

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2011-1/66

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	L2-0911
Naslov projekta	Modeliranje hidrodinamike, transporta plavin in nanje vezanih polutantov po metodi SPH
Vodja projekta	8247 Matjaž Četina
Tip projekta	L Aplikativni projekt
Obseg raziskovalnih ur	4.170
Cenovni razred	D
Trajanje projekta	02.2008 - 01.2011
Nosilna raziskovalna organizacija	792 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	106 Institut "Jožef Stefan" 2292 CGS plus, Inovativne informacijske in okoljske tehnologije, d.o.o.
Družbeno-ekonomski cilj	

1.1. Družbeno-ekonomski cilj¹

Šifra	05.
Naziv	Energija

2. Sofinancerji²

1.	Naziv	Soške elektrarne Nova Gorica, d.o.o.
	Naslov	Erjavčeva 20, 5000 Nova Gorica
2.	Naziv	CGS plus, Inovativne informacijske in okoljske tehnologije, d.o.o.
	Naslov	Brnčičeva ulica 13, 1000 Ljubljana
3.	Naziv	
	Naslov	

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega projekta³

V prvem letu projekta smo dopolnili pregled ob prijavi podanih teoretičnih osnov s študijem literature in dosegljivih obstoječih modelnih orodij. Zbrali smo podatke o meritvah pojavov, primernih za simulacijo z metodo SPH, opravljenih v okviru sodelujočih inštitucij in drugod. Opravljeno je bilo preliminarno testiranje modelov. Začeli pa smo tudi z razvojem lastnega numeričnega modelnega orodja, ki bo osnova za izdelavo numeričnih orodij, ki bodo tvorila jedro operativnega orodja, ki je eden od ciljev projekta. Komponenta modela za simulacijo poplavnih valov pri poružitvi pregrad je trenutno v fazi umerjanja.

Metoda SPH je uporabna za simulacije širokega spektra dinamičnih fizikalnih pojavov, razvoj modelov pa je trenutno v hitrem razmahu, ki ga omogočajo sodobne hardverske možnosti. Tako smo študiju metode posvetili ne le nekaj začetnih mesecev, pač pa kar nekaj časa kasneje, saj pojavljanje novih različic metode in zanimivih možnosti rešitev posameznih numeričnih problemov zahteva kontinuirano spremljanje. Pri tem omenimo poleg klasične literature v knjižni obliki in člankov v znanstvenih revijah še izsledke, objavljene na tretji konferenci združenja SPHERIC. Zanimive rešitve, ki smo jih uporabili ali njihovo uporabo načrtujemo pri našem numeričnem orodju, smo našli zlasti pri problemu izenačevanja tlakov. Najpogosteje uporabljane metode SPH namreč uporabljajo t.i. numerično stisljivost tekočine, zaradi česar pride do nenaravnih nihanj polja tlakov v tekočini, kar pa je mogoče z uporabo omenjenih tehnik odpraviti. Uporabne rešitve so se pokazale tudi pri obravnavanju robnih pogojev, kjer smo eno od metod priredili in iz nje izpeljali povsem originalno rešitev.

Od obstoječih modelnih orodij sta prosto dostopna SPH modela SPHYSICS 2-D in SPHYSICS 3-D, ki temeljita na modelih prof. Monaghana in so ju razvili na Johns Hopkins University (ZDA), University of Vigo (Španija), University of Manchester (VB) in University of Rome La Sapienza (Italija) v okviru združenja SPHERIC. Model je uporaben za številne aplikacije, zlasti simulacije pojavov v laboratorijskih kanalih, študije valovanja in vpliva valov na objekte.

Za testiranje in umerjanje omenjenega modela, kot tudi za testiranje in umerjanje modela Tis Isat, ki ga razvijamo v okviru tega raziskovalnega projekta, smo pridobili podatke o meritvah pojavov, ki so zanimivi za hidrodinamične simulacije z modeli SPH. Poskusi Martin & Moyce (1952), pri katerih gre za porušitev vodnih stolpcev različnih dimenzij, so klasični poskusi za testiranje modelov SPH. Poleg tega smo pridobili še rezultate meritev o sorodnem poskusu (Koshizuka & Oka 1996) ter podatke o poskusih poružitve vodnega stolpca v velikih kanalih z razširitvami in zožitvami (Rajar 1972). Pridobili in ovrednotili smo podatke o laboratorijskih simulacijah poplavnega vala, ki nastane pri poružitvi pregrade za primer Kolarjev vrh (Vodnogospodarski inštitut in FAGG 1980). V vseh primerih obstajajo tudi primerjave z drugimi numeričnimi modeli; bodisi modeli, temelječimi na SPH ali pa na metodah končnih volumnov.

