

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2015/195



ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	J2-4093
Naslov projekta	Razvoj in uporaba naprednih numeričnih in eksperimentalnih metod pri študiju procesov na krasu
Vodja projekta	16180 Franci Gabrovšek
Tip projekta	J Temeljni projekt
Obseg raziskovalnih ur	8430
Cenovni razred	B
Trajanje projekta	07.2011 - 06.2014
Nosilna raziskovalna organizacija	618 Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	1533 C3M d.o.o., Center za računalništvo v mehaniki kontinuumu - modeliranje in trženje 1540 Univerza v Novi Gorici
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.05 Mehanika 2.05.03 Numerično modeliranje
Družbeno-ekonomski cilj	01. Raziskovanje in izkoriščanje zemlje
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	2 Tehniške in tehnološke vede 2.03 Mehanika

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

2. Povzetek raziskovalnega projekta¹

SLO

Kras je izjemen dinamičen sistem, ki ga odlikuje pestrost procesov in oblik. Modeli zasnovani na enačbah toka, raztapljanja in masnega transporta, so skoraj edino orodje, ki nam omogoča poglobljeno dinamiko procesov in razvoja oblik na krasu. V projektu smo zasnovali niz numeričnih pristopov, s katerimi smo obravnavali razvoj

kraških vodonosnikov v različnih pogojih, raztapljanje in razvoj oblik v turbulentnem toku in izmenjavo tekočin med prevodnimi sistemi v kraškem vodonosniku. Pri tem smo nadaljevali razvoj že obstoječih modelskih pristopov in razvijali nove. S speleogenetskimi modeli smo obravnavali razvoj mreže kraških kanalov v toku s prosto gladino, problematiko razvoja globokih kraških kanalov in razvoj udornic, slednje v sodelovanju z raziskovalci s Svobodne univerze v Berlinu. V vseh primerih smo prišli do novih mehanizmov, ki ustrezajo opažanjem v naravi. V projektu smo prvi uporabili brez mrežne metode za reševanje problema izmenjave vode med kraškimi kanali in okoliško porozno matrico. Razvili smo še več brez mrežnih metod, ki jih bomo v prihodnje uporabili na različnih problemih v kraških sistemih. Raztapljanje topnih površin v turbulentem toku smo obravnavali s stacionarnim modelom turbuletnega toka, sklopljenim s skalarnim transportom. S submikronsko diskretizacijo smo v model zajeli mejni sloj in in prišli do rezultatov, ki na novo osvetljujejo obravnavano problematiko in razvoj reliefa na kamnitih stenah. O rezultatih projekta smo poročali na znanstvenih srečanjih in jih objavili v nizu izvirnih znanstvenih člankov.

ANG

Karst is an exceptional dynamic system with high variety of processes and forms. Models, based on equations of flow, dissolution and mass transport, provide unique tools that enable insight into the dynamics of processes and evolution of various forms in karst. Within this projects several numerical approaches were realised, that were used to study the evolution of karst aquifers in various settings, dissolution and evolution of rock forms in turbulent flow and exchange of fluids between conductive structures in karst aquifers. New modelling approaches have been developed to simulate karst network evolution under free surface flow conditions. Among others the evolution of deep conduits in karst has been revisited by our models and first 3D model of collapse doline evolution has been developed and used. All these models revealed new processes and mechanisms that are in agreement with field observations. Meshless methods were developed to study exchange flow between karst conduit and surrounding porous matrix. This was a pioneering use of such methods in karst hydrology. Meshless methods have been developed with high potential for use in karst problems. Dissolution of soluble walls under turbulent flow conditions with a model based on coupling steady state turbulent flow and scalar transport. With discretisation on sub-micron scale, boundary effects were captured intrinsically and results that put new light onto dissolution in turbulent flow and rock forms evolution. Project results have been reported at several International meetings and in series of scientific papers.

