

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2016/17



ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	Z6-5568
Naslov projekta	Ogljikov cikel na krasu - kvantitativna fizično-geografska opredelitev za različne podnebno-reliefne tipe Slovenije
Vodja projekta	25648 Mitja Prelovšek
Tip projekta	Zt Podoktorski projekt - temeljni
Obseg raziskovalnih ur	3400
Cenovni razred	B
Trajanje projekta	08.2013 - 07.2015
Nosilna raziskovalna organizacija	618 Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	6 HUMANISTIKA 6.12 Geografija 6.12.01 Fizična geografija
Družbeno-ekonomski cilj	13.05 Družbene vede - RiR financiran iz drugih virov (ne iz SUF)
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	5 Družbene vede 5.07 Ekonomska in družbena geografija

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

2. Povzetek raziskovalnega projekta¹

SLO

V **ogljikov cikel** na Zemlji se pomembno vključuje tudi kras oz. zakrasevanje, saj je **CO₂** kot nosilec ogljika vključen v proces raztapljanja (nastanek jam, denudacija površja) in odlaganja karbonata (nastanek sigastih oblik in lehnjakovih tvorb). Pri raztapljanju se ogljik porablja kot CO₂ iz atmosfere oz. pedosfere (ponor ogljika), sprošča pa iz apnenca (CaCO₃) oz. dolomita

(CaMg(CO₃)₂), pri odlaganju karbonatov pa obrnjen. Medij prenosa je bodisi voda ali pa zrak. Vpliv je torej kompleksen (povezuje atmosfero, biosfero, hidrosfero, litosfero, posredno preko CO₂ (rast globalnih temperatur) pa nanj vpliva tudi človek), a v teoriji zaradi sistematičnega proučevanja različnih znanstvenih disciplin dobro proučen. Žal je bil v preteklosti pristop velikokrat teoretski, parcialen in zaradi različnih pristopov k proučevanju s strani različnih ved nesistematičen in nepovezan, relevantna primerjava rezultatov pa je zato vprašljiva. Na tem mestu lahko pomembno vlogo odigra (fizična) geografija, ki je sposobna povzetke posameznih študij razumeti, povzeti in jih povezati v konceptualni in kvantificiran model. Vpliv globalnih (klimatskih) in lokalnih (sprememba rabe tal, zmanjševanje skalovitosti površja, modifikacije v turističnih jamah) antropogenih sprememb ter vloga krasa ostaja precej nejasna. Sklepi se prepogosto opirajo na ocene, ne pa na sistematične multiparametrške meritve.

Podoktorski projekt smo usmerili v reševanje zgoraj opisane odprte problematike. Zastavljen je trofazno: **prva faza** obsega splošno kraško bilanco izbranih kraških masivov, **druga faza** razlike znotraj kraških masivov, **tretja faza** pa vpliv antropogenih sprememb na naravni tok ogljika skozi kras in morebitno povratno zanko. Osnova vsega je konceptualni model, ki povzema splošno znanje o toku ogljika skozi kras, nadgradnja ter hkrati največja dodana vrednost projekta pa njegova kvantifikacija (sistematične meritve parametrov okolja ter procesov). Oboje skupaj omogoča modeliranje, saj lahko vsaki spremenljivki (parametru) spremenimo vrednost in vsaj okvirno izrazimo odziv celotnega sistema, konkretno npr. klimatskih sprememb. Klimatska različnost Slovenije in razširjenost krasa preko praktično vseh teh tipov skupaj z zgoščenostjo na razmeroma majhni površini ponuja izjemno možnost proučevanja vpliva posameznih parametrov. Relativna čistost slovenskega krasa, pri čemer mislimo izzetost specifičnih procesov, ki otežujejo proučevanje toka ogljika (npr. raztapljanje z žveplovo kislino), je le še dodana vrednost za čistost in kredibilnost zaključkov.

Nabor **metod dela** obsega pregled obstoječe javno dostopne literature, terenske meritve, laboratorijske meritve in računalniško obdelavo zbranih podatkov.

ANG

Since carbon dioxide (CO₂) is deeply involved in dissolution (formation of caves, karst denudation) and deposition (sinter/flowstone and tufa precipitation) of carbonate rocks, karst and karstification shall be recognized as an important part of **global carbon cycle**. During dissolution, CO₂ is consumed from the atmosphere/soil (carbon sink) and nearly equal amount of carbon is released from limestone (CaCO₃) or dolomite (CaMg(CO₃)₂). During sinter or tufa formation, process is reversed. Common media of transfer is water and air. Despite the fact that interaction is complex of processes relating atmosphere, biosphere, hydrosphere, lithosphere, and also human-induced increase of atmosphere CO₂ levels resulting in increasing global temperature, theoretical knowledge shall be considered as satisfactory. However, approach to the processes and their relations was often too theoretical, partial and because of different perspective and methodology characteristic for each involved scientific discipline unsystematic and dispersed; from this point of view, connection of knowledge is difficult and relevancy questionable. Due to ability of understanding, summarizing, and relating them into conceptual and quantified model, physical geography shall play an important role here. Moreover, role of global (climatic) and local (land use change, cleaning of rocky karst surface, morphologic modifications in show caves) and relation to karst is quite unclear. Conclusions base too often on estimates rather than systematic multiparameter measurements.

Postdoc research project focused on above described opened problems. Research was done in three phases: the **first phase** deal with general carbon flux through karst massifs, **second one** deal with changes inside karst massifs, while the **third one** is related to response to direct and indirect impacts anthropogenically induced through feedback loops. Basis for our research is conceptual model that summarizes general understanding of karst carbon cycle; general purpose and the biggest added value of our research is to quantify processes and factors within it. Advantage of this approach is possibility to model response with changes of controlling variables, e.g. parameters of climate change. Since climate seems to play the most important role in intensity of carbon fluxes on karst, Slovenian karst widespread over very different climate types on relatively small area offers unique opportunity to define role of relevant climatic (and geomorphological) parameters. Important added values of Slovene karst are

relatively pure geochemical processes related to CO₂-CaCO₃ system in the absence of other processes (e.g., sulfur acid dissolution) that complicate interpretation of measurements.

Research methodology consists of published literature review, field work, work in laboratory and computed-supported interpretation of gathered data.

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu²

Na osnovi dostopne literature smo uvodoma oblikovali pregleden konceptualen model kroženja ogljika na krasu, pri čemer smo se osredotočili na njegovo bistveno komponento, to je raztopljeni anorganski ogljik. Izpostavili smo okolja, kjer prihaja do največjih sprememb, to je na interakciji prsti in kamninske podlage, v kraških jamah in na kraških izviroh. Opredelili smo mesta potencialnega sprejemanja in izhajanja ogljika preko vode, zraka in kamnine. Predpostavili smo, da na tok v največji meri vplivajo dejavniki teh okolij, človek pa lahko vpliva zlasti na prvega (globalno in lokalno), deloma zadnjega, na srednjega pa večinoma le preko masovnega jamskega turizma, ki terja modifikacijo jamskih rogov.

Pri tem smo izpostavili **dve splošni hipotezi**:

intenziteta toka ogljika skozi kras je variabilna in močno povezana s podnebnimi, v manjši meri pa tudi z reliefnimi tipi, pomembno vlogo pa ima tudi vodostaj, na tok ogljika skozi kras vplivajo tudi klimatske spremembe, odziv krasa nanje pa preko povratne zanke vpliva na spremenjen globalni tok ogljika.

to delo oz. kvantitativne meritve (vzorčenje, analiza terenskih parametrov, laboratorijsko delo in izračun relevantnih fizikalno-kemijskih parametrov) smo opravljali sistematično in za vsa merilna mesta primerljivo. Kjer je bilo relevantno smo se držali ustaljenih in preverjenih metod dela. Kemijske analize smo opravljali po izboljšanjem postopku, in sicer alkalnost s t.i. titracijo po Gran-u, s čemer smo pridobili na točnosti. Zanj in pred terenskimi meritvami kemijskih parametrov smo pH sonde izjemno dobro kalibrirali z dvema vrstama pufrov. Ravnotežno koncentracijo CO₂ v vodi smo izračunali s programom PHREEQC in jo na nekaterih mestih inovativno merili neposredno v vodi preko paroprepustne membrane, znotraj katere je bil nameščen klasični IR senzor. Rezultate smo primerjali in ugotavljali večinoma dobro skladnost. Vzorce pri prenikle vode v kraškem sistemu smo izvajali inovativno, in sicer neposredno na stropu z zbiranjem posameznih kapljic vode z injekcijsko brizgo (100 mL), s čemer smo omejili interakcijo z jamsko atmosfero na minimum. Del analiz (alkalnost, skupna in Ca²⁺ trdota) smo opravljali na terenu in naknadno v laboratoriju in ugotovili manjše odstopanje. Zaradi zamudnosti terenskih meritev in težav pri zagotavljanju čistosti (ilovica v jamskem okolju), temperature okolja in padavin oz. pršenja vode na mesto analize smo jih kasneje večinoma izpuščali. Pogosto uporabljenih hitrih testov zaradi uporabe majhnih vzorcev in spremenljivih svetlobnih pogojev, ki niso v prid kolorimetričnim testom, zaradi zmanjšanje točnosti nismo opravljali. Do sredine marca 2016 smo tako zbrali in obdelali 400 vzorcev vode, in sicer tako iz najglobljih slovenskih jam (-1.240 m), turističnih jam, kraških izvirov, ponorov in padavin.