V prvem letu smo pričeli z razvojem lastnega numeričnega SPH modela Tis Isat. Odločili smo se za razvoj na temelju modela numerične stisljivosti tekočine. Za obravnavanje robnih pogojev smo razvili originalno metodo, kjer obravnavamo robove zvezno. Numerični model je kodiran v programskem jeziku ++, kar omogoča razmeroma hitro izvajanje simulacij. Uporabniški vmesniki do numeričnega modela so narejeni v okolju Scilab in omogočajo enostavnejše vrste izrisov in animacijo simulacij.

Ugotovili smo, da so rezultati modela Tis Isat, ki ga razvijamo v okviru projekta, v

primerjavi z meritvami vsaj primerljivi z drugimi modeli. Za poskus porušitve vodnega stolpca smo primerjave naredili z drugimi SPH modeli, pri čemer je pri Tis Isat-u ujemanje dobro tudi pri daljših časih. Pri poskusih v kanalu z razširitvijo in pri modelih toka vode v dolini pri porušitvi pregrade primerjamo rezultate z enodimenzijskimi oziroma krivočrtnimi dvodimenzijskimi modeli končnih volumnov. Simulacije so še v delu, dosednji rezultati pa kažejo dobro ujemanje z meritvami.

V drugem letu projekta smo se posvetili zlasti razvoju modela po metodi SPH, ki pa, kot je predvideno v prijavi, poleg simulacij toka vode, omogoča tudi simulacije širjenja polutantov in sedimenta. Po ponovni presoji smo se odločili, da namesto modela rinjenih plavin razvijemo model lebdečih plavin, ki so za procese, povezane z onesnažili, pomembnejša komponenta plavin. Poleg tega se v spodnjem delu akumulacije nahajajo plavine drobnejših frakcij, ki se premeščajo pretežno v obliki lebdečih plavin. Posebej še to velja zaradi velikih hitrosti vode ob talnih izpustih. Poleg tega smo pričeli tudi z meritvami v laboratoriju, kjer nameravamo poleg klasičnih metod merjenja uporabiti tudi modernejšie metode.

Metoda SPH je široko uporabna za simulacije v hidrodinamiki, kot tudi na drugih področjih fizike. Razvoj na tej metodi temelječih modelov je zelo hiter, tako da smo spremljali tudi novosti na tam področju. Tako smo poleg dodajanja novih komponent v naš model Tis Isat izpopolnjevali tudi že v prvem letu razvite komponente modela. Metodo robnih pogojev smo uspešno predelali tako, da je uporabna za poljubno obliko digitalnega modela višin (ploskve, katerih oglišča so določena v obliki matrike višin v določeni pravokotni mreži) ter še za nekatere druge posebne oblike. Poleg tega smo delali na stabilnosti modela. Z izboljšanjem te smo dosegli tudi možnost poganjanja simulacij z daljšim časovnim korakom, kar je skrajšalo čas računov, ki so v mnogih primerih precej dolgi (reda 1 dan) zaradi velikega števila delcev (več 100 000 in v nekaterih primerih tudi milijon). Hitrost računanja smo še dodatno povečali z optimizacijo nekaterih kritičnih postopkov.

S tako izboljšanim modelom smo pričeli z izvajanjem simulacij porušitev vodnega stolpca v kompleksnejših laboratorijskih kanalih z razširitvami in zožitvami. Obdelali smo več tipov kanalov ter rezultate primerjali tako z meritvami kot tudi z predhodno izvedenimi simulacijami z modeli, ki uporabljajo drugačne numerične metode. Pokazalo se je, da model Tis Isat v primerjavi z drugimi modeli omogoča razmeroma dobro napovedovanje gladinskega stanja na mestih hipne razširitve, kot tudi na mestu vodnega skoka.

Preliminarni rezultati so bili obdelani in poslani v objavo na konferenci evropske sekcije IAHR. Sočasno smo izvajali tudi simulacije porušitve dela pregrade in iztoka vode iz realne akumulacije (Kolarjev vrh), ter posledičnega toka porušitvenega vala po strmi dolini z zahtevnimi hrapavostnimi elementi. Tudi v tem primeru smo prve rezultate že objavili na mednarodni konferenci. Od simulacije z na novo vgrajenimi možnostmi modela pa pričakujemo še boljše rezultate. Primerjave izvajamo z meritvami na fizičnem modelu, ki so ga postavili Vodnogospodarski inštitut in FAGG (1980).