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu²

Razvili in nadgradili smo več modelskih pristopov za študijo razvoja kraških vodonosnikov v različnih pogojih. Povsem izviren pristop smo uporabili za študij razvoja kraških vodonosnikov ob prehodu iz toka pod tlakom v tok z odprto gladino. Za reševanje enačb toka (Saint-Venantove enačbe) smo uporabili že obstoječi model EPA SWMM, ki smo mu dodali možnosti raztapljanja sten in posledične spreminjanja geometrije kanalov. Gre za prvi model, ki omogoča simulacijo razvoja kraških kanalov v kasnejših speleogenetskih fazah. Z njim smo določili več mehanizmov izbire poti vzdolž katerih poteka speleogeneza. V raziskavi smo se osredotočili na hidravlične mehanizme, ki določajo izbiro poti vzdolž katerih se razvije mreža prevodnikov v kraških vodonosnikih. Pri tem smo ločili in ovrednotili mehanizme, ki delujejo v zgodnji fazi speleogeneze, ko so vsi kanali v pogojih toka pod tlakom, in mehanizme, ki odločajo o izbiri poti med prehodom v tok z odprto gladino. Rezultate smo interpretirali v luči konceptualnih modelov speleogeneze in ugotovili precejšnje ujemanje. Vodja projekta je delo predstavil vabljenem predavanju na posvetu znanstvenega srečanja *Carbon and Boundaries in Karst*, ki ga je januarja 2013 v Carlsbadu v Novi Mehiki organiziral

ameriški Karst Waters Institute. Rezultate smo predstavili tudi na Svetovnem kongresu speleologov leta 2014 v Brno. Tam je vodja projekta tudi organiziral in vodil sekcijo o modeliranju na krasu. Članek z rezultati smo objavili v reviji *Hydrology and Earth System Sciences* (Perne *et al.*, 2014).

Problematika vertikalne organizacije kraških prevodnih sistemov je že več kot stoletje ena osrednjih tem v raziskavah krasa. V reviji *Geomorphology* (Gabrovšek *et al.*, 2014) smo objavili članek, v katerem smo predstavili model vertikalnega razvoja krasa v pogojih hitrega vrezovanja erozijske baze. V osnovi gre za precej enostaven analitični model, ki upošteva pretakanje, raztapljanje in transport vzdolž zaporednega sistema razpok. Rezultat modela je kvantitativni kriterij, ki razmejuje prostor parametrov v del, ko se bo ob vrezovanju zunanje rečne doline v krasu razvil globok kanjon in del, ko bo sistem prevodnikov v več nivojih. Model je naletel na precejšen odziv med raziskovalci, saj pomembno dopolnjuje pomanjkljivosti do sedaj splošno sprejetih konceptualnih speleogenetskih modelov. Delo smo predstavili na Mednarodnem speleološkem kongresu v Brnu, delo pa bo kot uvodno predavanje predstavljeno na letošnji Mednarodni krasoslovni šoli.

Nadaljevali smo tudi sodelovanje z raziskovalno skupino v Berlinu. V okviru tega smo razvili 3D model oblikovanja udornic, ki predvideva, da udornice nastajajo v kot posledica spodjedanja zaradi raztapljanja v razpoklinskih conah. Model temelji na pristopu, ki smo ga razvili (in objavili) na IZRK, vendar tokrat v 3D modelski domeni, ki vključuje nove mehanizme, ki jih v dosedanjem 2D modelu nismo mogli obravnavati. Članek o tem je v letu 2014 izšel v reviji *Acta Carsologica* (Hiller *et al.*, 2014).

S skupino v Berlinu smo sodelovali tudi pri modelski raziskavi, ki je osvetlila problematiko razvoja krasa v globino. Pri tem smo uporabili numerični model razvoja ene same prevodne poti in opazovali hitrost razvoja glede na globino, ki jo doseže. Upoštevali smo, da z globino temperatura sledi geotermičnemu gradientu, kar zmanjšuje viskoznost vode in topnost kalcita. Članek je v letu 2014 izšel v reviji *Water Resources Research* (Kaufmann *et al.*, 2014), rezultati pa leta 2015 predstavljeni na srečanju Evropske zveze za geoznanosti na Dunaju.

Obravnavali smo izmenjavo vode med prevodniki in okoliško prevodno matrico, ki je eden temeljnih problemov kraške hidrologije. Pri tem smo uporabili metodo fundamentalnih rešitev (MFS) in desingularizirano različico te metode (BDS). Ugotovili smo dobro ujemanje med obema rešitvama in dobro ujemanje z analitičnimi rešitvami pri tako rešljivih problemih. Izsledke smo objavili v reviji *Engineering analysis with boundary elements* (Perne *et al.*, 2012). Metodo smo nadgradili in priredili v model napetosti in deformacij, uporaben za izračun mehanskega stanja kraških tal. Opisano predstavlja prvi tovrstni dosežek, tudi v svetovnem merilu, na področju računske mehanike trdnin. Poglavitna značilnost razvite nove nesingularne metode fundamentalnih rešitev je diskretizacija samo po fizikalnem robu območja. To predstavlja bistveno prednost pred klasičnimi pristopi kot je npr. metoda končnih elementov. Nova metoda ima veliko uporabnost, saj je z njo mogoče računati napetostno stanje tudi več skalnatih struktur v stiku. Metodo smo v letu 2013 dopolnili za anizotropen elastični medij ter za več anizotropnih formacij v stiku. V letu 2013 smo nesingularno metodo fundamentalnih rešitev razvili tudi za probleme Stokesovega toka. Opisani razvoj omogoča računanje termomehanskih in termofluidnih kraških pojavov na povsem novi način. Obe raziskavi sta bili v letu 2014 objavljeni v uglednih mednarodnih revijah (Qingguo & Šarler 2014, Sinchich & Šarler 2014).

