziranje novih materijala za svakodnevnu upotrebu s kojima se mijenja i način obrade i zbrinjavanja takvog otpada. Kućanski otpad prije pedeset godina bio je uglavnom prirodnog podrijetla i nije sadržavao puno štetnih kemikalija. Danas je situacija potpuno drugačija pa bačena plastična ambalaža, razne tkanine, bijela tehnika, elektronički otpad, automobilske gume i ostali materijali, bilo umiješani u komunalni otpad ili izdvojeni kao pojedinačno odbačeni predmeti, mogu predstavljati prijetnju okolišu desetljećima. U jame se također često ubacuje razni industrijski, građevinski i klaonički otpad u velikim količinama. I premda u podzemlju vlada mrak, to ne znači da ono što se ubaci nestaje jer se to ne vidi. Događa se upravo suprotno: zbog konstantnih hladnih i mračnih uvjeta koji vladaju u špiljama i jamama, raspadanje je znatno usporeno pa se otpad razgrađuje mnogo polaganije i duže. (Čisto podzemlje)

Nerijetko prilikom ulaska u podzemlje speleolozi ugrožavaju svoje zdravlje. Samo na razini Republike Hrvatske, nema te vrste otpada koji nije pronađen u speleološkim objektima: od komunalnog otpada, plastične i staklene ambalaže, strvina i medicinskog otpada pa do minsko-eksplozivnog, krupnog i elektroničkog otpada.

Samo kao ilustrativni primjer, prilikom istraživanja špilje Generalski stol u Lepoglavi na području bivšeg kamenoloma Vudelja, podno ulazne vertikale na dubini od 3 metara nađena je veća količina odbačenog puščanog streljiva (Slika 3). S obzirom na opasnost od minski eksplozivnih sredstava sve aktivnosti u objektu obustavljene su do sanacije istog. Speleološka udruga Kraševski zviri i njeni članovi prošili su ulaz u objekt, izvadili streljivo i predali ga djelatnicima Policijske postaje Ivanec. (Matišić, 2012)



Slika 3. Puščansko streljivo izvađeno iz špilje Generalka (iz: Matišić, 2012)

Speleolozi vođeni entuzijazmom i ljubavlju prema prirodi i neistraženom podzemlju prihvaćaju obavezu sanacije divljih deponija u podzemlju gdje je to moguće i kada tim aktivnostima ne ugrožavaju svoj život i zdravlje. No taj entuzijazam nije dovoljan za sanaciju 12 divljih odlagališta samo na području Varaždinske županije i preko 700 podzemnih odlagališta diljem Republike Hrvatske (izvor: Čisto podzemlje). S obzirom na razmjere, jasno je da se problem ne može riješiti volonterskim akcijama, već on mora biti prepoznat od strane Ministarstva zaštite okoliša i energetike koje bi trebalo preuzeti inicijativu i naći adekvatno rješenje.

3.2. Zaštita speleoloških objekata u zakonskim okvirima

Zakon o zaštiti prirode (NN 80/2013) navodi da su speleološki objekti od posebnog interesa za Republiku Hrvatsku i uživaju njezinu osobitu zaštitu., a prema članku 104. zabranjeno je odlagati otpad ili ispuštati otpadne tvari u speleološke objekte, oštećivati, uništavati i odnositi sige, živi svijet speleoloških objekata, kao i provoditi druge zahvate i aktivnosti kojima se mijenjaju stanišni uvjeti u objektu.

Sukladno članku 107., za podzemne objekte u zaštićenim područjima nadležna je pripadajuća javna ustanova za upravljanje zaštićenim prirodnim vrijednostima, dok su za objekte izvan zaštićenog područja odgovorne jedinice lokalne samouprave, odnosno komunalni redari. Nadležni rijetko posjeduju znanja i vještine speleologije stoga se nadzor istih, nažalost, najčešće svodi na mrtvo slovo zakona na papiru. Međutim, tu obvezu bi vrlo rado preuzeli i najčešće dobrovoljno prihvaćaju speleolozi.

U cilju očuvanja posebnosti hrvatskog krša, Hrvatska agencija za okoliš i prirodu u suradnji sa speleološkim udrugama koje djeluju na području Republike Hrvatske, 2015. godine je uspostavila *Katastar speleoloških objekata Republike Hrvatske* kao dio Informacijskog sustava zaštite prirode. Katastar objedinjava podatke o poznatim speleološkim objektima u Republici Hrvatskoj. S danom 03.06.2017. godine u Katastar je registrirano ukupno 1 480 podzemnih objekata i 578 divljih deponija otpada u speleološkim objektima. (Državni zavod za zaštitu prirode)

Tek 2017. godine zahvaljujući volonterskoj inicijativi Čisto podzemlje i pritisku speleologa, u Plan gospodarenja otpadom za razdoblje 2017.-2020. (NN 03/2017) uvrštena je sanacija lokacija onečišćenih otpadom odbačenim u okoliš, uključujući i speleološke objekte, te aktivnosti vezane za sprječavanje ponovnog ubacivanja otpada na tim i takvim lokacijama. Nosioci sanacije su jedinice lokalne samouprave koje bi same trebale snositi troškove sanacije s rokom do 2020. godine. Plan gospodarenja otpadom za razdoblje 2017.-2020. (NN 03/2017) je ujedno i jedini dokument na razini Republike Hrvatske kojim je prepoznato i javno priznato onečišćenje podzemlja kao potencijalni problem. Hrvatska agencija za okoliš i prirodu, odnosno Agencija za okoliš, dužna je osiguravati informacije o otpadu u skladu sa Zakonom o održivom gospodarenju otpadom i podzakonskim propisima, no ni u jednom izvješću o komunalnom otpadu nisu spomenuti onečišćeni speleološki objekti, kojih je u Republici preko 700 (izvor: Čisto podzemlje). S druge strane, Fond za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost osnovan je radi osiguranja dodatnih sredstava za financiranje projekata, programa i sličnih aktivnosti u području očuvanja, održivog korištenja, zaštite i unaprjeđenja okoliša, no ni tu u plan aktivnosti ne ulaze i onečišćeni speleološki objekti.

4. METODE RADA

Za potrebe izrade ovog diplomskog rada kombinirano je više metoda rada: kabinetski, terenski i laboratorijski rad. U početnoj fazi najvažnije je bilo prikupiti i proučiti sve postojeće podatke o dosad provedenim istraživanja speleoloških objekata na području Varaždinske županije. Nakon toga bilo je potrebno pomno isplanirati terenski obilazaka pojedinih objekata, dogovoriti pratnju i potrebnu opremu te naposljetku sve prikupljene podatke obraditi na odgovarajući način i prikazati u ovom radu.

4.1. Kabinetski rad

Kako bi se dobio uvid u zastupljenost speleoloških objekata u Varaždinskoj županiji korištena je sljedeća literatura: Završni izvještaj projekta Izrada speleološkog i biospeleološkog katastra Ravne gore (Ozimec i sur., 2009); Speleološki i biospeleološki katastar Ivanščice i dopuna biospeleološkog katastra Ravne gore (Ozimec i sur, 2011); Speleološki i biospeleološki katastar Kalnika i Varaždinsko – topličkog gorja (Ozimec i sur., 2013) ustupljeni od strane Varaždinske županije, te podaci o speleološkim objektima ustupljeni od strane Speleološke udruge „Kraševski zviri“ Ivanec. Uvidom u dostupne podatke izrađen je plan obilaska speleoloških objekata, počevši od planinskog masiva Ravna gora na kojem je zastupljeno najviše speleoloških objekata u županiji. Prije svakog terenskog istraživanja pripremljeni su podaci o pristupu, opis, nacrt i koordinate pojedinog speleološkog objekta te topografska karta istraživanog područja. Nakon povrataka s terena vođena je evidencija posjećenih objekata u excel formatu. Uneseni podaci su: datum, naziv objekta, sinonim, vrsta objekta, lokacija, planinski masiv, koordinate prema Gauss Krügeru s pripadajućom projekcijom, hidrološka funkcija, zastupljenost otpadnog materijala i kratak opis objekta. Fotografije s terena spremljene su prema datumu istraživanja.

Po završetku terenskog istraživanja izvršena je analiza i osnovna statistička obrada stanja speleoloških objekata, a koordinate objekata zajedno s pripadajućim atributnim podacima obrađene su pomoću geografskog informacijskog sustava (GIS-a). Tom prilikom je izrađena GIS baza podataka speleoloških objekata, korištene su topografske i geološke podloge područja, sve zajedno s ciljem izrade osnovnih kartografskih prikaza za ilustraciju prostornih karakteristika objekata u ovom radu.

4.2. Terenski rad

U sklopu terenskog rada prostorno su locirani i fizički istraženi speleološki objekti identificirani u prethodnom koraku. Za definiranje lokacije korišten je GPS i topografske karte raznih mjerila, dok je sam fizički obilazak objekata ipak nešto složeniji i zahtjevniji.

Špilje i jame zahtijevaju posebne tehnike i obučenost speleologa, a sama aktivnost u objektima može se nazvati i podzemnim alpinizmom. Speleološka škola je tečaj i preduvjet da bi se neka osoba mogla početi baviti speleologijom, odnosno posjetom podzemnim objektima koji nisu opremljeni za posjet turista.

Osim što je za istraživanja jama i špilja potreban uspješno položen tečaj speleologije, na teren je nužno ponijeti specijaliziranu opremu koja služi za ulaz i napredovanje, a sastoji se od opreme za postavljanje osiguranja u speleološkim objektima (zamke, gurtne, uže, karabineri itd.) i osobne speleološke opreme (spravice za kretanje po užetu, kaciga, rasvjeta, zaštitna odjeća i obuća). Za potrebe ovog istraživanja sve spomenuto ustupljeno je na korištenje od strane Speleološke udruge „Kraševski zviri“ (Slika 4).



Slika 4. Prikaz opreme potrebne za ulazak u speleološki objekt

Kod svakog obilaska vođena je evidencija o stanju objekta, prisutnom zagađenju te je obavljeno fotografsko evidentiranje. Na tri lokacije, jama Ipsilon, jama Mrzle ruke i Matekova polušpilja, uzet je međustijenski zemljani materijal ispune diskontinuiteta.

Tijekom terenskog istraživanja utvrđena su dva hidrološki aktivna podzemna objekta: rudnik Kraševski zviri na Ivančici i Cerjanska špilja u Klenovniku. Dana 18.05.2017. izvršeno je mjerenje i uzorkovanje podzemne vode na spomenutim lokacijama. Pokazatelji kakvoće vode koji su mjereni na terenu su: temperatura, pH, elektrovodljivost i udio otopljenog kisika. Mjerenja su obavljena korištenjem digitalnih konduktivimetra, pH-metra i oksimetra tvrtke WTW na način da se elektroda za pojedini pokazatelj stavi u određeni uzorak, te se na uređaju očita vrijednost (Slika 5). Uzorci vode za laboratorijske analize uzimani su u bocama od 1L te u bočicama od 500 ml gdje se uzorak za određivanje prisutnosti teških metala obavezno profiltrira kroz 0,45 μm filtar i zakiseli s ultrapure dušičnom kiselinom HNO_3 (Slika 5).