V okviru **prve faze**, kjer smo kraški masiv obravnavali kot črno skrinjico (»black box«), smo meritve opravljali na praktično vseh večjih kraških izviroh Sloveniji ter z nacionalnega vidika na iztokih vseh večjih kraških rek z ozemlja Republike Slovenije. Povprečja koncentracij anorganskega ogljika si od najvišjih do najnižjih sledijo: Kolpa (3,83 mmol/L), Sava (3,81 mmol/L), Vipava (3,38 mmol/L), Soča (2,78 mmol/L). Kolpa ima visoke vrednosti že na posameznih večjih pritokih (Čabranka-4,43 mmol/L, Bilpa-4,71 mmol/L) in jih obdrži do merilnega mesta Metlika. K vrednostim Save na sotočju pomembno prispeva Krka (4,71 mmol/L), zmanjšuje pa porečje v Julijskih in Kamniško-Savinjskih Alpah. Na manjše vrednosti Vipave vpliva velik delež in višina kraškega zaledja (Nanos, Trnovski gozd), pri Soči še toliko bolj. Ker primerjava koncentracij ogljika s pretokom ne kaže pomembnih odvisnosti, večina anorganskega ogljika zapušča porečje ob višjih vodostajih. Po toku navzdol se zaradi izhajanja CO₂ iz vode odtok anorganskega ogljika z vodo zmanjšuje, zmanjševanje pa blaži nizek strmec in pa predvidoma tudi vodna vegetacija. Izračunana in izmerjena ravnotežna koncentracija CO₂ kaže na tok ogljika iz vode praktično na vseh rekah dolvodno od izvirov-še najmanj na visokogorskih. Raziskave ravnotežnih koncentracij CO₂ na izviroh kažejo ne kažejo pričakovane linearne, ampak na močno izraženo negativno eksponentno rast toka ogljika z

nižanjem nadmorske višine zaledja. Čeprav je variabilnost nadmorskih višin na posameznih vodozbirnih območjih velika, eksponentna korelacijska krivulja seka višino porečij, ki je po oceni blizu povprečni (grafična priloga »*pCO₂-izviri in prenikla voda kraških jam.jpg*«). S tega vidika se zdi vpliv ostalih dejavnikov (npr. skalovitost vodozbirnega območja, delež apnenca in dolomita) močno podrejen. Le dve merilni mesti (zaledje Lebince in Dopulnika pri Naklem) izrazito odstopata-najverjetneje zaradi vodozbirnega območja na konglomeratu, ki je zaradi poroznosti verjetno nadpovprečno prevetren, z nižjo koncentracijo CO₂ v prsti oz. kraškem masivu pa pada tudi anorganski tok ogljika.

Raziskave **druge faze** smo večinoma skoncentrirali v Postojnski jamski sistem, saj je bilo v jamah izjemno težko najti primerna mesta za vzorčevanje (neposredna dostopnost, zadovoljiv pretok, ozko mesto iztekanja z malo interakcije z atmosfero). Z vidika toka ogljika smo ugotovili precej velik razpon, se pa njegovo povprečje močno približa vodam na kraških izvirih s podobno nadmorsko višino, torej opazujemo enak pojav. V povprečju ugotavljamo podoben eksponentni upad koncentracij anorganskega ogljika z nadmorsko višino. Tudi primerjava koncentracije anorganskega ogljika v različni prenikli vodi Postojnske jame kaže na močno soodvisnost s temperaturo prenikle vode, kar verjetno izraža stopnjo biološke aktivnosti v tleh. Variabilnosti preko leta na nekaterih mestih (Lepe jame) praktično ne opazimo, drugod pa je bolj izrazita in indicira sezonsko višje koncentracije CO₂ v epikraški in vadozni coni poleti in podaljšanje povišanih koncentracij proti jeseni. Izhajanje CO₂ iz prenikle vode v kraškem masivu je vezano predvsem na koncentracijo CO₂ v okoliškem zraku. V kraškem masivu izven znanih jamskih rogov jo ocenjujemo podobno kot v nad znanimi jamskimi rovi, saj pri prenikli vodi nismo ugotovili bistvenega odstopanja SI_{Cal} v pozitivni (izhajanje CO₂) ali negativni smeri (vezava CO₂). V jamskih rovih je v splošnem večinoma znatno nižja od prenikle vode, zato sledimo izhajanju CO₂ iz prenikle vode in odlaganju sige, so pa prostorske razlike lahko precej velike (grafična priloga »*Prostorska konc CO₂-Postojnska jama_20141127.jpg*« in »*Prostorska konc CO₂-Postojnska jama_20150203-05.jpg*«). V Renetovem breznu smo od globine -266 m do globine -1.075 m spremljali podzemno prenikanje vode ter z njim majhno, a linearno naraščanje koncentracije anorganskega ogljika iz 1,46 na 1,58 mmol/L. Spodaj ležeči v grobem horizontalni vodni tok pripada drugemu sistemu napajanja (italijanski ledenik?), saj se značilno razlikuje od opazovane prenikle vode, se pa po toku navzdol zaradi dotokov prenikle vode približa slednji. Negativni SI_{Cal} kaže, da poteka raztapljanje oz. tok ogljika iz zraka v vodo tudi ob nizkem vodostaju, in sicer tako pri prenikli vodi kot tudi v generalno horizontalnem toku. V praktično neprezračeni jamah (npr. Gabranca v Košanski dolini) smo ugotovili zelo šibko prehajanje CO₂ iz vode v zrak, ker je slednji s CO₂ že precej blizu ravnotežja v prenikli vodi, kar predstavlja negativno povratno zanko.

Tretjo fazo predstavljaja analiza posledic preteklih in bodočih zunanjih vplivov na tok ogljika skozi kras. Na podlagi močnega podnebne vpliva ugotavljamo močno povezanost razvoja krasa na klimatske spremembe. Višanje temperature se bo generalno gledano zaradi negativne eksponentne povezanosti koncentracij CO₂ z nadmorsko višino najbolj odrazilo v nižjih nadmorskih višinah. Z rastjo povprečne temperature zraka najverjetneje že sedaj poteka sekvestracija ogljika v podzemno vodo, čemur pritrjujejo več deset let dolgo spremljanje trdote prenikle vode v Švici. Masa tovrstnega uskladiščenja ogljika je odvisna od volumna podzemne vode, ki pa je izjemno grobo ocenjen in zaenkrat ne daje možnosti relevantnih izračunov. Glede na to, da opažamo največje trdote vode in največje koncentracije CO₂ v nizkem Dolenjskem in Primorskem krasu, kjer zlasti poletnem obdobju prihaja do izrazitih sušnih obdobj, zmanjšanje količine padavin predvidoma ne bo znižalo koncentracij CO₂ v prenikli vodi, ampak prej povečalo. Lokalno (npr. v Križni jami) lahko zaradi manjšega vpliva prezračevanja pričakujemo zmanjšanje toka ogljika iz vode ter posledično manjšo prirast sige. V Postojnski jami ugotavljamo, da na podoben način vpliva povečan turistični obisk jame, kjer v zimskem času beležimo do 17 % manjši prirast sige ob intenzivnejših obiskih jame, na drugi strani pa se pogoste širitve jamskih vhodov odražajo v obratnem smislu.

Prvo hipotezo smo z vidika vplivov podnebnih tipov na intenziteto toka ogljika potrdili, vpliv morfologije pa zaradi še vedno premajhnega števila vzorcev ne moremo zadovoljivo potrditi. Ob padavinah koncentracija raztopljenega ogljika v vodi dejansko pade, a manj od pričakovanj in ne na vseh mestih enako (nekateri izviri in mesta s kapljajočo vodo kažejo izrazito stabilnost preko celega leta). Pomembno vlogo ima letni čas vzorčenja, kjer igra v nekaterih primerih

pomembno vlogo prezračevanje kraškega masiva, zato so koncentracije anorganskega ogljika v vodi poleti višje od zimskih (torej obratno kot bi pričakovali glede na vegetacijsko sezono).

Druga hipoteza smo uspeli potrditi, pri čemer ugotavljamo pomemben vpliv temperaturnih sprememb zlasti na nižinski kras, kjer se bodo že majhne spremembe v temperaturi odrazile v močno povečanem toku ogljika in njegovem skladiščenju v vodonosniku, v kraških rekah pa pričakujemo intenzivnejšo rast lehnjaka. Vpliv v visokogorju bo ponor ogljika znatno manjši.