Razvili smo model raztapljanja kamnine v pogojih turbulentnega toka. Izhodišče te raziskave je problem geneze faset (polja žličkastih vdolbin), ki prekrivajo jamske stene. Gre za zanimiv teoretični problem, katerega razrešitev bi lahko prinesla pomembna spoznanja o razvoju kraških jam.

Model predpostavlja turbulentni tok v stiku s topno steno, pri čemer je hitrost odmika stene v neki točki sorazmerna razliki med koncentracijo raztopljenih ionov v tekočinskem elementu, ki je v stiku s steno in normirano ravnotežno koncentracijo. V modelu predvidimo začetno geometrijo stene, ki se v časovnih korakih zaradi raztapljanja preoblikuje. Tok v vsakem koraku rešimo s stacionarnim $k-\epsilon$ modelom v okolju OpenFoam. Tok je sklopljen s skalarnim transportom, ki upošteva turbulentno

difuzijo in advekcijo. Uporabili smo prilagodljivo računsko mrežo s sub-mikronsko diskretizacijo ob meji tekočina-kamnina. Na ta način ni bila potrebna empirična obravnava mejne plasti. Z modelom smo računali stabilnost faset in hitrost raztapljanja apnenca in sadre pri različnih hitrostih toka. Rezultate smo zbrali v rokopis, ki je v postopku recenzije v reviji Mathematical Geosciences.

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

V okviru projekta smo uspešno združili delo treh skupin, ki sicer delujejo na različnih področjih znanosti. V krasoslovje smo prinesli nove pristope in rešitve; razvili smo več modelov speleogeneze, pretakanja podzemnih voda in raztapljanja vodotopnih kamnin. Zastavljene cilje smo izpolnili tudi z rednim objavljanjem in poročanjem rezultatov. Nekaj metod, ki smo jih nameravali prvotno uporabiti, se je izkazalo za manj uporabne v izbranih primerih, zato smo jih zamenjali z drugimi pristopi.

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

Tekom izvajanja projekta je prišlo do nekaj sprememb v sestavi projektne skupine:

V projektne skupini na Univerzi v Novi Gorici sta Dr. Qingguo Liu in dr. Katarina Mramor nadomestili dr. Božidarja Šarlerja ter dr. Gregorja Kosca, ki nista več zaposlena na UNG.

V programski skupini IZRK ZRC SAZU v letu 2014 ni več sodelovala Dr. Janja Kogovšek, saj je svoje naloge v okviru projekta končala v prejšnjem letu.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁵

		Znanstveni dosežek	
1.	COBISS ID	3547899	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Nesingularna metoda fundamentalnih rešitev na podlagi Laplaceove dekompozicije za dvodimenzionalne probleme Stokesovega toka
		ANG	Non-singular method of fundamental solutions based on Laplace decomposition for 2D Stokes flow problems
	Opis	SLO	V članku obravnavamo rešitev 2D Stokesovega toka z Dirichletovimi in oprijemnimi robnimi pogoji na podlagi nesingularne metode fundamentalnih rešitev. Stokesova enačba je razstavljena na tri povezane Laplaceove enačbe za modificirano hitrost in tlak. Rešitev temelji na kolokaciji robnih pogojev na fizikalnih robovih sistema na podlagi fundamentalne rešitve Laplaceove enačbe. Singularnosti so odstranjene na podlagi njihovega glajenja po diskih okoli njih. Odvodi na robovih v singularnih točkah so izračunani na podlagi preproste referenčne rešitve. V NMFS ne potrebujemo umetnega roba kot pri klasični metodi fundamentalnih rešitev (MFS). Numerični primeri obsegajo problem gnane kotanje na kvadratu, rešitev toka v krogu, ki ima analitično rešitev, in tok v pravokotnem kanalu. Natančnost izračunov je preverjena na podlagi primerjave z MFS rešitvami in analitičnimi rešitvami. Poglavitna prednost metode je njen preprost, zgolj robni brez mrežni karakter izračunov in možnost neposredne razširitve na 3D probleme, probleme s premičnimi robovi in inverzne probleme.