Slika 5. Prikaz terenskih mjerenja i pripreme uzorka

4.3. Rad u laboratoriju

Sve laboratorijske analize su provedene u Laboratoriju za geokemiju okoliša Geotehničkog fakulteta, Sveučilišta u Zagrebu, u Varaždinu. Pristupnica je sudjelovala u svim fazama rada: tijekom pripreme uzoraka na terenu, tijekom pripreme uzoraka u laboratoriju, te kod same analitike na uređajima, ukoliko je metoda to dozvoljavala. Uzorci su do analize čuvani u hladnjaku, a prije samog analiziranja uzorci vode su temperirani na sobnoj temperaturi.

4.3.1. Određivanje koncentracije aniona

U uzorcima voda mjerene su koncentracije nitrita, nitrata, amonijaka, fosfata, sulfata i klorida na UV/VIS spektrofotometru tvrtke HACH LANGE (Slika 6) prema uputama iz priručnika za rad s navedenim uređajem i priručnikom. (APHA, 2005)



Slika 6. UV/VIS spektrofotometar tvrtke HACH LANGE

Nitriti

U staklenu kivetu stavljeno je 10 mL uzorka vode . Uzorku je dodan reagens *NitriVer 3 Nitrite Reagent Powder Pillow*. Uzorak je protresen dok se reagens nije u potpunosti otopio i nakon toga je ostavljen da miruje 20 minuta da dođe do reakcije između reagensa i nitrita. Za slijepu probu koristi se uzorak vode bez reagensa. Nakon toga je izvršeno mjerenje na spektrofotometru.

Nitriti u uzorku reagiraju sa sulfanilnom kiselinom pa nastaje diazonijeva sol koja reagira s kromotropnom kiselinom te se dobije ružičasto obojeni kompleks izravno proporcionalan koncentraciji prisutnog nitrita. Rezultati se mjere na valnoj duljini 507 nm. (APHA, 2005)

Nitrati

Uzorak se ulije u čašu od 50 mL i dodaje 1 mL 1M HCl te dobro promiješa. Za slijepu probu koristi se deionizirana voda. Mjerenje se vrši na valnoj duljini od 220 i 275 nm budući da se nitrati i organska tvar apsorbiraju na valnoj duljini 220 nm, a ne apsorbiraju na valnoj duljini 275 nm pa se vrši korekcija apsorbancije.

Mjeri se u skladu s UV metodom koja je preuzeta iz APHA, 2005.

Amonijak

U staklenu kivetu stavljeno je 10 mL uzorka vode. Uzorku je dodan reagens *Ammonia Salycylate Reagent Powder Pillow*. Uzorak je protresen dok se reagens nije u potpunosti otopio i nakon toga je ostavljen da miruje 3 minute. Nakon toga dodan je reagens *Ammonia Cyanurate Reagent Powder Pillow*. Uzorak je protresen dok se reagens nije u potpunosti otopio i nakon toga je ostavljen da miruje 15 minuta da dođe do reakcije između reagensa i amonijaka. Za slijepu probu koristi se deionizirana voda. Nakon toga je izvršeno mjerenje na spektrofotometru.

Komponente amonijaka reagiraju s klorom i nastaje monokloramin koji u reakciji sa salicilatom stvara 5-aminosalicilat koji se oksidira u prisutstvu katalizatora natrijevog nitroprusida te nastaje plavo obojenje. Plava boja je maskirana žutom bojom reagensa u suvišku što rezultira zeleno obojenom otopinom. Rezultati se mjere na valnoj duljini 655 nm. (APHA, 2005)

Fosfati

U staklenu kivetu stavljeno je 10 mL uzorka vode. Uzorku je dodan reagens *PhosVer 3 Phosphate Reagent*. Uzorak je protresen dok se reagens nije u potpunosti otopio i nakon toga je ostavljen da miruje 2 minute da dođe do reakcije između reagensa i fosfata. Za slijepu probu koriste se uzorci bez dodanih reagensa. Nakon toga je izvršeno mjerenje na spektrofotometru.

Ortofosfati reagiraju s molibdatom u kiselom mediju i nastaje miješani fosfatno/molibdatni kompleks. Askorbinska kiselina reducira kompleks uz pojavu izrazito plave boje molibdena. Rezultati se mjere na valnoj duljini 880 nm. (APHA, 2005)

Sulfati

U staklenu kivetu stavljeno je 10 mL uzorka vode. Uzorku je dodan reagens *SulfaVer 4 Sulphate Reagent*. Uzorak je protresen dok se reagens nije u potpunosti otopio i nakon toga je ostavljen da miruje 5 minuta da dođe do reakcije između reagensa i fosfata. Za slijepu probu koristi se deionizirana voda. Nakon toga je izvršeno mjerenje na spektrofotometru.

Sulfatni ioni u uzorku reagiraju s barijem iz reagensa i talože se u formi barijevog sulfata. Mutnoća uzorka (turbiditet) je proporcionalna koncentraciji sulfata. Rezultati se mjere na valnoj duljini 450 nm. (APHA, 2005)

Kloridi

U staklenu kivetu stavljeno je 10 mL uzorka vode. Uzorku je dodan 1 mL reagensa *Mercuric Thiocyanate Solution* i 0.5 mL *Ferric Ion Solution*. Uzorak je mućkan dok se reagensi nisu dobro pomiješali te je nakon tog ostavljen da miruje 2 minute da dođe do reakcije između reagensa i klorida. Za slijepu probu koristi se deionizirana voda. Nakon toga je izvršeno mjerenje na spektrofotometru.

Kloridi u uzorku reagiraju s živinim tiocijanatom te nastaje živin klorid uz oslobađanje tiocijanatnog iona koji reagira s ionima željeza i stvara narančasti kompleks željezo (III) tiocijanata čija je koncentracija proporcionalna koncentraciji klorida. Rezultati se mjere na valnoj duljini 455 nm. (Eaton i sur., 2005)

Fluoridi

U staklenu kivetu stavljeno je 10 mL uzorka vode. Uzorku je dodano 2 mL reagensa *SPADNS Reagent*. Uzorak je protresen dok se reagens nije u potpunosti otopio i nakon toga je ostavljen da miruje 1 minutu da dođe do reakcije između reagensa i fluorida. Za slijepu probu koristi se deionizirana voda.

SPADNS metoda određivanja fluorida uključuje reakciju fluorida s crvenom otopinom cirkonija. Fluoridi se spajaju s dijelom cirkonija stvarajući bezbojan kompleks te tako izbjeljuju crvenu boju otopine proporcionalno koncentraciji fluorida. Rezultati se mjere na valnoj duljini 580 nm. (APHA, 2005)

4.3.2. Određivanje koncentracija teških metala

Prilikom uzorkovanja uzorak vode za određivanje teških metala je profiltriran kroz mikrofiltar (0,45µm) i zakiseljena ultrapure HNO3 tvrtke MERCK na pH<2 kako bi se smanjila adsorpcija elemenata na stijenke polietilenskih bočica. Na ovako pripremljenim uzorcima snimljene su koncentracije svih teških metala korištenjem tri različite metode na atomskom spektrometru tvrtke Perkin Elmer Analyst 800 (Slika 7).



Slika 7. Atomski spektrometar tvrtke Perkin Elmer Analyst 800

Atomska apsorpcijska spektroskopija (AAS) je kvantitativna metoda za određivanje koncentracije metala u otopini. Koristi se za određivanje više od 60 elemenata. Sve atomske spektroskopske metode se baziraju na atomizaciji uzorka, odnosno isparavanju i razgrađivanju uzorka uz nastanak atomske pare uzorka. Osjetljivost atomskih metoda se mjeri u mg, µg i ng (ppt, ppm, ppb). Za atomiziranje uzoraka najčešće se koristi plamen,a temperature koje se postižu sagorijevanjem smjese acetilen-zrak variraju od 2200-2400 ºC. Ne primjenjuje kontinuirani spektar zračenja nego izvore koji emitiraju linije zračenja istih valnih duljina kao što su one apsorpcijskog maksimuma uzorka.

Vodena otopina uzorka se raspršuje u obliku fine vodene prašine i miješa s plinovitim gorivom i oksidansom koji ga unose u plamen. Otapalo ispari u osnovnom području plamena, a fino razdijeljene čestice odlaze u područje sredine plamena koje je najtopliji dio plamena. U tom dijelu iz čvrstih čestica nastaju plinoviti atomi i elementarni ioni te se pobuđuju atomski emisijski spektri. Najčešće primjenjivan izvor zračenja je žarulja sa šupljom katodom. Dio upadne svjetlosti koja prođe kroz uzorak apsorbiraju atomi određivanog elementa. Za svaki element potrebna je druga lampa, a koncentracija elementa u uzorku je proporcionalna apsorpciji zračenja. (APHA, 2005)

Metodom FAAS (Flame atomic absorption spectrometry) su za potrebe diplomskog rada određene koncentracije sljedećih elementata: **Ca**, **Fe**, **Mg**, **Mn** i **Zn**, a **Na**, **K**, **Ni i Cr** mjereni su istom tehnikom ali emisijski (AES) . Atomska emisijska spektroskopija (AES) vrlo je slična atomskoj apsorpcijskoj spektroskopiji, a razlika je u tome što AES ne koristi vanjski izvor zračenja nego pobuđeni ioni uzorka služe kao izvori zračenja. Elementi **Cu, Pb, As** mjereni su grafitnom tehnikom - GFAAS (graphite furnace atomic absorption).

4.3.3. Određivanje ukupnog organskog ugljika

TOC analizator tvrtke Shimadzu (TOC-V_{CPN}) služi za mjerenje koncentracije organskog ugljika u uzorcima vode (Slika 8). Instrument radi na principu samostalnog uzimanja mikrolitarskih količina vode za ispitivanje, njihovom katalitičkom spaljivanju u peći na temperaturi od 680 °C gdje se uzorak pretvara u plinovito stanje te se prolaskom nastalih plinova kroz nedisperzijski infracrveni (engl. non-dispersive infrared) detektor bilježi nastala količina CO_2. (APHA, 2005)



Slika 8. TOC analizator tvrtke Shimadzu

4.3.4. Određivanje otopljenog ugljika

Pripremljeni su vodeni eluati uzoraka tla koji su profiltrirani preko plave vrpce te su zatim očitane vrijednosti ukupnog dušika TOC-V_{CPN} analizatorom tvrtke Shimadzu (TNM-1 analizatorom).