Uporaba rezultatov je zaradi več inovativnih metod pristopa široka, pri čemer naj omenimo izrazitejše:

višanje globalnih temperatur se odraža v **večji sekvestraciji ogljika v kraškem masivu in vodonosniku** in deluje kot ponor ogljika; tudi ob upoštevanju dejstva, da zaradi tega pod izviri prihaja do izhajanja CO₂ in odlaganja lehnjaka, torej sproščanje ogljika iz vode nazaj v kamnino in atmosfero, to predvidoma ne presega predhodnega povišanja sekvestracije zaradi (pre)počasnega uravnovežanja vode z zrakom in, glede na literaturo, povečano vezavo anorganskega ogljika v organski ogljik (biomaso),

- vzorčevanje prenikle vode na stropu in izračun ravnotežne koncentracije CO₂ pred izhajanjem slednjega iz vode predvidoma zelo dobro odraža **koncentracijo CO₂ v prsti**, saj smo dobili precej zvezno soodvisnost koncentracije CO₂ glede na nadmorsko višino (od 4 % na 0,04 %) , ta pa je bila deloma pričakovana zaradi večje sigotvnosti vode s padajočo nadmorsko višino,
- obe ravnotežni koncentraciji CO₂ ter indeks nasičenosti glede na kalcit (SI_{cal}) so se na kraškem izviru pokazali za uporabno orodje pri opredeljevanju tako **vtoka površinske vode** kot tudi **višine vodozbirnega območja**,
- meritve z mikro(erodi)metrom (MEM) so zaradi počasnosti dostopnih kraških procesov izredno omejene, bistveno točnejše in boljše informacije dajejo meritve z apnenčastimi ploščicami, s katerimi je za razliko od geokemičnih podatkov možno vsaj v površinskih rekah možno **kvantificirati intenziteto biokorozije**,
- **jamski turizem ima dihotomen vpliv na sekvestracijo ogljika**: širjenje jamskih vhodov vpliva negativno, povečan turistični obisk pa pozitivno, pri čemer se slednji odraža v večji ranljivosti sigastih struktur (kapnikov).

Sodelovanje s tujino je vezano na predstavitev rezultatov na mednarodnem srečanju (Mednarodna krasoslovna šola »Klasični kras«) ter terenske meritve v okviru dveh bilateralnih projektov: na hrvaškem delu Dinarskega krasa ter na Kitajskem v provincah Yunnan in Guangxi. V sklopu teh raziskav smo primerjali tokove ogljika s slovenskimi, vzporedno pa je potekala tudi izmenjava izkušenj pri metodologiji raziskovanj toka ogljika na krasu.

4. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev³

V raziskovalnem projektu smo delo vsebinsko opravljali po načrtanem planu, torej na konceptualnem modelu ter vseh treh fazah, s čemer smo dosegli **realizacijo splošno zastavljenih ciljev**. Za vse podnebno-reliefne tipe krasa v Slovenije smo uspeli pridobiti relevantne kvantitativne podatke. Prostorsko smo raziskali celo več karbonatnih masivov in površinskih rek od prvotno načrtovanih, s čemer je prostorska variabilnost mnogo boljša od prvotno pričakovane. Prostorski multiplikaciji sicer nismo mogli v celoti slediti s časovno, saj je bil že načrtani obseg časovno pogojenega vzorčenja obsežen, zato smo zaprosili tudi za podaljšanje trajanja projekta. Kljub temu smo dobili dobro osnovo za oceno nihanja koncentracij anorganskega ogljika v času povišanja vodostaja, čeprav se zdi podobno obsežen sezonski vpliv zaradi sezonsko pogojene produkcije CO₂ in prezračevanja vodonosnika.

Tudi **realizacijo specifičnih ciljev** ocenjujemo podobno. Največ dela smo opravili na nizkem krasu, saj je ta najlažje dostopen, manj pa zaradi časovne zahtevnosti in deloma težavnosti vzorčenja prenikle vode v težje dostopnem sredogorskem in visokogorskem krasu. Kljub temu nekaj meritev iz tega okolja imamo, vendar spekter nadmorskih višin zlasti za sredogorje ostaja slabše pokrit od pričakovanega. Nadpovprečno dobre podatke za opredelitev dogajanja v kraškem masivu smo dobili

z inovativnim vzorčenjem prenikle vode tik pod stropom. Presenetila nas je tudi redkost oz. nizka gostota mest za ustrezno vzorčenje prenikle vode, zaradi česar z raziskavami nismo mogli poseči na razvoj posameznih mikro reliefnih oblik, npr. vrtač. V sedanjem času analize zbranih podatkov ocenjujemo, da je njihova obsežnost zadovoljiva za kvantitativno ocenitev vpliva bodočih in preteklih klimatskih sprememb na kroženje ogljika na krasu.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine⁴

Zaradi velikega števila vzorcev in zagotovitev enakih postopkov je kemijska analiza alkalnosti, celokupne trdote in Ca^{2+} trdote slonela skoraj izključno na nosilcu podoktorskega projekta, kar je prineslo znatno večjo porabo časa od pričakovane. Pri tem smo dosedanje postopke določanja alkalnosti na Inštitutu za raziskovanje krasa ZRC SAZU nadomestili z natančnejšo titracijo po Gran-u, kar nam je ob uvajanju nove metode dela in njegovemu testiranju vzelo vsaj nekaj dodatnih tednov časa. Terensko delo je ravno tako v celoti opravljal nosilec podoktorskega projekta.

Vzorčevanje visokih voda se je pokazalo kot izjemno težko, bodisi z vidika lovljenja poplavnega vala kot tudi filtriranja 100 mL močno kalne (zlasti površinske) vode preko 0,45 μm LuerLock filtra, ki je primeren večinoma za manjše vzorce. Analiza bi bila sicer možna z manjšimi vzorci na drugih institucijah, a bi s tem krnili sistematičnost raziskav. Pričakovane jesenske visoke vode leta 2015 so skoraj povsem izostale, ko pa so bile prisotne, sem se nosilec projekta nahajal na Kitajskem (bilateralni projekt ARRS). Ker smo poskušali pridobiti čim boljši prostorski in časovni vpogled v spremenljivost toka ogljika skozi kras, hkrati pa podrobneje opredeliti vlogo posameznih dejavnikov, smo na terenu opravili bistveno večje število analiz od načrtovanih. Del raziskav smo usmerili v biokorozijo, ki se je šele po oddaji prijavnice kasneje sprejetega projekta izkazala za pomemben del kroženja ogljika na površinskem krasu.

Ker sta interpretacija podatkov in aplikacija spoznanj možni šele po meritvah je prihajalo do težav pri doseganju tretje faze projekta. Splošni zaključki so bili deloma že narejeni, a smo zaradi zagotovitve relevantnosti raziskav presegli obdobje trajanja projekta. Ob odobritvi enoletnega podaljšanja podoktorskega projekta končujemo s terenskim delom in povzemamo rezultate analiz. V tej sklepnii fazi smo se lotili tudi glavnine dela na objavah, zato bodo te večinoma sledile podaljšanem trajanju projekta.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁵

		Znanstveni dosežek	
1.	COBISS ID	37780269	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Intenziteta biokorozije apnenca v sladkovodnem okolju zmerno toplega podnebja Dinarskega krasa v Sloveniji
		ANG	Freshwater biodissolution rates of limestone in the temperate climate of the Dinaric karst in Slovenia
Opis	SLO	Ker smo v okviru kvantifikacije ogljikovega cikla opazili izrazito neskladje med izvirnimi površinskimi oblikami, ki izkazujejo ponor ogljika (raztapljanje v strugi in nastanek kraških sotesk), ter izmerjenimi procesi v jamah (sproščanje ogljika ter odlaganje sige), hkrati pa smo na nekaterih mestih opazili sledi biokorozije, smo se lotili študije vpliva mikroorganizmov na raztapljanje. Ugotovili smo, da imajo pomembno vlogo pri poglobljanju površinskih strug, njihova vloga v podzemlju pa je izjemno majhna. To ima tudi metodološki vpliv, saj nam proučevanje hidrokemičnih parametrov vode, ki je pogosto orodje kemikov in fizikov na krasu, ne prinaša uporabnih rezultatov oz. zelo zavaja. Pristop našega merjenja	

		(metodologijo) ocenjujemo kot inovativen pristop k reševanju omenjene problematike.
	ANG	Due to imbalance between surface karst features that indicate carbon sequestration (limestone dissolution and development of karst gorges) on one hand and measured processes immediately behind them in caves on the other (release of carbon into the atmosphere and sinter deposition), part of our research was focused toward the role of microorganisms on dissolution. The latter was previously indicated by strongly etched illuminated limestone surfaces. We found out that role of microorganisms can be important in illuminated freshwater environment and very small, if at all, in caves. Depending on methodology, this can lead to misinterpretation since aggressiveness of water with respect to calcite, which is common tool of geochemists calculating rates of dissolution, has small correlation with total dissolution (chemical+biological) and using only hydrochemical data can be strongly misleading. Research outputs could not be possible without our previous efforts to develop appropriate and innovative methodology.
	Objavljeno v	Elsevier; Geomorphology; 2015; Vol. 228; str. 787-795; Impact Factor: 2.785; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.985; A': 1; WoS: KV, LE; Avtorji / Authors: Mulec Janez, Prelovšek Mitja
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
2.	COBISS ID	38601517 Vir: vpis v obrazec
	Naslov	SLO Podnebna pogojenost koncentracije CO2 v prsti, trdote vode in toka anorganskega ogljika - kvantitativni podatki z južnoapneniškega in dinarskega krasa
	ANG	Climate-driven soil CO2 concentration, hardness of water and flux of inorganic carbon - quantitative data from southern Alpine and northern Dinaric karst
	Opis	SLO V prispevku smo navedli povzetek temeljnih ugotovitev, do katerih smo prišli pri implementaciji podoktorskega projekta do junija 2015. Predstavlja tako ugotovitve 1. kot tudi 2. faze projekta, ki kažejo pri odvisnosti talnega CO2 od nadmorske višine lepo izraženo potenčno funkcijo z negativno potenco (priponka "pCO2-izviri in prenikla voda kraških jam.jpg"). Prispevek je osnova za izvirni znanstveni članek, v katerem navajamo tudi rezultate kasnejših meritev in ki je trenutno v sklepnih fazi priprave.
	ANG	This is a summary of basic outputs of PostDoc project that were available till June 2015, namely outputs of first and second phase that show very clearly power function (with negative exponent) between soil CO2 concentration and altitude (attached file "pCO2-izviri in prenikla voda kraških jam.jpg"). It is also a basis for original paper that is currently in final stage of preparation by project leader where also later measurements are taken into account.
	Objavljeno v	ZUPAN HAJNA, Nadja (ur.), MIHEVC, Andrej (ur.), GOSTINČAR, Petra (ur.). Caves - exploration and studies combined with the 50th anniversary of the International Union of Speleology - UIS : program & excursions & UIS & abstracts. Postojna: Karst Research Institute, Research Centre of the Slovenian Academy of Sciences and Arts, 2015, str. 143-144.
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine⁶