		the collocation of boundary conditions at the physical boundary by the fundamental solution of Laplace equation. The singularities are removed by smoothing over on disks around them. The derivatives on the boundary in the singular points are calculated through simple reference solutions. In NMFS no artificial boundary is needed as in the classical Method of Fundamental Solutions (MFS). Numerical examples include driven cavity flow on a square, analytically solvable solution on a circle and channel flow on a rectangle. The accuracy of the results is assessed by comparison with the MFS solution and analytical solutions. The main advantage of the approach is its simple, boundary only meshless character of the computations, and possibility of straightforward extension of the approach to three-dimensional (3D) problems, moving boundary problems and inverse problems.
	ANG	
	Objavljeno v	Tech Science Press; Computer modeling in engineering & sciences. CMES; 2014; Vol. 99, no. 5; str. 393-415; Impact Factor: 1.183; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.131; WoS: IF, PO; Avtorji / Authors: Sincich Eva, Šarler Božidar
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
2.	COBISS ID	3222779 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Nesingularna metoda fundamentalnih rešitev za anizotropno elastičnost
		ANG Non-singular Method of Fundamental Solutions for anisotropic elasticity
	Opis	SLO Namen članka je razvoj nesingularne metode fundamentalnih rešitev (NMFS) za dvodimenzionalne anizotropne probleme linearne elastičnosti. NMFS temelji na klasični metodi fundamentalnih rešitev (MFS) z regularizacijo singularnosti. To je doseženo na podlagi nadomestitve koncentriranih točkovnih ozvorov z distribuiranimi točkovnimi izvori po krožnih diskih okoli singularnosti, kot smo pred kratkim razvili za probleme izotropne linearne elastičnosti. V primeru robnih pogojev premika so vrednosti distribuiranih izvorov izračunane s preprosto numerično proceduro, saj analitična rešitev ni na voljo. V primeru robnih pogojev oprijema so desingularizirane vrednosti odvodov fundamentalne rešitve v smeri koordinatnih osi, kot so potrebne pri izračunih, evaluirane indirektno na podlagi dveh referenčnih rešitev z linearno spremenljivimi polji premika. Izvedljivost in natančnost novo razvite metode je demonstrirana na podlagi priomerjave z MFS rešitvami in analitičnimi rešitvami za spekter anizotropnih ravninskih elastičnih problemov, vključno z bi-materiali. NMFS izkazuje podobne rezultate kot MFS v vsem spektru izdelanih testov. Ker metoda nima fiktivnega roba je še posebej primerna za uporabo pri problemih z več telesi, kjer MFS popolnoma odpove.
		ANG The purpose of the present paper is to develop a Non-singular Method of Fundamental Solutions (NMFS) for two-dimensional anisotropic linear elasticity problems. The NMFS is based on the classical Method of Fundamental Solutions (MFS) with regularization of the singularities. This is achieved by replacing the concentrated point sources with distributed sources over disks around the singularity, as recently developed for isotropic elasticity problem. In case of the displacement boundary conditions, the values of distributed sources are calculated by a simple numerical procedure, since the closed form solution is not available. In case of traction boundary conditions, the respective desingularized values of the derivatives of the fundamental solution in the coordinate directions, as required in the calculations, are calculated indirectly by considering two reference solutions of the linearly varying simple displacement fields. The feasibility and accuracy of the newly developed method are demonstrated through comparison with MFS solutions and analytical solutions for a spectra of anisotropic plane strain elasticity problems, including bi-material arrangements. NMFS turns out to give similar results as the MFS in all