Uzorak se nakon predtretmana ubrizgava u kivetu za razlaganje uzorka koja ga zagrijava na 720 °C. U kiveti uzorak prelazi u dušik-monoksid koji se nakon odvlaživanja i hlađenja prenosi strujom pročišćenog zraka (130 mL/min) do kemoluminiscencijskog detektora. Nakon usporedbe sa signalom standardnog uzorka, uređaj određuje koncentraciju ukupnog dušika u uzorku. (APHA, 2005)

4.3.5. Određivanje alkaliteta

Alkalitet se određuje titracijom uzorka prirodne vode sa sumpornom kiselinom određene koncentracije uz dodatak indikatora fenolftaleina i bromkrezol zeleno-metil crvenog. Koncentracija kiseline zavisi o očekivanoj vrijednosti alkaliteta što se iščita iz tablice. Za ukupni alkalitet uzorak vode titriramo do pojave svijetlo zenkastog plavo-sivog obojenja (pH 5,1), svijetlo ljubičasto-sivog obojenja (pH 4,8), odnosno svijetlo rozog obojenja (pH 4,5). Po završenoj titraciji očita se broj s titratora i onaj sa spremnika

sumporne kiseline te ih se pomnoži. Rezultat predstavlja ukupni alkalitet izražen u mg/L $CaCO_3$. (APHA, 2005)

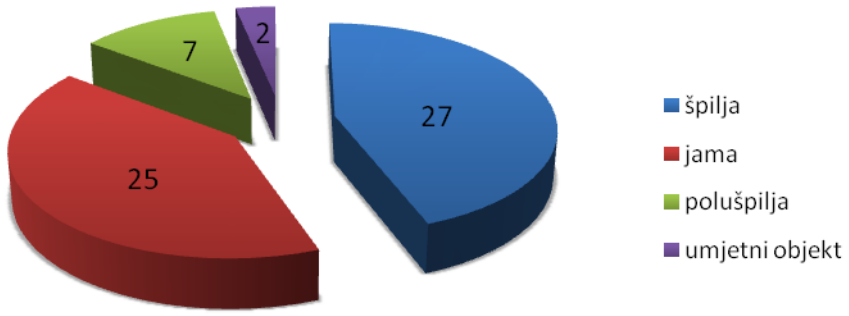
4.3.6. Određivanje kemijske potrošnje kisika

Kemijska potrošnja kisika (KPK) je količina oksidacijskog sredstva (kalijevog permanganata, $KMnO_4$) izražena kao koncentracija kisika utrošena za oksidaciju organskih sastojaka vodenog eluata uz određene uvjete. Postupak određivanja temelji se na oksidaciji organskih sastojaka u vodenom eluatu tla pomoću otopine $KMnO_4$ poznate koncentracije, pri temperaturi vrenja u vremenskom razdoblju od 10 min, za što se utroši određena količina kalijevog permanganata. Oslobođeni kisik oksidira organsku tvar u vodi, ali ne potpuno. Stoga je ova metoda samo relativno mjerilo količine organske tvari, otopljene ili suspendirane u vodenom eluatu tla. (Tepeš, 2011)

Prvi korak je priprema standardne otopine natrijevog oksalata, $Na_2C_2O_4$. Nakon toga se pripremaju vodeni eluati uzoraka tla. Zatim je 100 mL filtrata svakog uzorka odmjereno u Erlenmayerovu tikvicu od 250 mL, dodano je 15 mL sulfatne kiseline (1:3) te su uzorci zagrijani do vrenja i kuhani 5 minuta. U vruće uzorke dodano je 15 mL standardne otopine kalijevog permanganata, $c(KMnO_4) \approx 0{,}002$ M te su se nastavili kuhati 10 minuta. Nakon toga je u otopinu dodanu 15 mL standardne otopine natrijevog oksalata te je otopina nastavljena kuhati do potpunog obezbojenja. Vruća otopina titrirana je standardnom otopinom kalijevog permanganata, $c(KMnO_4) \approx 0{,}002$ M do pojave ružičaste boje koja se zadržava najmanje 30 sekundi. (Tepeš, 2011)

5. PRIKAZ STANJA SPELEOLOŠKIH OBJEKATA NA PODRUČJU VARAŽDINSKE ŽUPANIJE

U sklopu izrade diplomskog rada posjećeno je i obrađeno ukupno 59 speleoloških objekata na području Varaždinske županije od čega 25 jama, 27 špilja i 7 polušpilja. Posjećena su i 2 umjetno stvorena podzemna objekta, rudnik Kraševski zviri i rudnik Velika Sotinska (Graf 1).



Graf 1. Posjećeni i obrađeni speleološki objekti

U nastavku slijedi prikaz speleoloških objekata u Varaždinskoj županiji sa sljedećim podacima:

- **naziv**
- **sinonim** – drugi naziv objekta
- **lokacija –** položaj speleološkog objekta
- **planinski masiv**
- **vrsta speleološkog objekta**
- **prisutnost otpada** – DA ili NE
- **kratki opis objekta** – dubina/dužina objekta, eventualna zanimljivost

Za svaki objekt priložena je fotografija, dok su nacrti preuzeti iz: Završni izvještaj projekta Izrada speleološkog i biospeleološkog katastra Ravne gore (Ozimec i sur., 2009); Speleološki i biospeleološki katastar Ivanščice i dopuna biospeleološkog katastra Ravne gore (Ozimec i sur., 2011.); Speleološki i biospeleološki katastar Kalnika i Varaždinsko topličkog gorja (Ozimec i sur., 2013) i nacrti ustupljeni od strane speleološke udruge „Kraševski zviri“.

Bračkova jama

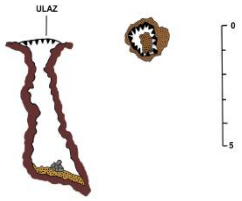
Sinonim: Markova jama

Lokacija: Lepoglava

Masiv: Ivanščica

Vrsta objekta: jama

Otpad: DA



Opis: Manja jama dubine 5,5 metara u kojoj se nalazi komunalni otpad. Prema razgovoru s lokalnim stanovništvom u jamu su bacane strvine i ostaci divljači.



Bračkova špilja

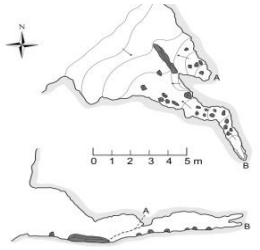
Sinonim: -

Lokacija: Lepoglava

Masiv: Ivanščica

Vrsta objekta: špilja

Otpad: NE



Opis: Špilja duljine 12,5 metara, arheološko i paleontološko nalazište.



Cerjanska špilja

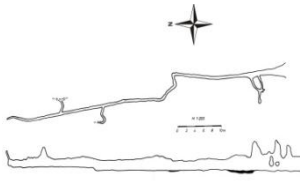
Sinonim: Kraljeva, Čardak špilja, Repnjak

Lokacija: Klenovnik

Masiv: Ravna gora

Vrsta objekta: špilja

Otpad: NE



Opis: Sa svojih 80 metara predstavlja najdužu špilju u Varaždinskoj županiji. Kroz cijelu dužinu prisutan je aktiavni vodeni tok, izvršena je analiza vode.



Cimerjanka jama

Sinonim: -

Lokacija: Cimerplac

Masiv: Ravna gora

Vrsta objekta: jama

Otpad: NE

Opis: Jama dubine 15 metara koja se nastavlja neprolaznom pukotinom. Nalazi se neposredno uz cestu, postoji opasnost od upada ljudi i životinja.



Cinkalica 4

Sinonim: Romanova nada

Lokacija: Veliki Goranec

Masiv: Ravna gora

Vrsta objekta: jama

Otpad: DA



Opis: Na ulazu u jamu zaglavljene najlonske vreće pune staklene i plastične ambalaže, ispod njih elektronički i metalni otpad, dno je prekriveno komunalnm otpadom nepoznate debljine. Najzagađenija jama u Varaždinskoj županiji.



Cinkalica pri zdencu

Sinonim: -

Lokacija: Klenovnik

Masiv: Ravna gora

Vrsta objekta: jama

Otpad: DA

Opis: Manja jama do vrha zatrpana komunalnim otpadnom i staklenom ambalažom. Za daljnje napredovanje potrebno sanirati otpad i otkopati ulazni dio.



Galovićeva jama

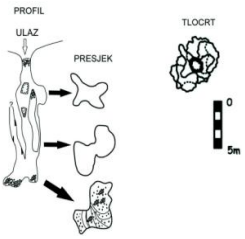
Sinonim: -

Lokacija: Veliki Goranec

Masiv: Ravna gora

Vrsta objekta: jama

Otpad: NE



Opis: Jednostavna jama dubine 14 metara s jednom vertikalom. Na ulazu urušen balvan kojeg je potrebno ukloniti za ulaz u objekt, prema prethodnim istraživanjima i posjetama u jami nema onečišćenja.



Generalka

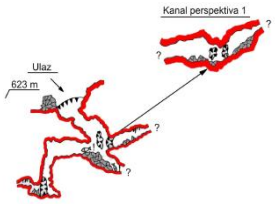
Sinonim: -

Lokacija: Lepoglava

Masiv: Ivanščica

Vrsta objekta: špilja

Otpad: NE



Opis: Špilja duljine 25 m, za daljnje napredovanje potrebno je proširivanje. U špilji nema antropogenog onečišćenja.



Gjaba

Sinonim: -

Lokacija: Kameničko Podgorje

Masiv: Ravna gora

Vrsta objekta: polušpilja

Otpad: NE

Opis: Polušpilja duljine 3 metara s 2 ulaza koja se spajaju, za daljnje napredovanje potrebno ukloniti organski materijal.



Grobnica

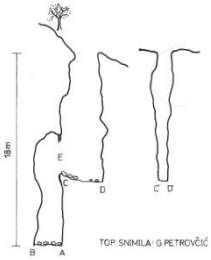
Sinonim: Cinkalica 3

Lokacija: Veliki Goranec

Masiv: Ravna gora

Vrsta objekta: jama

Otpad: DA



Opis: Jama dubine 18 metara. Stablo poviše uklonjeno, a ulaz jame djelomično zatvoren korijenom. Od otpada u jami se nalazi: tekstil, najlon, plastična amalaža, karnistri i ostali komunalni otpad.



Jadekova jama

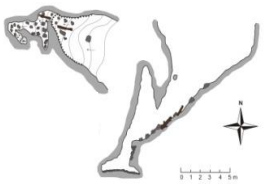
Sinonim: Jama u Velikim Vrtanjima

Lokacija: Velike Vrtanje

Masiv: Ravna gora

Vrsta objekta: jama

Otpad: DA



Opis: Jama dubine 15 metara koja se nastavlja na vrtaču. Ulaz zapunjen plastičnom i staklenom ambalažom, najlonom, željezom i ostacima klaoničkog otpada.



Jama Ipsilon

Sinonim: -

Lokacija: Kameničko Podgorje

Masiv: Ravna gora

Vrsta objekta: jama

Otpad: NE



Opis: Manja jama dubine 5,5 metara, neposredno uz šumski put. U jami uzet uzorak međustjenskog materijala.



Jama Kapelica

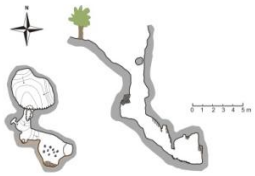
Sinonim: Jama na Fromeščini

Lokacija: Veliki Goranec

Masiv: Ravna gora

Vrsta objekta: jama

Otpad: NE



Opis: Jama dubine 5 metara, na dnu se nalazi zasigirana dvorana.



Jama Mrzle ruke

Sinonim: -

Lokacija: Kameničko Podgorje

Masiv: Ravna gora

Vrsta objekta: jama

Otpad: NE

Opis: Malen ulaz u jama dubine oko 15 metara. Spušta se u dvoranu prekrivenu saljevima i sigovinom, stanište šišmiša.