	Družbeno-ekonomski dosežek	
1.	COBISS ID	38277421 Vir: COBISS.SI

Naslov	SLO	Poročilo skrbnika (IZRK ZRC SAZU) o opravljanju koncesije v Postojnskem in Predjamskem jamskem sistemu - v letu 2014	
	ANG	Report of Postojna Cave custodian (Karst Research Institute ZRC SAZU) on the implementation of concession in Postojna and Predjama Cave System - year 2014	
Opis	SLO	Z meritvami v Postojnski jami, kjer smo med drugim merili tudi vpliv obiskovanja jame na rast sigastih tvorb ter spremljali koncentracijo CO2 v zraku, smo vsakoletno sodelovali pri poročilu skrbnika (IZRK ZRC SAZU) o opravljanju koncesije v Postojnskem jamskem sistemu. V taisti jami smo poskušali tudi ovrednotiti vpliv človeka na luščenje kamenja s stropa Koncertne dvorane, ki v od preteklega leta predstavlja resno grožnjo nadaljnjemu turističnemu razvoju Postojnske jame.	
	ANG	Report of Postojna Cave custodian that is each year prepared by relevant researchers of Karst Research Institute ZRC SAZU regularly contained also our measurements related to measurements of anthropogenic impacts on sinter deposition due to visiting and cave air CO2 concentration. In Postojna Cave, we also tried to evaluate possibly anthropogenically induced rock fall from the ceiling of Concert Hall that represent a serious threat to the further tourist development of the Postojna Cave from the last year.	
Šifra	F.27 Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine		
Objavljeno v	Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU; 2015; 56 str.; Avtorji / Authors: Kogovšek Janja, Mulec Janez, Pipan Tanja, Prelovšek Mitja, Šebela Stanka, Šebela Stanka		
Tipologija	2.13 Elaborat, predštudija, študija		
2.	COBISS ID	39167533	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Narava, antropogeni pritiski, ranljivost in trajnostno upravljanje s (turističnimi) jamami	
	ANG	Character, anthropogenic pressures, vulnerability and sustainable management of (show) caves	
Opis	SLO	Na vabljenem predavanju na Yunnanski univerzi (Kitajska) smo celovito predstavili ranljivost jam, ki izhajajo iz počasnosti naravnih procesov v njih. Glavnina obravnavanih procesov dejansko predstavlja tokove ogljika, to je raztapljanje (vezava ogljika iz atmosfere) in odlaganje sige (sproščanje ogljika v atmosfero).	
	ANG	Invited lecture at Yunnan Univeristy fas focused on presentation of cave vulnerabiity that is the result of low-intensity processes. The majority of presented processes is part of carbon cycling on karst, namely dissolution (atmospheric carbon sequestration) and calcite precipitation (release of carbon into atmosphere).	
Šifra	B.04 Vabljeno predavanje		
Objavljeno v	2015; Avtorji / Authors: Prelovšek Mitja		
Tipologija	3.15 Prispevek na konferenci brez natisa		
3.	COBISS ID	37220141	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Visoke vrednosti biokorozije izmerjene v nasičenih kraških vodah severnega Dinarskega (Klasičnega) krasa	
	ANG	High biodissolution rates in saturated karst freshwaters of northern Dinaric (classical) karst	
Opis	SLO	V referatu na mednarodni znanstveni konferenci smo predstavili problematiko, metodologijo oz. pristop in rezultate meritev biokorozije.	
		Oral presentation on international scientific meeting focused on	

	ANG	presentation of open issues, methodology-approach and results of biodissolution measurements.
Šifra	B.03	Referat na mednarodni znanstveni konferenci
Objavljeno v	Karst Research Institute, Research Centre of the Slovenian Academy of Sciences and Arts; Karst and microorganisms; 2014; Str. 42; Avtorji / Authors: Prelovšek Mitja, Mulec Janez	
Tipologija	1.12	Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine²

Vodja projekta se je med drugim na organizaciji, kjer je zaposlen, podrobno seznanil z laboratorijskimi tehnikami analize vzorcev vode, samostojno pa deloval na področju določanja alkalnosti, celokupne in kalcijeve trdote vode s Gran-titracijsko ter kolorimetrično metodo. Kar 400 vzorcev je namreč analiziral v celoti sam. Določanje alkalnosti po Grann-u je izvajal prvi v organizaciji, kar je pripomoglo k točnosti meritev. To metodo je izvajal tudi na terenu, v jamah zelo uspešno do globine -547 m. Meritve pH je povsod izvajal neposredno na terenu, tudi do globine -1.240 m. Za izračune ravnotežnih koncentracij CO₂ se je usposobil in samostojno uporabljal kemijski program PHREEQC, na terenu pa je uporabljal IR senzor za zračno koncentracijo CO₂, ki ga je z uporabo paroprepustne membrane, vodne črpalke in izmenjevalca plinov prilagodil za meritve neposredno v vodi.

Preniklo vodo je vzorčil na inovativen način z injekcijsko brizgo kar je glede na običajen postopek izredno zmanjšalo tok CO₂ iz vode, hkrati pa omogočilo izračune koncentracije CO₂ in indekse nasičenosti nad jamskimi rovi (vadozna cona, epikras), kar ob obstoječem načinu vzorčenja ne da relevantnih informacij.

Kljub primarno temeljnim raziskavam je tekom izvajanja projekta težil tudi k čim večji aplikativnosti projekta v smeri varstva okolja in razvoja oz. identifikacije parametrov za opis stanja oz. razmer v okolju (krasu).

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine³

9.1. Pomen za razvoj znanosti²

SLO

Sedanje intenzivne klimatske spremembe, ki imajo po splošnem znanstveno sprejetem prepričanju vzrok v antropogeno povečanih koncentracijah CO₂ v atmosferi, so še vedno ena izmed vodilnih tem na področju globalne znanosti. Vloga krasa kljub nekaterim poizkusom, da bi ga predstavili kot globalni ponor ogljika ali pa le njegov pomemben del kroženja, ostaja obrobna. Naše raziskave potrjujejo, da deluje kras podobno kot oceani zaradi sposobnosti vezave oz. hranjenja CO₂ kot blažilec antropogeno povečanih koncentracij v ozračju, a povzroča zaradi povečanega raztapljanja ogljikove kisline in nadalje kalcijevega karbonata sočasno druge nezaželene okoljske posledice, npr. zakisovanje oceanov. Kvantitativno je delež ponora na krasu na podlagi tega podoktorskega projekta z omejenim prostorskim in parametrskim obsegom raziskav težko opredeliti, vsekakor pa kaže na del nepojasnjenega ponora ogljika na Zemlji, ki se ga v klimatskih modelih izpušča zaradi presplošnega teoretskega pogleda na raztapljanje in odlaganje karbonatov, po drugi strani pa zaradi relativno majhnega deleža podzemne vode v primerjavi s slanimi vodnimi telesi, čeprav so lahko povprečni zadrževalni časi voda v kraškem podzemlju lahko zelo kratki.

Ravnotežne koncentracije CO₂ v kraških vodah, ki smo jih v podoktorskem projektu merili v okviru kvantitativno določene intenzitete kroženja anorganskega ogljika skozi kras, se v hidrogeoloških in geokemičnih pogosto zapostavljajo – bodisi zaradi nepoznavanja karbonatne hidrokemije vode, zaradi slabega poznavanja procesov, ki jih definirajo, ali pa zaradi odsotnosti oz. težav pri preciznih meritvah vrednosti pH, ki je kljub razvoju tehnologije še vedno svojevrsten izziv. Z našo raziskavo je jasno, da ravnotežno koncentracijo CO₂ v kraških vodah pred izhajanjem CO₂ iz vode (to je ob SICal=0) v primer avtogenega napajanja opredeljuje karakteristike podnebja na vodozbornem območju, torej podobno kot temperaturo in kislikovo

izotopsko sestavo vode. Pri enaki višini vodozbirnega zaledja razlike v vsebnosti CO₂, ne pa kisikovi izotopski sestavi, nastajajo zaradi različne infiltracije, to je autigene (prenikla voda) ali alogene (ponornice). To je možno aplikativno uporabiti pri opredeljevanju zaledja podzemnih ali izvirnih voda, kar smo tekom projekta uspešno izvedli pri dveh aplikativnih projektih.