		spectra of performed tests. The lack of artificial boundary is particularly advantageous for using NMFS in multi-body problems, where MFS completely fails.
	Objavljeno v	Elsevier; Engineering analysis with boundary elements; 2014; Vol. 45; str. 68-78; Impact Factor: 1.437; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.131; A': 1; WoS: IF, PO; Avtorji / Authors: Liu Qingguo, Šarler Božidar
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	37575981 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Problem globokih tokov v krasu
		<i>ANG</i> Deep conduit flow in karst aquifers revisited
	Opis	<i>SLO</i> V članku obravnavamo problem globokega razvoja meteornih kraških jam. Precej nekritično sprejeta Worthingtonova hipoteza trdi, da je razvoj jam ob globokih strukturah bolj verjeten zaradi padanja viskoznosti ob naraščanju temperature z globino. Worthingtonov koncept smo preverili z numeričnim modelom, ki poleg zmanjševanja viskoznosti upošteva tudi druge spremenljivke. Model pokaže, da močno prevladajo učinki, ki negativno vplivajo na speleogenezo v globini. Glavna sta zmanjševanje začetne prepustnosti z naraščanjem globino litostatičnega tlaka in padanju topnosti kalcita z naraščanjem temperature.
		<i>ANG</i> The paper discusses problem of deep conduit evolution in karst aquifers. Uncritically accepted hypothesis of Worthington claims that deep flow pathways are prone to speleogenesis as the viscosity diminishes with increase of temperature when the water penetrates into deep structures. Our model opposes the claim and clearly demonstrates that other mechanisms, which make deep speleogenesis less favourable prevail. Among them decrease of initial openings due to the lithostratigraphic stress and decrease of solubility with depth are the most important.
	Objavljeno v	American Geophysical Union.; Water resources research; 2014; Vol. 50, iss. 6; str. 4821-4836; Impact Factor: 3.709; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.574; A'': 1; A': 1; WoS: JA, OU, ZR; Avtorji / Authors: Kaufmann Georg, Gabrovšek Franci, Romanov Douchko
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID	37810733 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Razvoj mreže kraških prevodnikov na prehodu iz toka pod tlakom v tok z odprto gladino
		<i>ANG</i> Evolution of karst conduit networks in transition from pressurized flow to free-surface flow
	Opis	<i>SLO</i> Razvili in uporabili smo prvi numerični model, ki simulira razvoj kraškega vodonosnika v zreli fazi, ko tok v kraških kanalih preide iz toka pod tlakom v tok z odprto gladino. Z modelom smo odkrili in opisali več mehanizmov izbora smeri vodne toka med razvojem vodonosnika.
		<i>ANG</i> A novel numerical model is presented, that simulates evolution of karst conduit network in transition from pressurised to free surface flow. Several new mechanisms of flow pathway selection in karst aquifers are described.
	Objavljeno v	European Geophysical Society; Hydrology and earth system sciences; 2014; Vol. 18, no. 11; str. 4617-4633; Impact Factor: 3.642; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.497; A': 1; WoS: LE, ZR; Avtorji / Authors: Perne Matija, Covington Matt, Gabrovšek Franci
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine⁶

	Družbeno-ekonomski dosežek	
1.	COBISS ID	33360941 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Dinamika in vzorci razvoja kraških vodosnikov <i>ANG</i> Dynamics and patterns of karst aquifer evolution
	Opis	<i>SLO</i> Vabljen predavanje v okviru konferenceimpozija "Carbonate Geochemistry: Reactions and Processes in Aquifers and Reservoirs" ,Billings, Montana, ZDA. V vabljenem predavanju z naslovom:"Dynamics and patterns of karst aquifer evolution: A modelling perspective". Na predavanju smo predstavili dolgoletno delo na področju modeliranja speleogeneze in predstavili sintezo rezultatov modelskih raziskav. Posebej smo obravnaval geometrijo kraških prevodnikov v odvisnosti od različnih speleogenetskih procesov in mehanizmov. <i>ANG</i> Invited lecture at the conference "Carbonate Geochemistry: Reactions and Processes in Aquifers and Reservoirs" ,Billings, Montana, ZDA. A review of attempts and results of speleogenetic modelling was given, particularly focusing on geometries of conduit systems as a result of different speleogenetic processes and mechanisms.
	Šifra	B.04 Vabljen predavanje
	Objavljeno v	Karst Water Institute; Carbonate geochemistry; 2011; Str. 23-26; Avtorji / Authors: Gabrovšek Franci
	Tipologija	1.06 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci (vabljen predavanje)
2.	COBISS ID	6427138 Vir: vpis v poročilo
	Naslov	<i>SLO</i> Acta carsologica. Gabrovšek, Franci (glavni in odgovorni urednik 2011-) <i>ANG</i> Acta carsologica. Gabrovšek, Franci (editor-in chief, 2011-)
	Opis	<i>SLO</i> Acta carsologica je osrednja mednarodna krasoslovna revija. Vključena je v več vodilnih mednarodnih bibliografskih baz, med njimi tudi v SCI. Faktor vpliva revije se giblje med 0.55 in 0.75. Revijo odlikuje izjemna pestrost avtorjev in tematik. V zadnjih letih je v reviji objavljenih vse več člankov s področja modeliranja v krasoslovju. Revija je eden temeljnih stebrov, ki postavljajo slovensko krasoslovje v svetovni vrh. <i>ANG</i> Acta carsologica is one of the main international karstological journals. It is indexed by several international bibliographical bases, including SCI. It IF is between 0.55 and 0.75. The journal is known for its wide range of contributors and topics. In recent years increasing number of paper on modelling in karstology have been published. The journal is one of the main pillars supporting the leading role of Slovene karstology.
	Šifra	C.04 Uredništvo mednarodne revije
	Objavljeno v	Acta carsologica. Gabrovšek, Franci (glavni in odgovorni urednik 2011-). Ljubljana: Slovenska akademija znanosti in umetnosti; Postojna: Znanstvenoraziskovalni center SAZU, Inštitut za raziskovanje Krasa, 1974-. ISSN 0583-6050. [COBISS.SI-ID 6427138]
	Tipologija	4.00 Sekundarno avtorstvo
3.	COBISS ID	3673851 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Metoda fundamentalnih rešitev na podlagi blobov za probleme počasnih tokov <i>ANG</i> Blob based method of fundamental solutions for creeping flow problems
		V vabljenem predavanju predstavimo razvoj metode fundamentalnih rešitev na podlagi blobov za probleme večfazih Stokesovih tokov. Bistvo metode je