Jama u Rabuzinovoj šumi

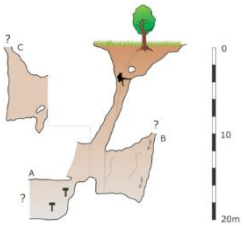
Sinonim: Jama na brdu iznad izletišta Lužec

Lokacija: Oštrice

Masiv: Varaždinsko-topličko gorje

Vrsta objekta: jama

Otpad: NE



Opis: Jama dubine 20 metara, jedan od dužih objekata na području Varaždinske županije i jedini speleološki objekt na području Varaždinsko-topličkog gorja.



Jama na istočnoj strani Kuča gore

Sinonim: -

Lokacija: Velika Sotinska

Masiv: Ravna gora

Vrsta objekta: jama

Otpad: DA

Opis: Jama do vrha zatrpana smećem i pokrivena granjem. Prema prethodnim istraživanjima jama se nastavlja u vertikalu od 8 metara. Za ulaz potrebno ukloniti organski materijal i sanirati otpad.



Jama na Langeščici

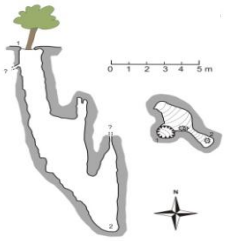
Sinonim: Jama uz stazu

Lokacija: Veliki Goranec

Masiv: Ravna gora

Vrsta objekta: jama

Otpad: DA



Opis: Ulaz u jamu zatrpan organskim materijalom, potrebno otkopati za daljnje napredovanje. Prema prethodnim istraživanjima jama je dubine 13 metara i u njoj ima dosta komunalnog otpada.



Jama pod cestom

Sinonim: Jama 3 prikolice, Čardak jama

Lokacija: Klenovnik

Masiv: Ravna gora

Vrsta objekta: špilja

Otpad: DA

Opis: Jama neposredno uz cestu dubine 8 metara zatvorena betonskim poklopcem. Prema prethodnim istraživanjima jama je zasigirana i zatrpavana kamenjem i komunalnim otpadom.



Jelovec jama

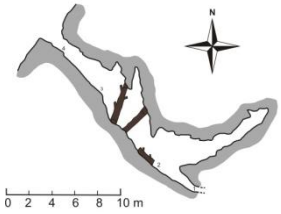
Sinonim: Lisnjača

Lokacija: Cimerplac

Masiv: Ravna gora

Vrsta objekta: jama

Otpad: DA



Opis: Jama dubine 12 metara prepuna organskog materijala s površine. Na sredini jame zaglavljeni trupci i najlonske vreće nepoznatog sadržaja.



Karlova špilja

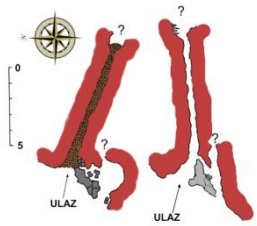
Sinonim: -

Lokacija: Lepoglava

Masiv: Ivanščica

Vrsta objekta: špilja

Otpad: NE



Opis: Jednostavna špilja duljine 8,5 metara. Objekt se nastavlja, potrebno proširiti za daljnje napredovanje.



Konjska jama

Sinonim: Knj v jmu pou

Lokacija: Žarovnica

Masiv: Ravna gora

Vrsta objekta: jama

Otpad: NE



Opis: Jama zatrpana orrganskim materijalom, za ulaz ga potrebno ukloniti. Prema prethodnim istraživanjima jama je dubine 10 metara i u njoj nema antropogenog onečišćenja.



Ledenica

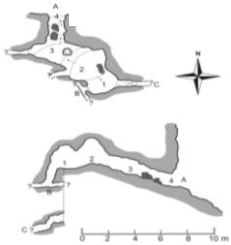
Sinonim: -

Lokacija: Bednjica

Masiv: Ravna gora

Vrsta objekta: špilja

Otpad: NE



Opis: Špilja duljine 10 metara, završava dvoranom ispunjenom blatom. Predstavlja potencijalno paleontološko/arheološko nalazište.



Ljubelj jama

Sinonim: -

Lokacija: Ljubelj Kapelski

Masiv: Kalnik

Vrsta objekta: jama

Otpad: NE

Opis: Manja jama dubine 5,5 metara. Za daljnje napredovanje potrebno ukloniti organski materijal nanesen s površine.



Mačkova špilja

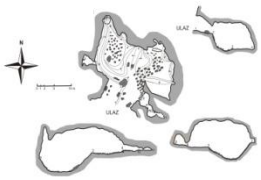
Sinonim: Velika špilja

Lokacija: Veliki Goranec

Masiv: Ravna gora

Vrsta objekta: špilja

Otpad: NE



Opis: Špilja dužine 25 metara, druga po veličini na području Varaždinske županije. Špilja predstavlja tipski lokalitet špiljske faune, a u njoj je pronađen i bogat paleontološki materijal.



Matekova polušpilja

Sinonim: -

Lokacija: Kameničko Podgorje

Masiv: Ravna gora

Vrsta objekta: polušpilja

Otpad: NE

Opis: Polušpilja dubine oko 3 metara. Na dnu se nalazi sloj organskog materijala nanesenog s površine, za daljnje napredovanje potrebno ga ukloniti.



Matekova špilja 1

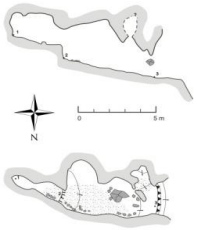
Sinonim: -

Lokacija: Ivanec

Masiv: Ivanščica

Vrsta objekta: špilja

Otpad: NE



Opis: Manja špilja dubine 10 metara, nalazi se ispod Velikog konja na strmini kod Matekovih pećina.



Matekova špilja 2

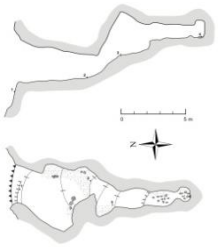
Sinonim: -

Lokacija: Ivanec

Masiv: Ivanščica

Vrsta objekta: špilja

Otpad: NE



Opis: Špilja dužine 14 metara, nalazi se 20 metara južnije od Matekove špilje 1.



Nova jama u Velikim Vrtanjima

Sinonim: -

Lokacija: Velike Vrtanje

Masiv: Ravna gora

Vrsta objekta: jama

Otpad: NE

Opis: Jama je smještena na rubu dviju vrtača, dubine je 3 metara i nastavlja se u zavinuti kanal u pravcu juga.



Polušpilja Generalski stol

Sinonim: -

Lokacija: Generalski stol, Lepoglava

Masiv: Ivanščica

Vrsta objekta: polušpilja

Otpad: NE

Opis: Polušpilja dubine 3 metara, nalazi se na stijeni ispod špilje Generalski stol.



Polušpilja iznad slapa Tam de kobila šči

Sinonim: -

Lokacija: Peščenica Vinička

Masiv: Ravna gora

Vrsta objekta: polušpilja

Otpad: NE

Opis: Polušpilja dubine 3 metara, nalazi se iznad slapa Tam de kobila šči.



Polušpilja Ljubelj

Sinonim: -

Lokacija: Ljubelj Kapelski

Masiv: Kalnik

Vrsta objekta: polušpilja

Otpad: NE

Opis: Polušpilja dubine 3 metara, nalazi se neposredno uz markiranu planinarsku stazu koja vodi na vrh Ljubelj.



Jama pod bregom

Sinonim: -

Lokacija: Očura

Masiv: Ivanščica

Vrsta objekta: jama

Otpad: NE

Opis: Potrebno proširiti ulazni dio, prema padanju kamena jama je dubine do 10 metra.



Ponor na Cimerplacu

Sinonim: -

Lokacija: Cimerplac

Masiv: Ravna gora

Vrsta objekta: jama

Otpad: NE

Opis: Ponor zatrpan ogromnim količinama otpadne zemlje, uvršten u jedan od najvećih potencijala na području Ravne gore.



Rudnik "Kraševski zviri"

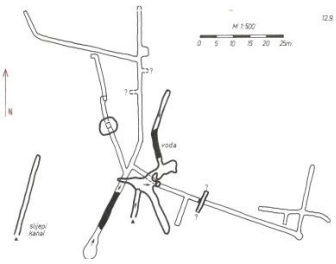
Sinonim: -

Lokacija: Lipovlje

Masiv: Ivanščica

Vrsta objekta: umjetni objekt

Otpad: NE



Opis: Nekadašnji rudnik samsonitha, prostire se na 4 etaže i ukupne duljine 345 metara. Kao rezultat djelovanja vode u rudniku nalazimo brojne kaskade, stalaktite i špiljske bisere.



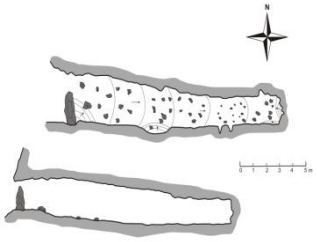
Rudnik Velika Sotinska

Sinonim: -

Lokacija: V. Sotinska

Masiv: Ravna gora

Vrsta objekta: umjetni objekt



Otpad: DA

Opis: Rudnik dužine 18 metara iskopan sredinom 20. stoljeća u svrhu obavljanja istražnih radova. Odložen elektronički i ambalažni otpad.



Skliska polušpilja

Sinonim: -

Lokacija: Lepoglava

Masiv: Ivanščica

Vrsta objekta: polušpilja

Otpad: NE

Opis: Polušpilja dubine 3 metara, za daljnje napredovanje potrebno proširivanje.



Slap i polušpilja Tam de kobila šči

Sinonim: -

Lokacija: Peščenica Vinička

Masiv: Ravna gora

Vrsta objekta: polušpilja

Otpad: NE

Opis: Polušpilja dubine oko 4 metara preko koje teće slap. Izvor neposredno iznad polušpilje a tok se nastavlja u rijeku Plitvicu.



Sveti Josip

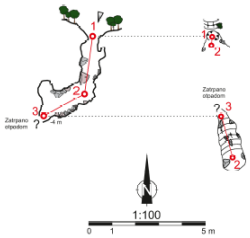
Sinonim: -

Lokacija: Sveti Josip

Masiv: Ravna gora

Vrsta objekta: jama

Otpad: DA



Opis: Jama dubine 5,2 metra na čijem dnu se nalazi sloj komunalnog otpada nepoznate debljine, dio sanitran u prijašnjim akcijama.



Šincekova špilja

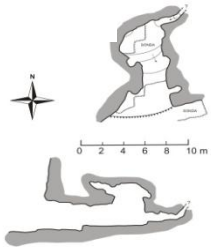
Sinonim: Vinica špilja

Lokacija: Peščenica Vinička

Masiv: Ravna gora

Vrsta objekta: špilja

Otpad: NE



Opis: Špilja duljine 10 metara, zaštićeno kulturno dobro Republik Hrvatske i paleontološki lokalitet.



Škedenj špilja

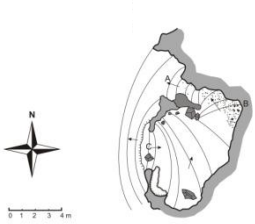
Sinonim: -

Lokacija: Žarovnica

Masiv: Ravna gora

Vrsta objekta: špilja

Otpad: NE



Opis: Špilja s dva ulaza, dubine 6 metara koja završavam dvoranom širine 10 metara. Potencijalno paleontološko/ arheološko nalazište.