Z raziskavami hidrokemičnih lastnosti, predvsem SICal, smo ustrezno potrdili geomorfološko gledano nizke vrednosti raztapljanja oz. počasno recentno rast jam z raztapljanjem, ki so jih predhodno objektivno kazale meritve z MEM in apnenčastimi ploščicami, ali pa klimatsko gledano nizke ponore ogljika z raztapljanjem večjih slovenskih ponikalnic, ki imajo vsaj del zaledja na karbonatnih kamninah. Tudi nekatere druge raziskave kažejo na močno razhajanje obstoječih splošno uveljavljenih procesno zastavljenih modelov od dejanskega stanja pri rasti jam. Očitno je, da modeli potrebujejo kalibracijo robnih pogojev oz. dejavnikov, pretežno koncentracij CO₂, za katerega je bilo v preteklosti premalo terensko izmerjenih podatkov, kar pa smo z raziskavami vsaj deloma odpravili. Z vidika naših raziskav se večje aktivne jame kažejo za izredno star aktiven »relikt«² prostora, ki je za svoj razvoj potreboval več sto tisoč ali pa celo več milijonov let. V površinskih voda je pojav lahko bistveno hitrejši zaradi svetlobno pogojene biokorozije, s čemer smo verjetno tudi v svetovnem merilu prvi kvantitativno potrdili edini relevanten proces za nastanek sotesk na neproduktivnih in z vidika kalcita prenasčenih površinskih rekah (npr. na kraških poljih), možno pa je, da igra pomembno vlogo tudi pri nastanku večjih antecedentnih dolin, npr. doline Kolpe in zgornje Krke.

ANG

Present-day intensive climate change that, according to general scientific consensus, is mostly the result of increased atmospheric CO₂ levels is still one of the global hot topics. Despite several attempts of some scientists to argue karst as important carbon sink, role of karst on global carbon cycle remains marginal. Our results confirm role of karst as a buffer for atmospheric CO₂ rise that is phenomena similar to role of oceans. However, more dissolved CO₂ in the water and dissolution of carbonated contribute to some negative environmental consequences, like ocean acidification. Our research results proves that higher temperature regardless to amount of precipitation leads to higher soil pCO₂ pressure, higher CO₂ uptake and dissolution and more efficient transport through the karst massif. Relative importance of CO₂ uptake by increased dissolution is difficult to define on the basis of this postdoc project due to limited spatial extent of research and lack of some important parameters, such as volume of groundwater bodies. Nevertheless, important quantitative data on inorganic carbon content related to water temperature were collected to make more specific calculations in the near future and to say that portion of "missing carbon sink" can be found within karst massifs and aquifers.

Equilibrium CO₂ concentration calculated for measured SICal or before CO₂ outgassing (SICal=0) that were measured during postdoc project to calculate flux of inorganic carbon through karst are usually neglected in hydrogeological and geochemical studies on karst due to weak knowledge on carbonate geochemistry, role of involved processes or lack of accurate pH measurements, which still present challenge for modern instruments. However, similarly as water temperature and oxygen isotope ratio, equilibrium pCO₂ at SICal=0 in case of authigenic recharge and SICal<0.5 (general limit for calcite precipitation) more or less reflects climatic conditions in watershed. In case of equal height of watershed, oxygen isotope ratio is the same in case of authigenic (percolation water) and allogenic recharge (sinking streams) which makes differentiation of water source impossible; however, this is not the case for equilibrium pCO₂ concentration that is substantially higher in case of authigenic recharge. This has high applicable value since differentiation between authigenic and allogenic recharge at underground stream or spring is possible; applicability was successfully tested in practice.

Research done on present-day dissolution in stream caves using microerodimeter and limestone tablets indicated very low values, long-term growth of big stream caves and negligible mobilization of inorganic carbon from the limestone or dolomite cave walls. During postdoc project, hydrochemical characteristics confirms inability of analyzed waters to efficiently dissolve limestone in the underground in case caves are fed by allogenic waters at least partly draining karst areas. Independent conclusions done by some other researchers indicate big discrepancy between cave growth calculated with process-based models and field observations. It is clear that boundary conditions, namely poorly adjusted underground CO₂ levels, should be

more properly defined in speleogenetic models that will be possible using our results from the caves and using our calculated data from drip water chemistry. However, our results indicate that big stream caves are the result of dissolution lasting hundreds of thousands or millions of years. On the contrary, dissolution in surface streams on carbonate rocks can be much more intensive due to biodissolution; the latter was probably for the first time measured in freshwater environment and explains formation of gorges in karst where bed load is missing and water is generally oversaturated with respect to calcite, e.g. at karst poljes. It is possible that plays an important role during formation of antecedent valleys on karst.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Sedanje intenzivne klimatske spremembe, ki imajo po splošnem znanstveno sprejetem prepričanju vzrok v antropogeno povečanih koncentracijah CO₂ v atmosferi, so še vedno ena izmed vodilnih tem na področju globalne znanosti. Vloga krasa kljub nekaterim poizkusom, da bi ga predstavili kot globalni ponor ogljika ali pa le njegov pomemben del kroženja, ostaja obrobna. Naše raziskave potrjujejo, da deluje kras podobno kot oceani zaradi sposobnosti vezave oz. hranjenja CO₂ kot blažilec antropogeno povečanih koncentracij v ozračju, a povzroča zaradi povečanega raztapljanja ogljikove kisline in nadalje kalcijevega karbonata sočasno druge nezaželene okoljske posledice, npr. zakisovanje oceanov. Kvantitativno je delež ponora na krasu na podlagi tega podoktorskega projekta z omejenim prostorskim in parametrskim obsegom raziskav težko opredeliti, vsekakor pa kaže na del nepojasnjene ponora ogljika na Zemlji, ki se ga v klimatskih modelih izpušča zaradi presplošnega teoretskega pogleda na raztapljanje in odlaganje karbonatov, po drugi strani pa zaradi relativno majhnega deleža podzemne vode v primerjavi s slanimi vodnimi telesi, čeprav so lahko povprečni zadrževalni časi voda v kraškem podzemlju lahko zelo kratki.

Ravnotežne koncentracije CO₂ v kraških vodah, ki smo jih v podoktorskem projektu merili v okviru kvantitativno določene intenzitete kroženja anorganskega ogljika skozi kras, se v hidrogeoloških in geokemičnih pogosto zapostavljajo – bodisi zaradi nepoznavanja karbonatne hidrokemije vode, zaradi slabega poznavanja procesov, ki jih definirajo, ali pa zaradi odsotnosti oz. težav pri preciznih meritvah vrednosti pH, ki je kljub razvoju tehnologije še vedno svojevrsten izziv. Z našo raziskavo je jasno, da ravnotežno koncentracijo CO₂ v kraških vodah pred izhajanjem CO₂ iz vode (to je ob SICal=0) v primer avtogenega napajanja opredeljuje karakteristike podnebja na vodozbirnem območju, torej podobno kot temperaturo in kisikovo izotopsko sestavo vode. Pri enaki višini vodozbirnega zaledja razlike v vsebnosti CO₂, ne pa kisikovi izotopski sestavi, nastajajo zaradi različne infiltracije, to je autigene (prenikla voda) ali alogene (ponornice). To je možno aplikativno uporabiti pri opredeljevanju zaledja podzemnih ali izvirnih voda, kar smo tekom projekta uspešno izvedli pri dveh aplikativnih projektih.

Z raziskavami hidrokemičnih lastnosti, predvsem SICal, smo ustrezno potrdili geomorfološko gledano nizke vrednosti raztapljanja oz. počasno recentno rast jam z raztapljanjem, ki so jih predhodno objektivno kazale meritve z MEM in apnenčastimi ploščicami, ali pa klimatsko gledano nizke ponore ogljika z raztapljanjem večjih slovenskih ponikalnic, ki imajo vsaj del zaledja na karbonatnih kamninah. Tudi nekatere druge raziskave kažejo na močno razhajanje obstoječih splošno uveljavljenih procesno zastavljenih modelov od dejanskega stanja pri rasti jam. Očitno je, da modeli potrebujejo kalibracijo robnih pogojev oz. dejavnikov, pretežno koncentracij CO₂, za katerega je bilo v preteklosti premalo terensko izmerjenih podatkov, kar pa smo z raziskavami vsaj deloma odpravili. Z vidika naših raziskav se večje aktivne jame kažejo za izredno star aktive »relikt« prostora, ki je za svoj razvoj potreboval več sto tisoč ali pa celo več milijonov let. V površinskih voda je pojav lahko bistveno hitrejši zaradi svetlobno pogojene biokorozije, s čemer smo verjetno tudi v svetovnem merilu prvi kvantitativno potrdili edini relevanten proces za nastanek sotesk na neproduktivnih in z vidika kalcita prenasajenih površinskih rekah (npr. na kraških poljih), možno pa je, da igra pomembno vlogo tudi pri nastanku večjih antecedentnih dolin, npr. doline Kolpe in zgornje Krke.

ANG

Karstology is one of the most important interdisciplinary field where Slovenian researchers play, partly from historical reasons, leading and appreciated role in global science. However, instead of enjoying past achievements, introduction of novel research approach bringing new

perspective and data is the only proper way to continue successful past development in developing science. Despite the fact that competition with research centers rich in infrastructure and research groups in developed world, as well as in intensively karstified China where work in karstological issues is in great rise in last decade, is inevitably hard, Slovene karstology can be recognizable worldwide with innovative and interdisciplinary approach and small but comprehensive research projects. During implementation of this PostDoc project we did not focus on traditional limits of each scientific discipline dealing with karst but rather introduce cycling of carbon on karst as a basic common denominator for basic processes on karst. During implementation of project research infrastructure owned by Karst Research Institute ZRC SAZU was very effectively used. Additional value of PostDoc is also successful collaboration with Chinese and Croatian karstologists where dissemination of knowledge and practice was very fruitful.