	Opis	SLO	preoblikovanje fundamentalne rešitve tako, da se njena nesingularnost analitično zgladi. Omenjeno rezultira v izjemno zapletenih izrazih za modificirano fundamentalno hitrost in tlak. Predstavimo 2D, 3D in osnosimetrično verzijo metode. Prednost metode je njen nesingularni karakter.
		ANG	We present in the invited lecture development of method of fundamental solutions based on blobs for multiphase Stokes flow problems. The essence of the method is analytical reformulation of the fundamental solution around singularity in sense of analytical smoothing. The results are extremely complicated expressions for modified fundamental velocity and pressure. We present 2D, 3D and axisymmetric version of the method. The advantage of the method is its non-singular character.
	Šifra	B.04 Vabljen predavanje	
	Objavljeno v	2014; Avtorji / Authors: Šarler Božidar	
	Tipologija	3.14 Predavanje na tuji univerzi	
4.	COBISS ID	34417965	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Organizacija mednarodne krasoslovne šole
		ANG	Organisation of International Karstological School
	Opis	SLO	Mednarodna krasoslovna šola, ki jo že od leta 1993 redno organizira Inštitut za raziskovanje krasa, je z udeležbo okrog 150 raziskovalcev največje vsakoletno srečanje krasoslovcev na svetu. Vsako leto je izbrana vodilna tema, ki je predstavljena z vabljenimi predavanji, posterji in terenskimi ekskurzijami. Vodja projekta Franci Gabrovšek je član organizacijskega odbora od leta 1996 in vodja organizacije v letih 2001, 2009, 2012 in 2013. Tematika slednjih dveh je bila neposredno vezana na projekt. Gabrovšek je pri njih sodeloval tudi kot uvodni predavatelj.
		ANG	Since 1993 the Karst Research Institute ZRC SAZU has regularly organized the International Karstological School. With approximately 150 participants it is the biggest annual meeting of karstologists in the world. Each year the main topic is selected and presented by keynote lectures, posters and field excursions. The Project leader Franci Gabrovšek has been a member of organising committee in all events since 1996 and leader or co-leader of the organisation in 2001, 2009, 2012, and 2013. The topics of the latter two were directly related to the project. In these events Gabrovšek was also a keynote lecturer.
	Šifra	B.01 Organizator znanstvenega srečanja	
Objavljeno v	Karst Research Institute, Scientific Research Centre of the Slovenian Academy of Sciences and Arts; 2012; 80 str.; Avtorji / Authors: Mihevc Andrej, Gabrovšek Franci		
Tipologija	2.25 Druge monografije in druga zaključena dela		
5.	COBISS ID	35867437	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Organizacija sekcije "Modeliranje krasa in jam" v okviru 16. Svetovnega speleološkega kongresa, Brno, 2013
		ANG	Organisation of session "Modelling in Karst and Cave Environments" within 16th International Congress of Speleology, Brno 2013
	Opis	SLO	Svetovni speleološki kongres je največje zborovanje speleologov in krasoslovcev na svetu. Vsake štiri leta ga organizira Mednarodna speleološka zveza. Na lanskem kongresu v Brnu na Češkem, je Franci Gabrovšek organiziral in vodil sekcijo o modeliranju v kraških okoljih. V okviru sekcije je predstavil tudi modelske raziskave razvoja mreže kraških