Školjkača

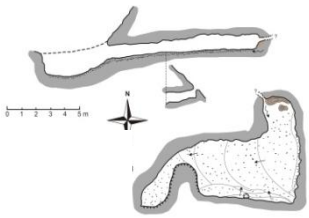
Sinonim: -

Lokacija: Peščenica Vinička

Masiv: Ravna gora

Vrsta objekta: špilja

Otpad: NE



Opis: Niska špilja dužine 10 metara, nađeni fosili školjaka. Špilja je ujedno i povremeni izvor.



Špilja Generalski stol

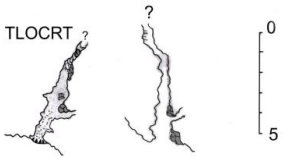
Sinonim: -

Lokacija: Lepoglava

Masiv: Ivanščica

Vrsta objekta: špilja

Otpad: NE



Opis: Niska i jednostavna špilja duljine 5,2 metra.



Špilja kod Dobre vode

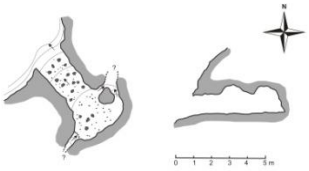
Sinonim: -

Lokacija: Žarovnica

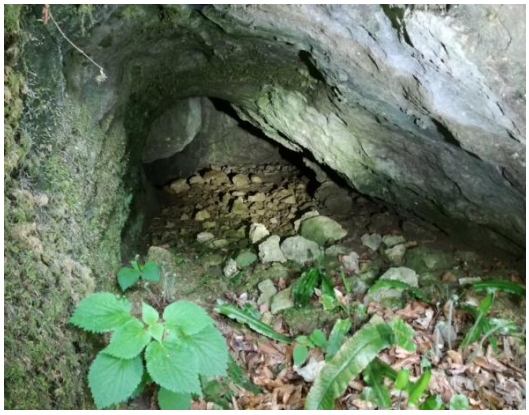
Masiv: Ravna gora

Vrsta objekta: špilja

Otpad: NE



Opis: Jednostavna špilja duljine 6 metara, povremeno protočna, mogući fosilni izvor.



Špilja Kukelj 1

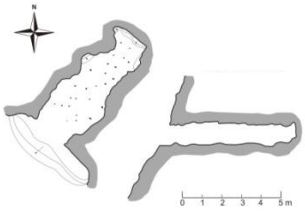
Sinonim: -

Lokacija: Galinci

Masiv: Ravna gora

Vrsta objekta: špilja

Otpad: NE



Opis: Jednostavna špilja duljine 6 metara, nalazi se na zapadnoj padini vrha Kukelj.



Špilja Kukelj sjever

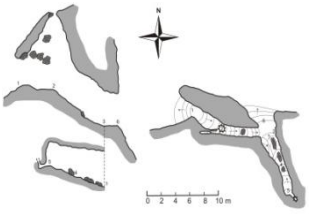
Sinonim: -

Lokacija: Galinci

Masiv: Ravna gora

Vrsta objekta: špilja

Otpad: NE



Opis: Špilja u podnožju stijene s dva kanala ukupne duljine 22 metara. Nađeni fosili školjaka.



Špilja pod bregom

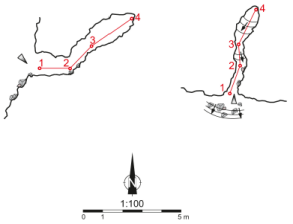
Sinonim: -

Lokacija: Očura

Masiv: Ivanščica

Vrsta objekta: špilja

Otpad: NE



Opis: Jednostavna špilja duljine 5,7 metara.



Špilja pod Butinom

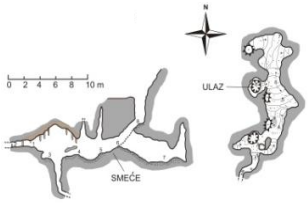
Sinonim: -

Lokacija: Klenovnik

Masiv: Ravna gora

Vrsta objekta: špilja

Otpad: DA



Opis: Špilja s jamskim ulazom zatrpanim smećem, za ulazak potrebno ukloniti otpad i organski materijal. Prema prethodnim istraživanjima špilja je 10 metara duboka i 20 dugačka, zasigirana i ispunjena otpadom.



Špilja pod Špicom

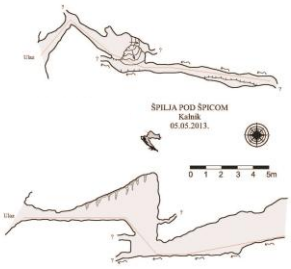
Sinonim: -

Lokacija: Ljubelj
Kapelski

Masiv: Kalnik

Vrsta objekta: špilja

Otpad: NE



Opis: Špilja duljine 18 metara s aktivnim vodenim tokom.



Špilja Šumec

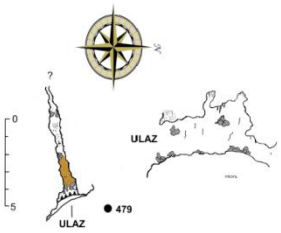
Sinonim: -

Lokacija: Lepoglava

Masiv: Ivanščica

Vrsta objekta: špilja

Otpad: NE



Opis: Uska špilja duljine 6 metara. Za daljnje napredovanje potrebno proširiti objekt.



Špilja u Bukevju

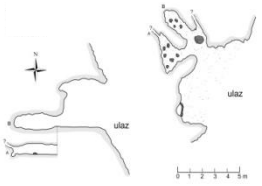
Sinonim: Špilja pod Babinim goricom

Lokacija: Babine Gorice

Masiv: Ivanščica

Vrsta objekta: špilja

Otpad: NE



Opis: Špilja duljine metara nastala u stijeni od tufa, erodirao ju potok koji dana teće ispod špilje.



Špilja uz cestu u Velikim Vrtanjima

Sinonim: -

Lokacija: Velike Vrtanje

Masiv: Ravna gora

Vrsta objekta: polušpilja

Otpad: NE

Opis: Špilja duljine nekoliko metara koja se otvorila prilikom probijanja ceste, potrebno ukloniti organski materijal s ulaz.



Toplička špilja

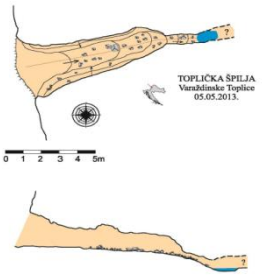
Sinonim: -

Lokacija: V. Toplice

Masiv: Varaždinsko topličko gorje

Vrsta objekta: špilja

Otpad: NE



Opis: Špilja duljine 10 metara. Na kraju se nalazi nakapnica s vodom, a kanal se nastavlja u nisku neprolaznu pukotinu.



Trafter

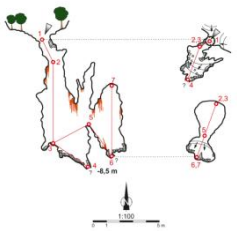
Sinonim: -

Lokacija: Veliki Goranec

Masiv: Ravna gora

Vrsta objekta: jama

Otpad: NE



Opis: Jama dubine 8,5 metara s malim ulaznim otvorom, obzirom da se nalazi neposredno uz šumsku stazu prijeti opasnost od pada prolaznika i životinja.



Velika špilja

Sinonim: -

Lokacija: Rucki gubec, Pokojec

Masiv: Ivanščica

Vrsta objekta: špilja

Otpad: NE

Opis: Špilja dimenzija 15x10 metara, smještena u rasjednoj pukotini u zapadnom dijelu Ruckog gupca s teškim i strmim pristupom.



Vihra špilja

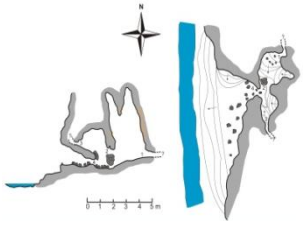
Sinonim: -

Lokacija: Žarovnica

Masiv: Ravna gora

Vrsta objekta: špilja

Otpad: NE



Opis: Zasigirana špilja duljina 10 metara koja završava okomitom dvoranicom. Špilja je povremeni izvor, ispod špilje s druge strane obale nalazi se izvor.



Vila jama

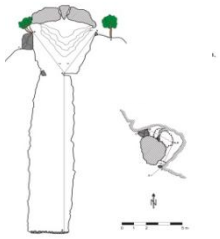
Sinonim: -

Lokacija: Pintarići

Masiv: Ravna gora

Vrsta objekta: jama

Otpad: NE



Opis: Prostrana jama dubine 20 metara, jedna od najdubljih jama u Varaždinskoj županiji.



Vindija

Sinonim: Križnjakova špilja

Lokacija: Donja Voća

Masiv: Ravna gora

Vrsta objekta: špilja

Otpad: NE

Opis: Jednostavna špilja duljine 45 metara. Jedno od značajnijih paleontoloških nalazišta u Europi, geomorfološki spomenik prirode.



Voska luknja

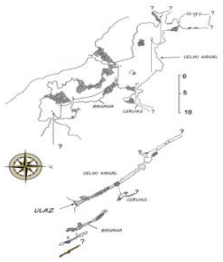
Sinonim: -

Lokacija: Lepoglava

Masiv: Ivanščica

Vrsta objekta: Jama

Otpad: Ne



Opis: Iznimno uska jama dubine 38,2 metra, najširi dio iznosi 70 centimetra. Za daljnje napredovanje potrebno proširiti objekt.



Voska špilja

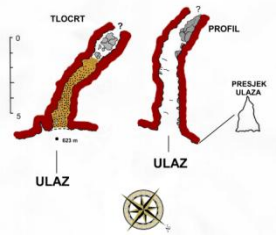
Sinonim: -

Lokacija: Lepoglava

Masiv: Ivanščica

Vrsta objekta: špilja

Otpad: NE



Opis: Uska špilja duljine 7,4 metara koja se nalazi iznad jame Voska luknja. Postoji perspektiva nastavka, potrebno proširiti objekt.



Vranjka jama

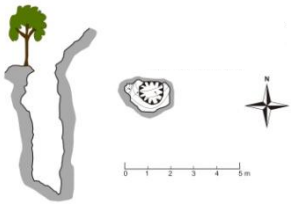
Sinonim: -

Lokacija: Kameničko Podgorje

Masiv: Ravna gora

Vrsta objekta: jama

Otpad: NE



Opis: Jednostavna jama dubine 6 m. Na dno se nalazi slog organskog materijala nanesenog s površine.