Slovenia hosts some past and present-day milestones related to show caves: Vilenica is recognized as the first show cave at least in Europe, Postojna Cave is along with Mammoth Caves the most visited cave in the world, Škocjan Caves are Europe's most impressive karst phenomenon at the contact karst recognized as UNESCO world heritage, while some other caves (e.g., Križna Cave, Planinska Cave) are recognized as important natural values at national level. Touristic development of some caves is now approaching third or fourth hundred years and experiencing positive trend of visitoring in the last decades. Despite the fact that PostDoc was focused on basic research, findings related to processes with low intensity where anthropogenic factors become very important (which results in high vulnerability of caves) have applicable value. Taking into consideration rate and other characters of natural processes that were subject of PostDoc, like water-atmosphere interaction (e.g., outgassing of CO₂ from the water) and rock-water interaction (dissolution and sinter deposition) in the underground, management of show caves can be more easily directed toward sustainable way. In addition, it is easier and more effective to influence decisions that are taken by show cave management in proper way with objective and quantitative data that prove negative impacts and skip general measures where they are proved to be ineffective. In such way, anthropogenic impact of visiting, where amount of CO₂ is directionally connected with number of visitors, was presented to Postojna Cave management and its group of tourist guides.

Taking into account that circulation and role of carbon or CO₂ on karst is researched by several scientific disciplines where flux of carbon from soil to water, from rock to water, from water to air and rock creates several (methodological) limitations of single discipline, consideration of carbon (or CO₂) as "research discipline free" substance incredibly simplify view on carbon circulation in karst. As such quantitatively supported conceptual cycling of carbon can be effectively used for graduate and postgraduate education. Research outputs were already used in postgraduate study of interdisciplinary Karstology at University of Nova Gorica and will be continually used even more in the near future, e.g. at Geographical department at University of Primorska. Dissemination of results among other universities and research centers was already and will be achieved during participation on coming congresses (e.g., at CBDGC meeting that will be held in September 2016 in Postojna) and other scientific meetings.

10. Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!

Označite, katerega od navedenih ciljev ste si zastavili pri projektu, katere konkretne rezultate ste dosegli in v kakšni meri so doseženi rezultati uporabljeni

Cilj	
F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin
	Zastavljen cilj <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov <input type="text"/>
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj
	Zastavljen cilj <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat <input type="text"/>

		<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

F.12	Izboljšanje obstoječe storitve
	Zastavljen cilj <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov <input type="text"/>
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov
	Zastavljen cilj <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov <input type="text"/>
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov
	Zastavljen cilj <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov <input type="text"/>
F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz
	Zastavljen cilj <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov <input type="text"/>
F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz
	Zastavljen cilj <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov <input type="text"/>
F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso
	Zastavljen cilj <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov <input type="text"/>
F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)
	Zastavljen cilj <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov <input type="text"/>
F.19	Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")
	Zastavljen cilj <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov <input type="text"/>
F.20	Ustanovitev novega podjetja ("spin off")
	Zastavljen cilj <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov <input type="text"/>
F.21	Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov

	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
F.22	Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
F.25	Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
F.26	Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanju naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
F.28	Priprava/organizacija razstave	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
F.29	Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE

	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.31	Razvoj standardov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.33	Patent v Sloveniji	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

Komentar

11.Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!
Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visokošolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.12.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01.	Dvig kvalitete življenja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.06.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete					
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj					
G.07	Razvoj družbene infrastrukture					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva					
G.09.	Drugo:					

Komentar

--

12.Pomen raziskovanja za sofinancerje¹¹

	Sofinancer	

1.	Naziv			
	Naslov			
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:		EUR	
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:		%	
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja	Šifra		
		1.		
		2.		
		3.		
		4.		
		5.		
Komentar				
Ocena				

13. Izjemni dosežek v letu 2015¹²

13.1. Izjemni znanstveni dosežek

Biokorozija je znana in njene vrednosti so izmerjene zlasti v vodnih obalnih in kopenskih aridnih območjih, v sladkovodnih okoljih pa se ji nikoli ni posvečalo posebne pozornosti. Naše raziskave smo v ta pojav intenzivneje usmerili v času trajanja podoktorskega projekta, saj se je pokazalo, da lahko pomembno prispeva k mobilizaciji anorganskega ogljika v globalni ogljikov cikel.

Raziskavo smo izvedli na dveh območjih (Planinska jama in Malni), od katerega vsakega izmed njih opredeljuje na eni strani jamski in na drugi strani površinski tok reke Unice oz. Malenščice. Meritev je bila izvedena inovativno z uporabo apnenčastih ploščic, ki so po izpostavitvi v osvetljeno vodno okolje pokazale do 50-krat večjo izgubo mase v primerjavi z jamskimi (neosvetljenimi) ob zelo dobri Pearsonovi korelacijski povezanosti z intenziteto svetlobe (-0,912). Na biokorozijo kažejo na površini ploščic dobro vidne biokorozijske vdolbinice, ki so v jamskem okolju povsem odsotne.

13.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

Postojnska jama znana po izjemnih sigastih tvorbah, ki so na letni ravni leta 2014 oz. 2015 privabile preko 600.000 oz. 650.000 obiskovalcev. Turizem v jami pa spremljajo tudi nezaželene posledice, od katerih se omenja tudi vpliv na zmanjšano rast kapnikov. S vklopu raziskav povezanih s tokom ogljika iz prenikle vode smo merili tudi ta pojav, ki je glede na literaturo bolj predviden, izjemno redko pa tudi izmerjen.

Dotok vode iz stropa se je z vidika temperature, trdote vode in vsebnosti CO₂ pokazal za relativno stabilen pojav, medtem ko je trdota vode v nižje ležeči ponvici nihala skladno z vzporedno merjenim CO₂ v jamskem zraku. Ob turističnem obisku se je koncentracija CO₂ v jamskem zraku vzdignila, difuzija CO₂ iz vode je bilo zmanjšana, nižje vrednosti odlaganja sige pa so se odrazile v skromnejše znižanih trdotah vode v ponvici. Tekom tedenskega opazovanja v oktobru je največje zmanjšanje zaradi vpliva obiskovanja znašalo 14 %.

C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

- so vsi podatki, ki jih navajamo v poročilu, resnični in točni
- se strinjamo z obdelavo podatkov v skladu z zakonodajo o varstvu osebnih podatkov za potrebe

ocenjevanja ter obdelavo teh podatkov za evidence ARRS

- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v pisni obliki
- so z vsebino zaključnega poročila seznanjeni in se strinjajo vsi soizvajalci projekta

Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba
raziskovalne organizacije:*

in

vodja raziskovalnega projekta:

Znanstvenoraziskovalni center
Slovenske akademije znanosti in
umetnosti

Mitja Prelovšek

ŽIG

Datum:

21.3.2016

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2016/17

¹ Napišite povzetek raziskovalnega projekta (največ 3.000 znakov v slovenskem in angleškem jeziku) [Nazaj](#)

² Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega projekta in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

³ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)

⁴ V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega projekta, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega projekta oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine v zadnjem letu izvajanja projekta, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

⁵ Navedite znanstvene dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A" ali A'. [Nazaj](#)

⁶ Navedite družbeno-ekonomske dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Družbeno-ekonomski rezultat iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A" ali A'.

Družbeno-ekonomski dosežek je po svoji strukturi drugačen kot znanstveni dosežek. Povzetek znanstvenega dosežka je praviloma povzetek bibliografske enote (članka, knjige), v kateri je dosežek objavljen.

Povzetek družbeno-ekonomskega dosežka praviloma ni povzetek bibliografske enote, ki ta dosežek dokumentira, ker je dosežek sklop več rezultatov raziskovanja, ki je lahko dokumentiran v različnih bibliografskih enotah. COBISS ID zato ni enoznačen, izjemoma pa ga lahko tudi ni (npr. prehod mlajših sodelavcev v gospodarstvo na pomembnih raziskovalnih nalogah, ali ustanovitev podjetja kot rezultat projekta ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)

⁷ Navedite rezultate raziskovalnega projekta iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 6 in 7 (npr. ni voden v sistemu COBISS). Največ 2.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

⁸ Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://sicris.izum.si/> za posamezen projekt, ki je predmet poročanja [Nazaj](#)

⁹ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)

¹⁰ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)

¹¹ Rubrike izpolnite / prepisite skladno z obrazcem "izjava sofinancerja" <http://www.arrs.gov.si/sl/progproj/rproj/gradivo/>, ki ga mora izpolniti sofinancer. Podpisan obrazec "Izjava sofinancerja" pridobi in hrani nosilna raziskovalna organizacija – izvajalka projekta. [Nazaj](#)

¹² Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega projekta v letu 2015 (največ 1000 znakov, vključno s presledki). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno

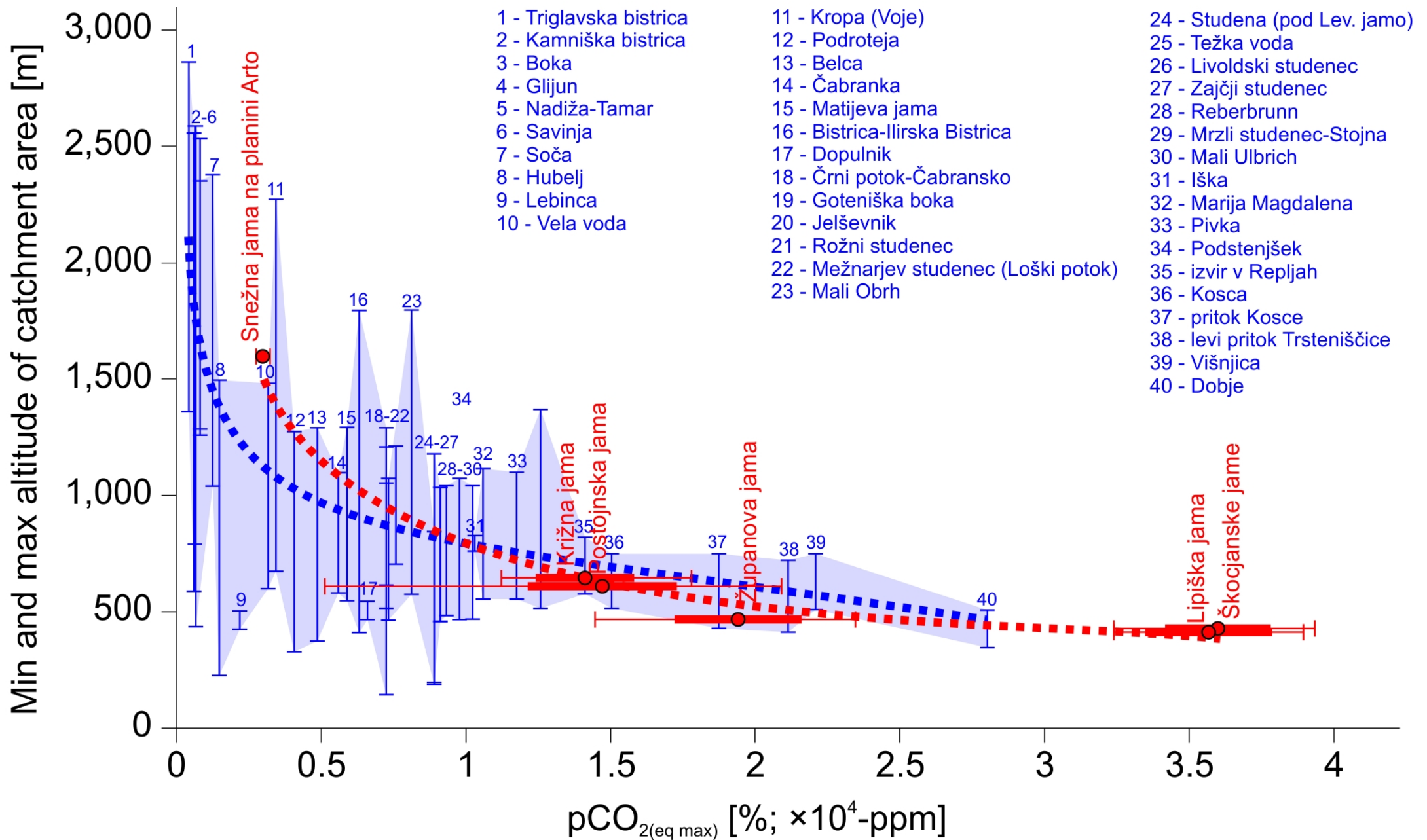
gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost pisave najmanj 16, približno pol strani) in opis izjemnega dosežka (velikost pisave 12, približno pol strani). Diapozitiv/-a priložite kot priložitev/-i k temu poročilu. Vzorec diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/>. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-RPROJ-ZP/2016 v1.00