		kanalov na prehodu iz freatičnih v vadozne pogoje.
	ANG	International Speleological Congress is the largest meeting of karstologists and speleologists, organised quadrennially by the International Union of Speleology. A session "Modelling in Karst and Cave Environments" was organised and led by Franci Gabrovšek, who also presented a talk on modelling speleogenesis at the transition between pressurised and free surface flow.
Šifra	B.01	Organizator znanstvenega srečanja
Objavljeno v	International Union of Speleology; Czech Speleological Society; Proceedings; 2013; Vol. 2; Str. 347-348; Avtorji / Authors: Gabrovšek Franci, Perne Matija	
Tipologija	1.08	Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁷

Skozi celoten projekt smo razvijali oz. sodelovali pri razvoju terenskih raziskovalnih tehnik, ki bi omogočile čimboljše vhodne parametre modelov oz. preverbo modelskih rezultatov. V ta namen smo razvijali sistem za zvezno merjenje koncentracije CO₂ neposredno v kraškem vodotoku. Rezultate tega dela smo objavili v reviji Geomorphology (Covington et al. (2013)). Sodelovali smo tudi pri razvoju uporabe terestičnega skenerja v speleologiji. Rezultati tega dela so v pripravi za objavo. Člani raziskovalne skupine so sodelovali tudi pri razvoju novih tehnik sledenja podzemnih voda in zveznega monitoringa kraških vodonosnikov. COVINGTON, Matt, PRELOVŠEK, Mitja, GABROVŠEK, Franci. Influence of CO₂ dynamics on the longitudinal variation of incision rates in soluble bedrock channels : feedback mechanisms. Geomorphology, ISSN 0169-555X. [Print ed.], 2013, vol. 186, str. 85-95.

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Raziskovanje krasi je vse bolj usmerjeno v razumevanje temeljnih procesov in mehanizmov, ki so bistveni za razvoj, lastnosti in pojavne oblike na krasu. Kvantitativni modelski pristopi dobivajo v krasoslovju vse večji pomen, saj kras s kompleksnostjo in mnogoterostjo procesov ponuja številne nerešene izzive. V projektu smo obravnavali niz problemov, ki so v središču pozornosti krasoslovja. Odkrili smo nove mehanizme speleogeneze, predstavili nove pristope pri modeliranju podzemnega toka in modeliranju raztapljanja kamnin na krasu. Rezultate projekta smo uspešno predstavili mednarodni znanstveni javnosti in s tem že vzpodbudili nove raziskave na tem področju znanosti. Številne pobude za sodelovanje, ki smo jih prejeli, so jasen dokaz za to.

ANG

Karst research has been increasingly focused toward understanding basic processes and mechanisms which drive its evolution and function. To this extent a quantitative modelling approach is becoming one of the cornerstones of modern karst studies. Karst with the complexity of processes poses many open questions to modellers. We have discovered new speleogenetic mechanisms and introduced new modelling approaches to ground water flow and dissolution of soluble rocks. Results have been presented to international scientific community and have already initiated new research by other teams. Many collaboration proposals are clear proof of our success.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Slovenija je dežela klasičnega krasi, kjer so bili kraški pojavi najprej deležni znanstvene obravnave. Inštitut za raziskovanje krasi ZRC SAZU je vodilna krasoslovna inštitucija v svetu. Seveda pa to mesto lahko ohranimo le z novimi izvirnimi prispevki, ki pomenijo mejnike v

krasoslovju. Ne dvomimo, da jih je omenjeni projekt dal kar nekaj. Po drugi strani pa je projekt združil raziskovalce z različnih področij (kras, modeliranje), ki že konkretno razmišljajo tudi o sodelovanju v prihodnosti.

ANG

Slovenia is a land of Classical Karst, where karst phenomena attracted first scientific attention. Slovene karstology with Karst Research Institute SRC SASA holds the leading position. However, this position will only be kept when new original contributions presenting milestones in karstology are made here. We are convinced that this project has resulted in such contributions. Furthermore, the project brought together research team with different but complementary profiles, who are already having concrete discussion on the future cooperation.