Zdenac pri Ciglaru

Sinonim: Dopolanjščica

Lokacija: Klenovnik

Masiv: Ravna gora

Vrsta objekta: špilja

Otpad: NE





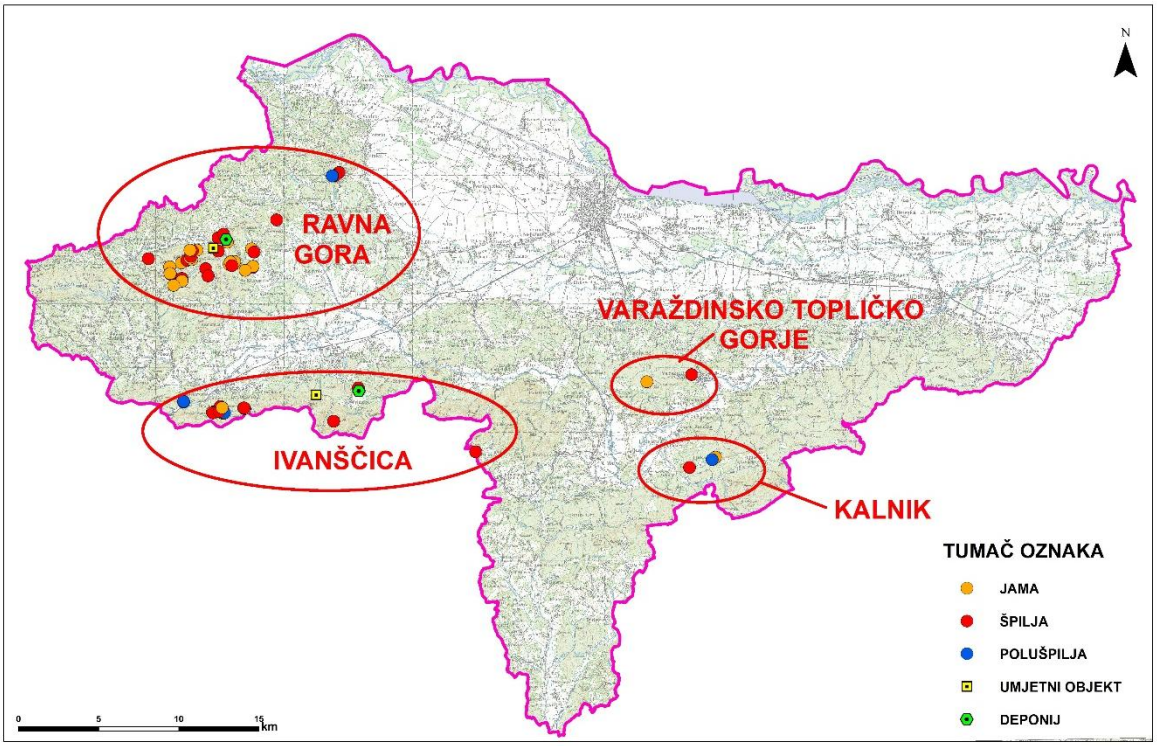
Opis: Špilja ukupne dužine 35 metara, s povremenim vodenim tokom.



6. REZULTATI I RASPRAVA

6.1. Rasprostranjenost speleoloških objekata

Podaci s terenskih istraživanja objedinjeni su u GIS bazi podataka, a položaj speleoloških objekata prikazan je na topografskoj karti mjerila 1:100 000 (Karta 2).



Karta 2. Prikaz istraženih speleoloških objekata s topografskom podlogom

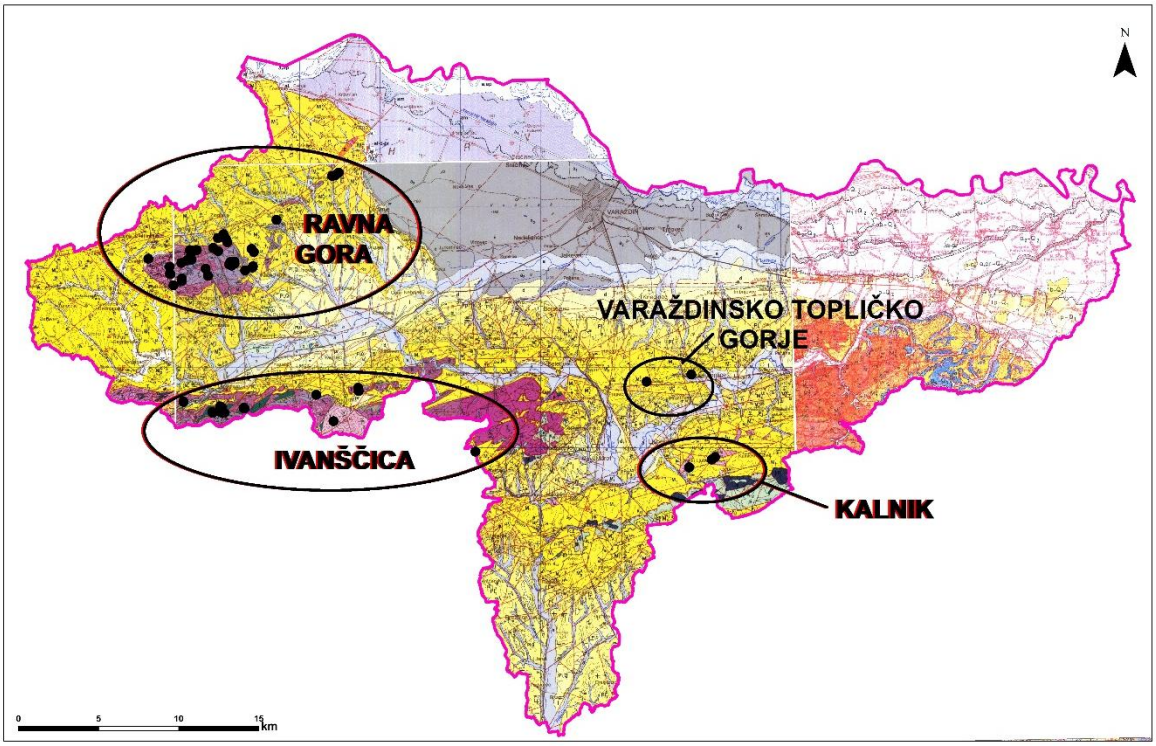
Vidljivo je da se najviše istraženih objekata nalazi na planinskom masivu Ravna gora, zatim slijede masivi Ivanščica, Kalnik i Varaždinsko topličko gorje (Tablica 1).

Tablica 1. Zastupljenost speleoloških objekata prema planinskom masivu

Planinski masiv	Broj objekata	Udio (%)
Ravna gora	39	64
Ivanščica	17	28
Kalnik	3	5
Varaždinsko topličko gorje	2	3
Ukupno:	**61**	**100**

Ravna gora proteže se u Varaždinskoj županiji cijelim svojim masivom, dok se masiv Ivanščice nalazi na sjecištu Varaždinske i Krapinsko zagorske, a Kalnik na sjecištu Varaždinske i Koprivničko križevačke županije. Stoga, Ravna gora ima najveći udio istraženih objekata u Varaždinskoj županiji, dok speleološki objekti pod teritorijalnim jedinicama ostalih županija na masivima Ivanščice i Kalnika nisu obrađivani.

Prostorni razmještaj speleoloških objekata poklapa se s prostiranjem izoliranog krša u Varaždinskoj županiji. Da bi se to što je moguće bolje ilustriralo položaj objekata prikazan je i na geološkoj podlozi i to Osnovnoj geološkoj karti mjerila 1:100 000, a korišteni su listovi: Čakovec (Mioč i Marković, 1998), Varaždin (Šimunić i sur., 1982), Rogatec (Aničić i Juriša 1985) i Koprivnica (Šimunić i sur., 1994) (Karta 3).



Karta 3. Prostorni razmještaj speleoloških objekata na geološkoj podlozi

Na karti 3 jasno je vidljivo da su svi speleološki objekti smješteni na vrstama stijena na karti prikazani ljubičastom bojom, što odgovara karbonatnim stijenama, tj. stijenama u kojima se formiraju krški geomorfološki oblici.

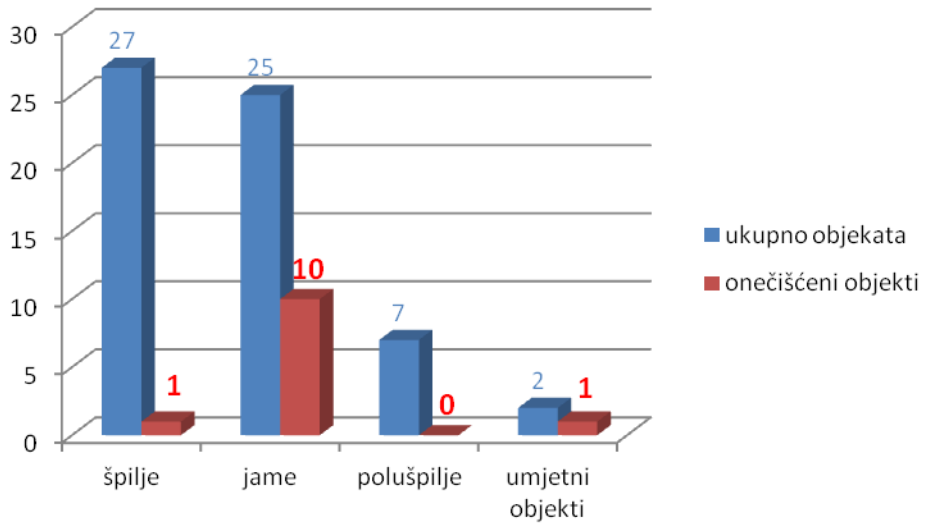
6.2. Onečišćenost speleoloških objekata

Od 61 speleološkog objekta, u njih 12 se nalazi divlje odlagalište otpada. Najčešće je to komunalni otpad, plastična i staklena ambalaža, električni otpad, strvine i slično (Slika 9). Unaprjeđenje sustava prikupljanja komunalnog otpada, otkup ambalaže i edukacija doprinijelo je smanjenju divljih deponija, no iste je prema Planu gospodarenja otpadom za razdoblje 2017.-2022. (NN 03/2017) godine potrebno sanirati od strane nadležnih jedinica lokalne samouprave do 2020. godine kako bi se podzemni objekti i život u njima vratili u prijašnje stanje.



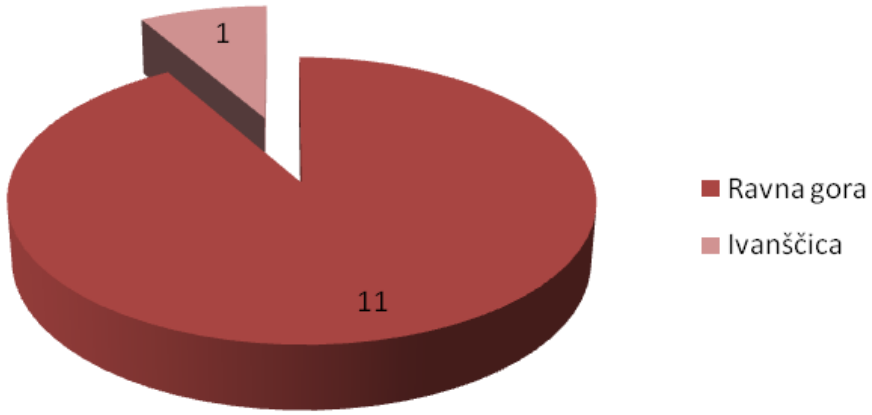
Slika 9. Prikaz divljih odlagališta otpada u speleološkim objektima

Divlja odlagališta otpada prvenstveno su zastupljena u jama, u mračnim dubinama podzemlja gdje nisu vidljiva oku. Osim jama, odlagališta su prisutna u špiljama (Špilja pod Butinom) i u umjetno stvorenom podzemnom objektu (rudnik Velika Sotinska). (Graf 2)



Graf 2. Prikaz zastupljenosti divljih odlagališta otpada prema vrsti objekta

Divlja odlagališta u podzemlju najzastupljenija su na planinskom masivu Ravna gora, 11/12 objekata, dok se samo jedan onečišćeni speleološki objekt nalazi na području Ivanščice. Ravna gora sa svojih 680 metara nadmorske visine, i mnoštvom povezanih šumskih puteva te maloj udaljenosti do najbližih naseljenih mjesta mnogo je pristupačnija od Ivanščice. Po toj logici dostupnosti, lokalnom stanovništvu je puno lakše približiti se speleološkim objektima Ravne gore što je rezultiralo većim brojem divljih odlagališta u podzemlju tog masiva (Graf 3).