F6-A8-08-13-06-58-CA-9C-3E-75-46-93-EE-66-F0-7D-04-8A-70-4C

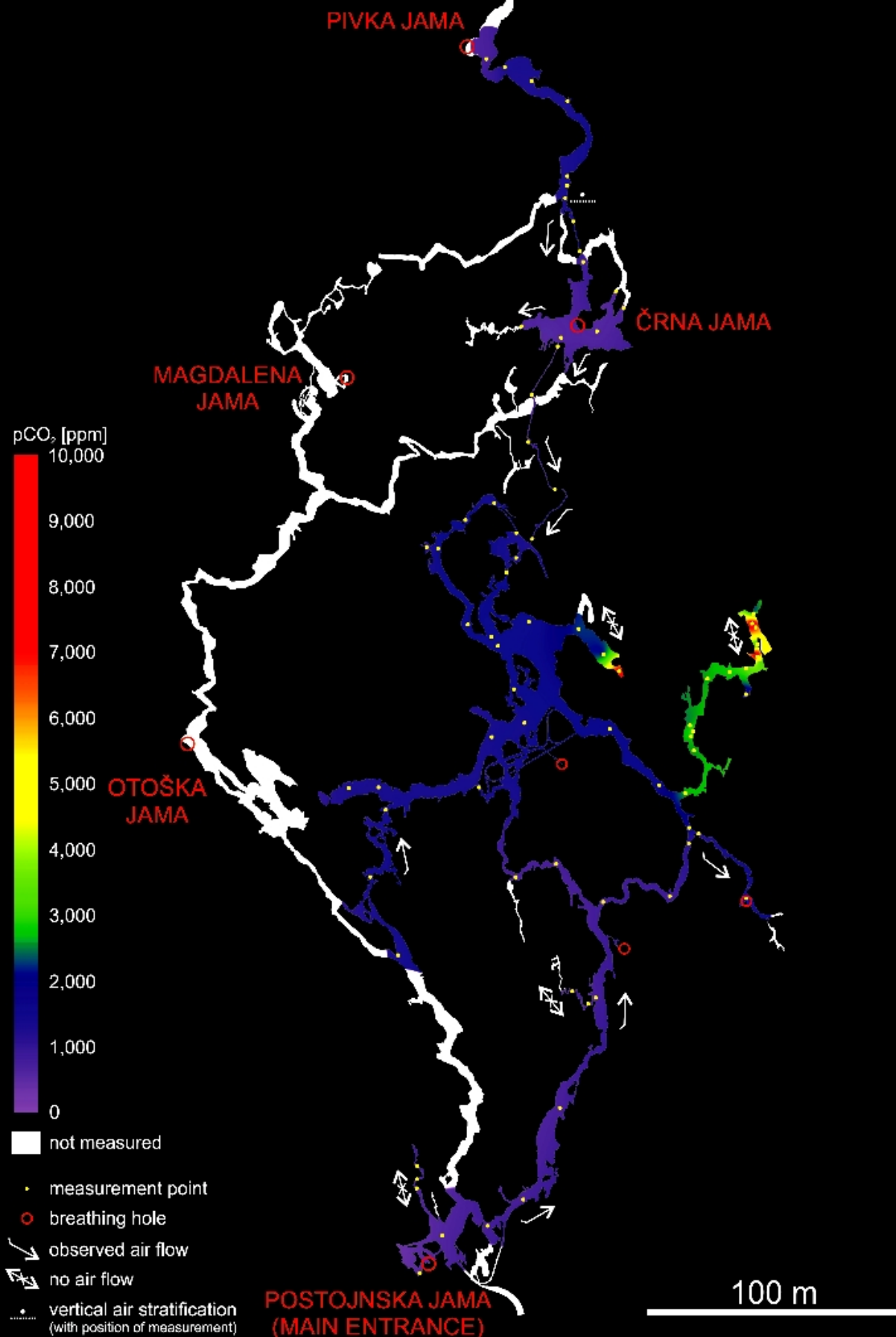
Priloga 1

RED - percolation water; BLUE - spring water



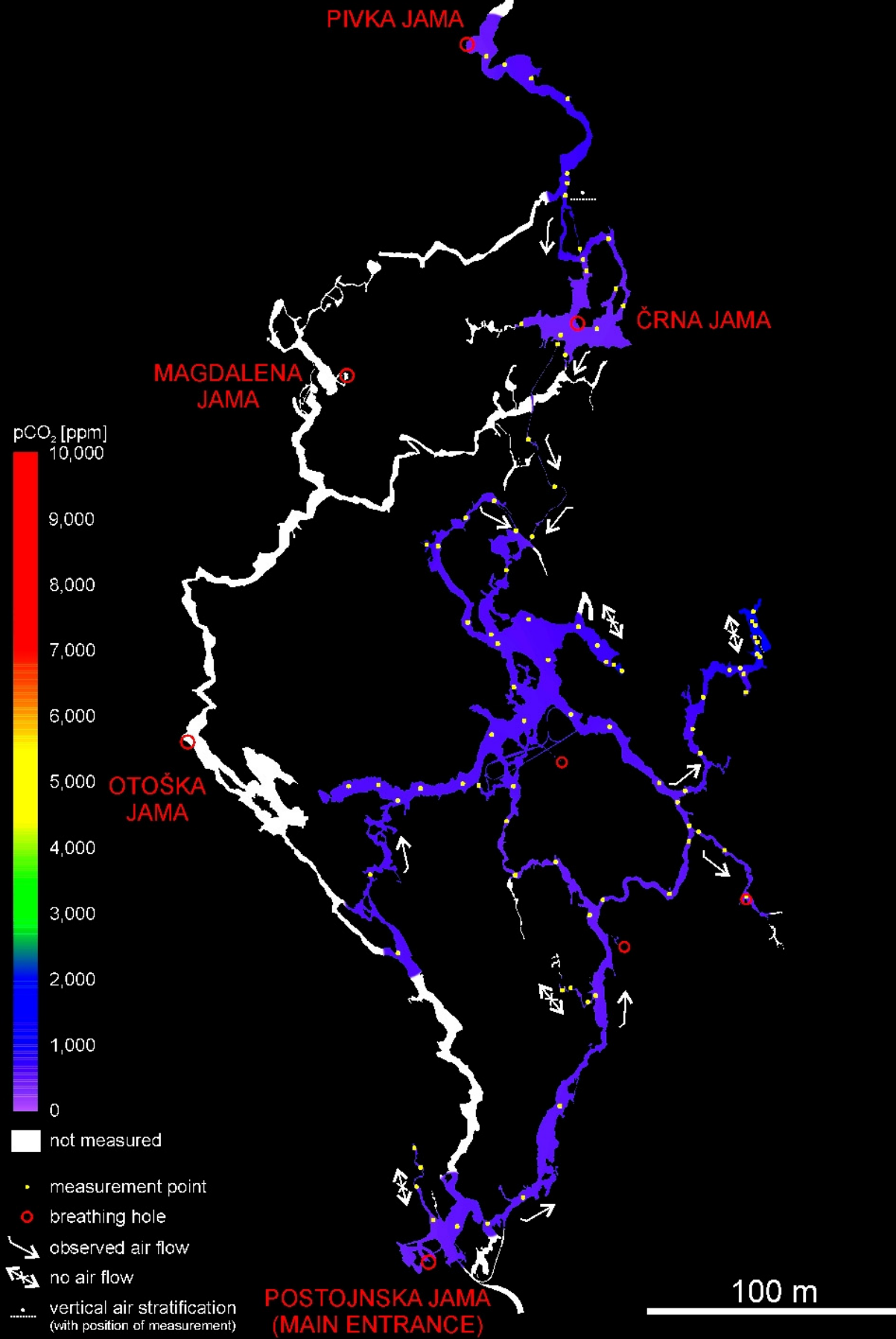
Priloga 2

CO₂ concentration in Postojna Cave System (November 27, 2014)



Priloga 3

CO₂ concentration in Postojna Cave System (February 3 (5), 2015)

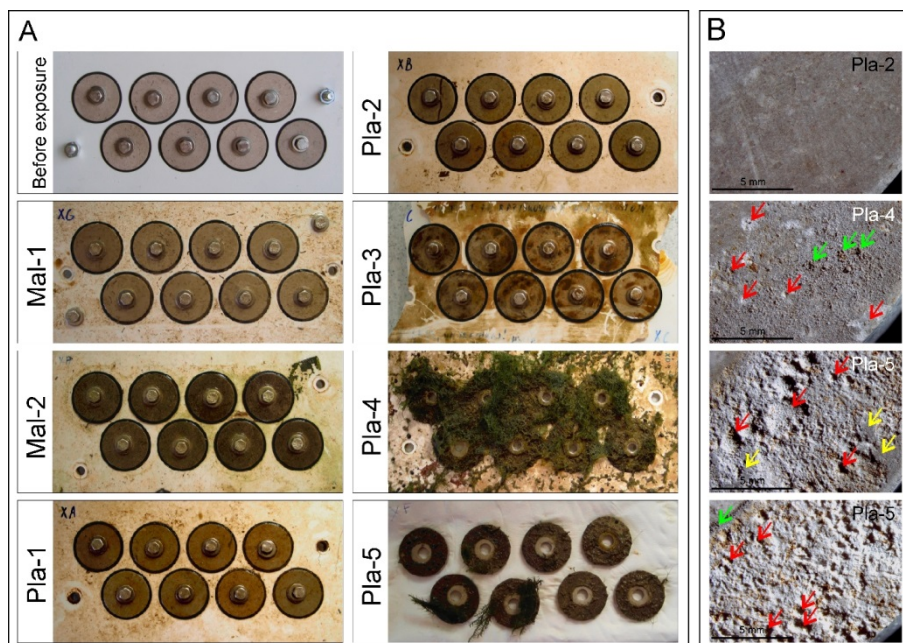


Priloga 4

Humanistika

Področje: 6.12.01 (Geografija, Fizična geografija)

Dosežek 1: Vpliv biokorozije na raztapljanje apnenca oz. tok ogljika v vodo, Vir: Mulec, J., Prelovšek, M., Freshwater biodissolution rates of limestone in the temperate climate of the Dinaric karst in Slovenia. *Geomorphology* 228: 787-795.



Biokorozija je znana in njene vrednosti so izmerjene zlasti v vodnih obalnih in kopenskih aridnih območjih, v sladkovodnih okoljih pa se ji nikoli ni posvečalo posebne pozornosti. Naše raziskave smo v ta pojav intenzivneje usmerili v času trajanja podoktorskega projekta, saj se je pokazalo, da lahko pomembno prispeva k mobilizaciji anorganskega ogljika v globalni ogljikov cikel.

Raziskavo smo izvedli na dveh območjih (Planinska jama-Pla in Malni-Mal), od katerega vsakega izmed njih opredeljuje na eni strani jamski in na drugi strani površinski tok reke Unice oz. Malenščice. Meritev je bila izvedena inovativno z uporabo apnenčastih ploščic, ki so po izpostavitvi v osvetljeno vodno okolje pokazale do 50-krat večjo izgubo mase v primerjavi z jamskimi (neosvetljenimi) ob zelo dobri Pearsonovi korelacijski povezanosti z intenziteto svetlobe (-0,912). Na biokorozijo kažejo na površini ploščic dobro vidne biokorozijske vdolbinice (rdeče puščice), ki so v jamskem okolju povsem odsotne. Manjši del ploščic izkazuje odlaganje (zelene puščice), del pa tudi neprizadete površine (rumene puščice). Zelena razrast indicira bolj osvetljene površine, njena splošna odsotnost pa na povsem jamske razmere (Mal-1 in Pla-1).

Gre za prvo izmerjeno vrednost biokorozije v tekoči sladki vodi in kaže na močno vlogo bioloških procesov in tok ogljika v strugah tudi takrat, ko fizikalno-kemične lastnosti vode ne kažejo na njeno kemično agresivnost na apnenec.. Pojav je verjetno odgovoren tudi za nastanek mnogih dolin na krasu.

Priloga 5

Humanistika

Področje: 6.12.01 (Geografija, Fizična geografija)

Dosežek 2: Jamski turizem in rast kapnikov-tok ogljika iz vode, Vir: Prelovšek, 2015 (neobjavljeno)

Postojnska jama
7. oktober 2015

CO₂ (epikras): 20.417 ppm

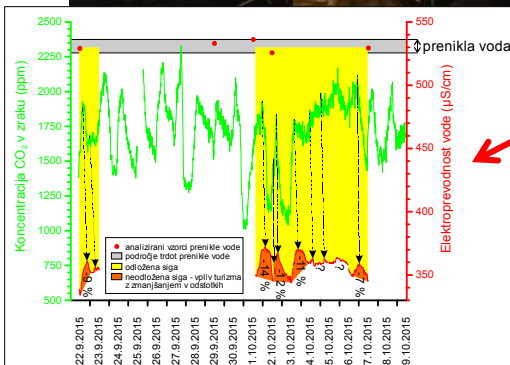
Trdota: 2,75 mmol/L; 524 μS/cm
CO₂ (eq): 5.248 ppm
SI_{Cal}: 0.57 (sigotvorna voda)

Trdota: 2,77 mmol/L; 529 μS/cm
CO₂ (eq): 19.055 ppm
SI_{Cal}: 0.03 (neaktivna voda)

Trdota: 1,62 mmol/L; 331 μS/cm
CO₂ (eq): 2.344 ppm
SI_{Cal}: 0.21 (rahlo sigotvorna voda)

CO₂ (zrak): 1.700 ppm

Trdota: 1,61 mmol/L; 316 μS/cm
CO₂ (eq): 2.188 ppm
SI_{Cal}: 0.21 (rahlo sigotvorna voda)



Postojnska jama je znana po izjemnih sigastih tvorbah, ki so na letni ravni leta 2014 oz. 2015 privabile preko 600.000 oz. 650.000 obiskovalcev. Turizem v jami pa spremljajo tudi nezaželene posledice, od katerih se v literaturi pogosto omenja vpliv jamskega turizma na zmanjšano rast kapnikov. V sklopu raziskav povezanih s tokom ogljika iz prenikle vode smo merili tudi ta pojav. Slika zgoraj prikazuje klasični tok in razmerja med genezo voda v jami. Dotok vode iz stropa se je z vidika temperature, trdote vode in vsebnosti CO₂ pokazal za relativno stabilen pojav, medtem ko je trdota vode v nižje ležeči ponvici nihala skladno z vzporedno merjenim CO₂ v jamskem zraku. Ob turističnem obisku se je koncentracija CO₂ v jamskem zraku vzdignila, difuzija CO₂ iz vode je bilo zmanjšana, nižje vrednosti odlaganja sige pa so se odrazile v skromneje znižanih trdotah vode v ponvici. Tekom tedenskega opazovanja je največje zmanjšanje zaradi vpliva obiskovanja znašalo 14 % (oranžen poligon).

Vzporedne meritve fizikalno-kemičnih lastnosti vode in vsebnosti CO₂ v zraku so nam z inovativnim pristopom k merjenju časovnih sprememb z 10-minutnim intervalom ter vzorčevanjem prenikle vode omogočile vpogled na neposredni vpliv turizma na prirast sige oz. tok ogljika iz prenikle vode v jamsko atmosfero.