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"/>
	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"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.22	Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.25	Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.26	Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev	

	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.28	Priprava/organizacija razstave	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.29	Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
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="text"/>	<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="text"/>	<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="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
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	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.09.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

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 2014¹²**13.1. Izjemni znanstveni dosežek**

Numerični modeli so v zadnjem četrtoletju ključ do razumevanja dinamike razvoja mreže kanalov v kraškem vodonosniku. Dosedanji modeli so se omejevali na zgodnje faze razvoja v toku pod tlakom. Večina kraških kanalov pa "doživi" prehod iz toka pod tlakom v tok s prosto gladino in nadaljnji razvoj v takih pogojih. V delu smo razvili model razvoja mreže kraških kanalov, ki simulira razvoj mreže v pogojih toka pod tlakom in v pogojih toka s prosto gladino. Model za izračun toka uporabi rešitev modela EPA SWMM in ga sklopi z raztapljanjem sten in transportom raztopljenih ionov. Gre za prvi model, ki omogoča simulacijo razvoja kraških kanalov v kasnejših speleogenetskih fazah. Z njim smo določili več mehanizmov izbire poti speleogeneze, pri čemer smo se osredotočili predvsem na hidravlične mehanizme. Rezultate

smo interpretirali v luči konceptualnih modelov speleogeneze in ugotovili precejšnje ujemanje.

13.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

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

Franci Gabrovšek

ŽIG

Kraj in datum:

Postojna

16.3.2015

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2015/195

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](#)

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 2014 (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 priponko/-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/2015 v1.00a

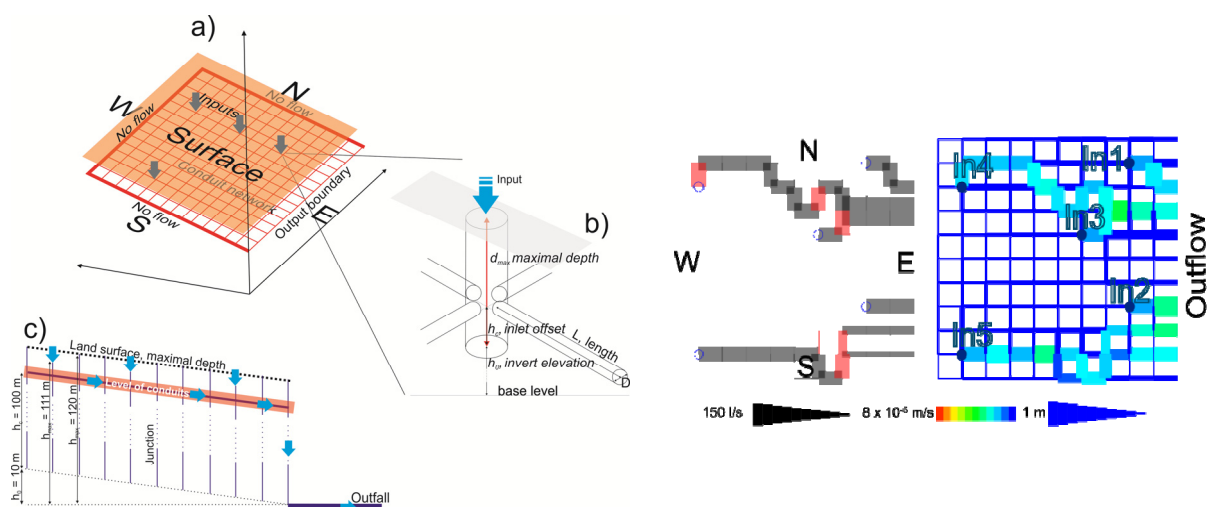
74-71-A1-A2-68-8A-35-D3-31-47-C2-9A-EC-2D-E9-03-53-88-44-EF

Priloga 1

2. TEHNIKA

2.05 Mehanika

Dosežek 1: PERNE, Matija, COVINGTON, Matt, GABROVŠEK, Franci. Evolution of karst conduit networks in transition from pressurized flow to free-surface flow. Hydrology and earth system sciences, 2014, vol. 18, no. 11, str. 4617-4633.



Razvili smo prvi model, ki simulira razvoj mreže kraških kanalov v pogojih toka pod tlakom in v pogojih toka s prosto gladino. Model za izračun toka uporabi rešitev modela EPA SWMM in ga sklopi z raztapljanjem sten in transportom raztopljenih ionov. Potrdili smo več konceptualnih domnev, ki temeljijo na terenskih opažanjih in pokazali na nove mehanizme, ki pomembno vplivajo na razvoj vodnih poti v kraškem masivu. Gre torej za prvi speleogenetski model, ki vključuje kasnejše faze razvoja kraških vodonosnikov.