Graf 3. Prikaz zastupljenosti divljih odlagališta u podzemlju prema planinskom masivu

U sklopu terenskog istraživanja evidentirana su 2 divlja odlagališta otpada van speleoloških objekata, koordinate su pohranjene, a podaci će biti proslijeđeni u urede jedinica lokalne samouprave koje su nadležne za sanaciju lokacija onečišćenim otpadom odbačenih u okoliš. Prema Planu gospodarenja otpadom za razdoblje 2017.-2022. (NN 03/2017) te lokacije potrebno je sanirati do kraja 2020. godine.

Oba odlagališta nalaze se neposredno uz šumsku cestu i to u Prigorcu – Babine gorice i u Donjoj Višnjici - selo Galinci, sjeveroistočna strana vrha Kukelj. Na divljem odlagalištu u Babinim goricama nalazi se komunalni otpad, otpadna ambalaža, željezo – štednja, bačve nepoznatog sadržaja i slično. U Galincima je odložen građevinski materijal i najlonska ambalaža, otpad nastao preuređenjem stambenog objekta (Slika 10).



Slika 10. Divlje odlagalište otpada u Babinim goricama (lijevo) i u selu Galinci (desno)

Dodatnu zabrinutost predstavlja činjenica da ispod divljeg odlagališta otpada u Babinim goricama teće potok koji izvire poviše smetlišta. Oborinske vode ga ispiru i onečišćenje završava u potoku koji svoj tok nastavlja prema naseljenim mjestima, čime predstavlja opasnost za područje puno šire od same lokacije.

Zajednički problem je niska svijest stanovništva o pravim razmjerima štetnog utjecaja divljih odlagališta na okoliš. Vrlo često na već saniranim lokacijama, bilo podzemni objektima ili površinama, događa se ponovno odlaganje otpada, stoga je paralelno uz aktivnosti sanacije potrebno vršiti edukaciju stanovništva s ciljem

odgovarajućeg postupanja s otpadom, u prvom redu smanjivanjem količina otpada njegovom ponovnom upotrebom, ili pak sortiranjem i u krajnjem slučaju propisnim odlaganjem na za to određena mjesta.

Prve promocije učinkovitog gospodarenja otpadom započele su razvitkom odvojenog sakupljanja krajem osamdesetih godina prošlog stoljeća. Dokazano je da se motiviranost građana postiže dobro osmišljenim sinergenijskim povezivanjem dvije mjere : novčanim poticanjem i kažnjavanjem te edukacijom i dobrom komunikacijom. (Algebra)

Oslanjanje na samo jednu od tih mjera ne jamči dugoročno održivo gospodarenje komunalnim otpadom. Koliko god se upozoravalo na neodgovorno postupanje s komunalnim otpadom, to nije dovoljno. U cijeloj Republici Hrvatskoj provodi se neka vrsta promotivne akcije učinkovitog gospodarenja otpadom. Međutim, sasvim je sigurno da treba organizirati daleko više takvih aktivnosti, kao efikasnih programa za smanjenje odnosno prevenciju bacanja otpada u prirodu i saniranja divljih odlagališta.

6.3. Rezultati laboratorijskih analiza

Prilikom terenskog istraživanja utvrđena su dva hidrološki aktivna podzemna objekta: rudnik Kraševski zviri i Cerjanska špilja gdje su obavljena ispitivanja fizikalno kemijskih pokazatelja kvalitete vode. Dobiveni rezultati uspoređeni su s maksimalno dozvoljenim koncentracijama (MDK*) prema Pravilniku o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (NN 141/2014). U tablici 2 prikazani su rezultati analiza nefiltriranih vodenih uzoraka, a u tablici 3 rezultati analize filtriranih vodenih uzoraka u kojima je analiziran sadržaj teških metala. U navedenim objektima, ni u blizini istih, nema recentnog onečišćenja, stoga nije rađena mikrobiološka analiza.

Oznaka < DL označava koncentracije koje su manje od granica određivanja elemenata pojedinom tehnikom i metodom (eng. detection limit).

Iz priloženih tablica vidljivo je da su izmjereni pokazatelji po svim točkama unutar maksimalno dozvoljenih koncentracija, odnosno zadovoljavaju fizikalno kemijske uvjete vode za piće u oba objekta. Nešto veći udio kalcijevog karbonata ide u prilog geološkom sastavu podloge u kojoj se objekti nalaze.

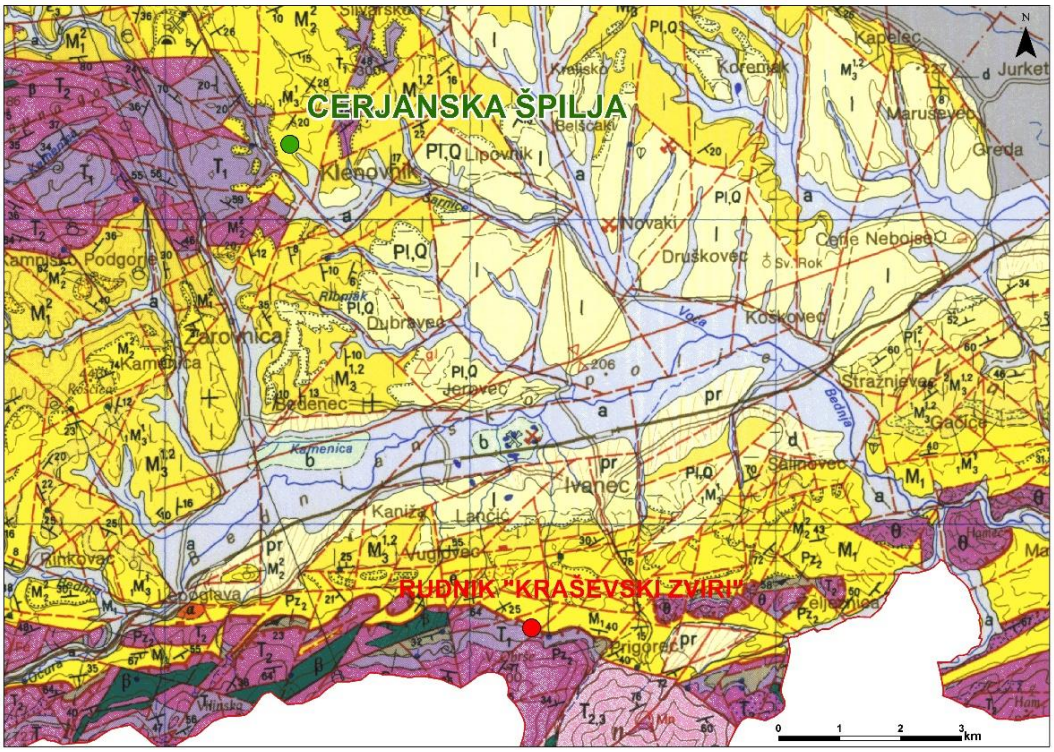
Tablica 2. Rezultati analiza nefiltriranih vodenih uzoraka

Pokazatelj	Rudnik Kraševski zviri	Cerjanska špilja	MDK*
Temperatura [°C]	11,5	10,7	-
Koncentracija vodikovih iona [pH jedinica]	7,44	7,15	4,5-9,5
Elektrovodljivost [µS/cm]	490,25	482	2500 µS/cm /20 °C
Kisik [O_2 mg/l]	9,33	8,41	-
TOC [C mg/L]	0,64	2,99	-
DOC [C mg/L]	0,39	2,481	-
Alkalitet [mg/L $CaCO_3$]	187,2	194,4	-
KPK - Utrošak $KMnO_4$ [O_2 mg/L]	2,24	3,42	5
Sulfati [SO_4^{2-} mg/L]	9	9	250
Kloridi [Cl^- mg/L]	0,7	6,2	250
Fosfati [PO_4^{3-} mg/L]	0,06	0,14	0,3
Sulfidi [S^{2-} µg/L]	< DL	< DL	-
Nitriti [NO_2-N µg/L]	0,004	0,005	0,5
Amonij [NH_3-N mg/L]	0,01	0,04	0,5
Nitrati [NO_3-N mg/L]	< DL	4	50

Tablica 3. Rezultati analiza filtriranih vodenih uzoraka

Pokazatelj	Rudnik Kraševski zviri	Cerjanska špilja	MDK*
Cu [mg/L]	< DL	< DL	2
Zn [mg/L]	0,092	0,11	3
Cr [mg/L]	0,043	0,038	0,05
Ca [mg/L]	42,3	42,14	-
Mg [mg/L]	6,7	0,4	-
Fe [mg/L]	0,05	0,16	0,2
Mn [mg/L]	< DL	< DL	0,05
Na [mg/L]	1,11	8,64	200
K [mg/L]	0,36	7,88	12
Pb [µg/L]	1,13	0,17	10
Ni [µg/L]	0,79	0,98	20
As [µg/L]	3,872	9,01	10

Rudnik Kraševski zviri (Karta 4) nalazi se na sjevernim obroncima Ivanščice u karbonatno - pješčenjačkoj stijeni donjeg trijasa (T_1), koju karakterizira izmjena vapnenaca, dolomita i pješčenjaka u čijem sastavu prevladava kalcij, magnezij i karbonati ($CaCO_3$ x $MgCO_3$) koji se otapa i dospijeva u podzemnu vodu. Cerjanska špilja se nalazi na rubnom dijelu Ravne Gore u laporovitim vapnencima, vapnovitim laporima i laporima sarmatske starosti ($_1M_3^1$) (Šimunić i sur., 1982). Na taj se način može objasniti zašto je u vodenom mediju Rudnika zastupljena i do 17 puta veća koncentracija magnezija nego u Cerjanskoj špilji, a koncentracija kalcija približno jednaka u oba objekta.



Karta 4. Detanji prikaz smještaja hidrološki aktivnih speleoloških objekata

Osim ovih pokazatelja potrebno se osvrnuti i na izmjerene vrijednosti ukupnog i otopljenog ugljika. Naime, u Cerjanskoj špilji izmjerena je do 5 puta veća koncentracija ugljika nego u Rudniku. To se može protumačiti činjenicom da je Cerjanska špilja speleološki objekt s jednostavnim ulazom u razini terena. U vodi koja prekriva dno same špilje i slobodno istječe van primijećeni su različiti organizmi: punoglavci, puževi, daždevnjaci i slično, dok je Rudnik umjetno iskopana dvorana s vertikalnim pristupom, potpuno u mraku i mnogo manjom prisutnošću živih organizama..

U Cerjanskoj špilji također je izmjerena 7 puta veća koncentracija natrija, 24 puta veća koncentracija kalija te 2,5 puta veća koncentracija arsena nego što je izmjereno u Rudniku na Ivanščici. Iako se radi o vrlo malim količinama, koje ni u kom slučaju ne ukazuju na onečišćenja, ipak bi se moglo dati tumačenje da se iznad same Cerjanske špilje nalaze obrađene poljoprivredne površine. Naravno, radi se o malim obiteljskim oranicama, koje zasad nisu nikakva prijetnja, ali ukoliko bi se dokazalo da nešto veće koncentracije pojedinih pokazatelja potječu upravo od toga, trebalo bi pojačati oprez.

7. ZAKLJUČAK

U sklopu izrade diplomskog rada posjećeno je i istraženo 59 speleoloških objekata i 2 umjetno stvorena podzemna objekta na području Varaždinske županije. Najviše speleoloških objekata su špilje – 27 objekata, zatim slijede jame – 25 objekata i polušpilje – 7 objekata. Krško područje Varaždinske županije čini izdvojeni, osamljeni krš koji nije poznat po brojnim i velikim speleološkim objektima, no oni zato nisu manje važni. Speleološki objekti kao specifični krški oblici predstavljaju iznimnu vrijednost bez obzira na njihovu zastupljenost i veličinu, a pretpostavlja se da bi detaljnijim istraživanjima njihov broj mogao biti mnogo veći od trenutno poznatog.

Najviše speleoloških objekata u Varaždinskoj županiji, čak 64 %, nalazi se na planinskom masivu Ravna gora što je rezultat protezanja administrativnih granica županije. Ravna gora proteže se unutar županije cijelim svojim masivom, dok se Ivanščica i Kalnik nalaze na sjecištima granica županija.

Neugodni prizori s divljim odlagalištima otpada pronađeni su u 12 objekata ili 20% istraženih objekata. Prema vrsti objekta, najviše odlagališta (10/12) nalaze se u jamama, mračnim dubinama podzemlja gdje nisu vidljiva ljudskom oku, a problem otpada prividno je riješen. Divlja odlagališta u podzemlju najzastupljenija su na planinskom masivu Ravna gora, 11/12 objekata, dok se samo jedan onečišćeni speleološki objekt nalazi na području Ivanščice. Glavni razlog je prometna pristupačnost Ravne gore, koja je sa svojih 680 metara nadmorske visine prošarana šumskim putevima te se na tom dijelu lakše približiti podzemnim objektima i odložiti otpad. U sklopu terenskog istraživanja evidentirana su i 2 nadzemna odlagališta.

U rudniku Kraševski zviri na Ivanščici i Cerjanskoj špilji na rubnom dijelu Ravne gore rađena su ispitivanja fizikalno kemijskih pokazatelja kvalitete vode. Svi rezultati nalaze se unutar maksimalno dozvoljenih koncentracija sukladno Pravilniku o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (NN 141/2014). Da bi se voda mogla ocijeniti kao voda za piće potrebno je provesti i mikrobiološku analizu koja u navedenim objektima nije izvršena s obzirom na to da nije pronađeno recentno onečišćenje.

Podatke o svim divljim smetlištima potrebno je sortirati i proslijediti nadležnim jedinicama lokalne samouprave koju su prema Planu gospodarenja otpadom (NN 03/2017) nadležne za sanaciju istih. Osim toga, rezultati diplomskog rada mogu se koristiti za edukaciju stanovništva o štetnosti divljih odlagališta objavom novinskih članaka, izradom edukativnih materijala, prezentiranjem problematike otpada u osnovnim i srednjim školama i slično.

Prepoznavanje štetnosti otpada tek je prvi korak u rješavanju problema divljih deponija u krškom podzemlju. Edukacijom stanovništva potrebno je zaustaviti divlje odlaganje otpada. Uz provođenje sustavne edukacije nužno je što prije sanirati divlja smetlišta koji ugrožavaju živi svijet podzemlja i onečišćuju podzemne vode. To nije problem samo Varaždinske županije, već čitave Republike Hrvatske čiju polovicu državnog teritorija izgrađuju okršene karbonatne stijene. Ali problem se može sagledati i mnogo šire od granica naše domovine te proglasiti globalnim problemom krških područja. S ovim problemom susreću se, kako slabije razvijena područja i države, tako i ona za koja smatramo da njihovo stanovništvo ima puno razvijeniju ekološku svijest. Svaki čovjek trebao bi postati svjestan da odbacivanjem otpada izvan svog vidokruga ili u mračno podzemlje ne rješava problem otpada nego ga potencira te time izravno ugrožava vlastito zdravlje kao i zdravlje svojih bližnjih.

8. LITERATURA

Algebra: *„Divlje“ odlagalište rezultat je „divljih“ ljudi.* [Online]. Dostupno: http://gospodarenjeotpadom.hr/kakvo-je-stanje-sa-divljim-odlagalistima-otpada-koliko-su-ona-prisutna-na-koji-se-nacin-saniraju-te-tko-i-na-koji-nacin-gospodari-prikupljenim/-otpadom/ [07.06.2017]

Aničić, B. i Juriša, M. (1985): Osnovna geološka karta M 1 : 100 000. List Rogatec, L 33-68. Karta i Tumač. Beograd: Savezni geološki zavod.

APHA (American Public Health Association), American Water Works Association and Water Environment Federation (2005): Standard methods for the examination of water and wastewater. 21st ed. Washington, DC: American Public Health Association.

Božičević S. (2000): Kamen i voda. Zagreb: Dipl.ing. Sakib Topić.

Čisto podzemlje [Online]. Dostupno: http://cistopodzemlje.info/ [03.05.2017.]

Državni zavod za zaštitu prirode: Katastar speleoloških objekata Republike Hrvatske. [Online]. Dostupno: http://www.dzzp.hr/geobastina/katastar-speleoloskih-objekata-republike-hrvatske/katastar-speleoloskih-objekata-republike-hrvatske-1500.html [05.06.2017.]

Hrvatski speleološki poslužitelj (2011): Zbornik radova. Zagreb: Speleološko društvo Velebit.

Loborec J., Kapelj S., Novak H. (2015): Analiza opasnosti od onečišćenja podzemnih voda u kršu na primjeru sliva izvora Jadro i Žrnovica. *Građevinar*. 67, pp. 1093-1103.

Matas M. (2009): Krš Hrvatske – geografski pregled i značenje. Split: Geografsko društvo.

Matišić, T. (2012): Speleološki objekti Ivanščice na području Lepoglave. *Ivanečka škrinjica.* Broj 8. pp. 16-47.

Mioč, P. i Marković, S. (1998): Osnovna geološka karta M 1 : 100 000. List Čakovec, L 33-57. Karta i Tumač. Institut za geološka istraživanja, Zagreb i Inštitut za geologijo, geotehniko in geofiziko, Ljubljana.

Odluka o donošenju Plana gospodarenja otpadom Republike Hrvatske za razdoblje 2017.-2022. godine (2017.). Narodne novine. Broj 3. [03.06.2017.]

Ozimec R., Šincek D. (2009): Speleološki objekti Ravne gore i njihov značaj. Varaždin: HAZU – Zavod za znanstveni rad.

Ozimec R., Šincek D. (2011): Speleološki objekti planinskih masiva SZ Hrvatske. Varaždin: HAZU – Zavod za znanstveni rad.

Ozimec R., Basara D., Šincek D. (2013): Speleološki i biospeleološki katastar Kalnika i Varaždinsko – topličkog gorja. Zagreb: Društvo za istraživanje i očuvanje prirodoslovne raznolikosti Hrvatske.

Ozimec R., Šincek D., Bedek J., Lukić M. (2008): Završni izvještaj projekta Izrada speleološkog i biospeleološkog katastra Ravne gore. Zagreb: Hrvatsko biospeleološko društvo.

Ozimec R., Šincek D., Pavlek, M., Bedek J., Lukić M. (2008): Speleološki i biospeleološki katastar Ivanščice i dopuna biospeleološkog katastra Ravne gore. Zagreb: Hrvatsko biospeleološko društvo.

Pravilnik o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (2014). Narodne novine. Broj 141. [21.05.2017.]

Šimunić, A., Hećimović, I., Avanić, R. (1994): Osnovna geološka karta M 1 : 100 000. List Koprivnica. Zagreb: Institut za geološka istraživanja.

Šimunić, A., Pikija, M., Hećimović, I. (1982): Osnovna geološka karta M 1 : 100 000. List Varaždin, L 33-69. Karta i Tumač. Zagreb: Arhiv Hrvatskog geološkog instituta.

Tepeš, P. (2011): Laboratorijske vježbe iz analitičke kemije okoliša. Varaždin: Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet Varaždin.

Zakon o zaštiti prirode (2013). Narodne novine. Broj 80. [03.06.2017.]

9. POPIS SLIKA, TABLICA, GRAFIKONA I KARTA

POPIS SLIKA:

Slika 1. Prikaz nastanka speleoloških objekata u krškom području 2
Slika 2. Prikaz prijenosa onečišćenja u kršu i speleološkim objektima.....5
Slika 3. Puščansko streljivo izvađeno iz špilje Generalka (iz: Matišić, 2012) 7
Slika 4. Prikaz opreme potrebne za ulazak u speleološki objekt 10
Slika 5. Prikaz terenskih mjerenja i pripreme uzorka 11
Slika 6. UV/VIS spektrofotometar tvrtke HACH LANGE 12
Slika 7. Atomski spektrometar tvrtke Perkin Elmer Analyst 800.....15
Slika 8. TOC analizator tvrtke Shimadzu 17
Slika 9. Prikaz divljih odlagališta otpada u speleološkim objektima 38
Slika 10. Divlje odlagalište otpada u Babinim goricama (lijevo) i u selu Galinci (desno) ..40

POPIS TABLICA:

Tablica 1. Zastupljenost speleoloških objekata prema planinskom masivu 36
Tablica 2. Rezultati analiza nefiltriranih vodenih uzoraka 42
Tablica 3. Rezultati analiza filtriranih vodenih uzoraka.....43

POPIS GRAFIKONA:

Graf 1. Posjećeni i obrađeni speleološki objekti.....19
Graf 2. Prikaz zastupljenosti divljih odlagališta otpada prema vrsti objekta.....39
Graf 3. Prikaz zastupljenosti divljih odlagališta u podzemlju prema planinskom masivu ...39

POPIS KARTA:

Karta 1. Pojednostavljena karta krških geotektonskih jedinica Hrvatske (iz: Ozimec i Šincek, 2011.) 4
Karta 2. Prikaz istraženih speleoloških objekata s topografskom podlogom 36
Karta 3. Prostorni razmještaj speleoloških objekata na geološkoj podlozi....37
Karta 4. Detanji prikaz smještaja hidrološki aktivnih speleoloških objekata 44