Model Tis Isat smo dopolnili z več novimi komponentami. Prva omogoča simulacijo širjenja konservativnih onesnažil. Druga komponenta je namenjena simulaciji transporta lebdečih plavin, tretja pa erodiranju in odlaganju sedimenta iz podlage. Pri tem smo deloma sledili delu Zhou Li (2001), ki pa smo ga nadgradili z originalnim delom. Vse komponente so stabilne in dajejo v konceptualnem smislu pričakovane rezultate.

V tretjem letu izdelave projekta smo še naprej delali na izpopolnjevanju modela v smislu stabilnosti in hitrosti. To je zlasti pomembno zaradi možnosti dela z velikim številom računskih elementov, kar je pogosto pomembno za izračunavanje realnih problemov, ki

so večinoma tridimenzijski. S tem je model postal vsaj v pilotni obliki uporaben za izvajanje nekaterih simulacij, pomembnih za sofinancerje in druge potencialne uporabnike na področju. V zvezi s tem smo izdelali tudi operativno orodje, ki omogoča tudi konceptualno vizualizacijo v okolju Scilab. Obe komponenti, to je numerično orodje in uporabniški vmesnik, izmenjujeta podatke neposredno. Delali smo tudi na nadaljnjih izboljšavah modelov upora toku vode, kjer so se odprle številne nove možnosti za praktično uporabne raziskave. Začeto delo predstavlja dober temelj za številne možnosti za prihodnje delo.

Posebno pozornost smo posvetili izvajanju simulacij in objavljanju prispevkov na domačih in tujih konferencah ter v znanstvenih publikacijah. Nadaljevali smo z raziskavami na področju porušitve pregrad, kjer smo preverili tudi model praznjenja akumulacije v primeru porušitve pregrade. Posvetili smo se nekaterim postopkom v zvezi z obdelavo rezultatov, pridobljenih s simulacijami po metodi SPH. Ker so v tem primeru računski elementi delci, nekaterih pomembnih hidrodinamičnih količin ni mogoče dobiti neposredno. Mednje spada predvsem globina vodnega toka, katere izračun na podlagi položaja delcev predstavlja na območjih, kjer se topografija hitro spreminja, poseben izziv. Taka območja so predvsem ozke doline vodotokov, posebej, če je tok izrazito neenakomeren po prečnem prerezu. Slednje je tipično za primere simulacij porušitvenih valov, kjer zaradi velike kinetične energije vodnega toka, ki omogoča vzpenjanje vode po bregovih, gladina vzdolž bregov doline zelo variira. S pomočjo izboljšanih metod smo dosegli zadovoljive rezultate. Poleg tega smo pridobili in obdelali dodatne meritve v preteklosti izvedenih laboratorijskih poskusov vodnega toka skozi razširitev, kot tudi pretekle simulacije z dvodimenzijskimi modeli za omenjene primere.

V sodelovanju s Fakulteto za strojništvo smo izvedli poskuse porušitve vodnega stolpca z različnimi robnimi pogoji v našem laboratoriju. Poskusi poleg različnih robnih pogojev vključujejo tako primere z odtokom vode iz sistema, kot tudi z zaprtimi robovi, kar povzroča odboj vala in je zato še posebej zanimivo za preverjanje modelov. Podatke smo obdelali in preverili ter izvedli ustrezne simulacije z numeričnim orodjem.

Objavili smo prispevke na treh domačih konferencah (Goljevščkov dan, Kuhljev dan, Slovensko društvo za hidravlične raziskave) ter eni tuji konferenci (First European Congress of International Association for Hydro-Environment Engineering and Research) ter v znanstveni publikaciji (Strojniški vestnik / Journal of Mechanical Engineering). Del časa smo posvetili tudi izdelavi končne dokumentacije in navodil za delo z modelom SPH ter poročilom o opravljenih simulacijah, kar predstavlja pomembno fazo projekta za nadaljnji razvoj, ki ga je možno pričakovati vsled hitrega razvoja metode in njenega pomena v mednarodnem merilu.

4. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev⁴

Realizacija raziskovalne hipoteze je potekala v skladu z načrti. Uvodoma smo izvedli študij literature in pregled ter izbiro obstoječih modelov, ter njihovo testiranje. V času celotnega projekta, predvsem pa v začetni fazi, smo zbrali informacije ter podatke in rezultate o obstoječih meritvah pojavov, ki smo jih uporabili za testiranje modela v okviru projekta. Uspeli smo pridobiti večje število laboratorijskih meritev, ki se nanašajo na porušitev vodnega stolpca in posledično širjenje poplavnega vala, pri čemer nekateri poskusi vsebujejo tudi odboj vala od stene na drugi strani kanala, ter tok skozi razširitve in zožitve. Pridobili smo tudi podatke o porušitvi pregrade na fizčnem modelu z realno topografijo ter izvedli več poskusov v laboratoriju. Tako smo zadovoljivo izpolnili zbiranje drugih in lastnih podatkov. Poudarek je bil na hidrodinamičnih pojavih, s čimer smo nadomestili nekoliko manjšo pozornost, ki smo jo posvetili okoljskim komponentam. Na tem področju smo izvajali predvsem kvalitativne primerjave, ki pa so obsegale tako sedimente kot raztopljena onesnažila. Tovrstne spremembe so sicer v zgodnji fazi razvoja numeričnih modelov, kar je predstavljal ta projekt, pričakovane.

Razvoj numeričnega modela za simulacije toka vode po metodi SPH smo začeli nekoliko predčasno in dokončali v skladu z načrtom. Najprej smo razvili komponento, s katero je mogoče simulirati poplavni tok v primeru porušitev pregrad na enostavni topografiji, v drugem letu pa smo dodali še kompleksnejše vrste robnih pogojev ter preostale komponente (plavine in onesnažila). V skladu z načrtom so bili izdelani tudi uporabniški vmesniki za enostavnejšo uporabo modela in vizualizacija rezultatov kot pripomoček za operative namene. V okviru razpoložljivega časa smo izvedli tudi optimizacije numeričnega modela, s čimer smo izboljšali računsko hitrost in povečali število računskih elementov, ki jih lahko uporabimo pri simulacijah. Delo na modelu in povezanih orodjih je bilo opravljeno v celoti.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine⁵

Ni bilo bistvenih sprememb programa raziskovanega projekta.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁶

Znanstveni rezultat		
1.	Naslov	<i>SLO</i> Vpliv trenja ob robovih pri simulacijah toka po metodi SPH
		<i>ANG</i> Effects of boundary friction in SPH flow simulations
	Opis	<i>SLO</i> Matematična utemeljitev, izdelava in vgradnja novega robnega pogoja v metodi SPH.
		<i>ANG</i> Mathematical background, implementation and the addition of a new boundary condition into the SPH method.
	Objavljeno v	http://wiki.manchester.ac.uk/spheric/index.php/Newsletters
	Tipologija	1.03 Kratki znanstveni prispevek
	COBISS.SI-ID	4611937
2.	Naslov	<i>SLO</i> Simulacija porušitve pregrade in toka po strmi dolini z metodo SPH
		<i>ANG</i> Simulations of Dam-Break and Flow Through a Steep Valley Using SPH
	Opis	<i>SLO</i> Razvoj in umerjanje matematičnega modela na primeru delne porušitve nasipov črpalne akumulacije hidroelektrarne Kolarjev vrh.
		<i>ANG</i> Development and calibration of the mathematical model on a case study: partial embankment collapse of a pumping hydro power plant storage basin.
	Objavljeno v	Zbornik mednarodne konference IAHR, Vancouver, 2009.
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
	COBISS.SI-ID	4709729
3.	Naslov	<i>SLO</i> Numerična simulacija razširitve toka z metodo SPH
		<i>ANG</i> Numerical simulation of flow expansion with SPH
	Opis	<i>SLO</i> Izpopolnitev računskega orodja in simulacije različnih vrst razširitev v toku po metodi SPH.
		<i>ANG</i> Improvement of the computational engine and simulation of various types of flow expansion using the SPH method.
	Objavljeno v	Zbornik mednarodne konference EIAHR, Edinburgh, 2010.
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
	COBISS.SI-ID	5016161
4.	Naslov	<i>SLO</i> Vpeljava zveznih robov s trenjem v metodo SPH
		<i>ANG</i> Application of Non-Discrete Boundaries with Friction to Smoothed Particle Hydrodynamics
	Opis	<i>SLO</i> Razvoj numeričnega modela na temelju SPH in vpeljavo zveznih robov ter hrapavosti po robovih.
		<i>ANG</i> Development of an SPH based numerical model with continuous boundaries with friction.
	Objavljeno v	Strojniški vestnik (Jornal of Mechanical Engineering).

	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID	5094753
5.	Naslov	SLO Uporaba metode SPH za dinamične simulacije tokov v hidromehaniki
		ANG Application of the SPH method to dynamic simulation of flows in fluid mechanics
	Opis	SLO Pregled stanja metode SPH v Sloveniji in v svetu s teoretičnega in uporabnega vidika.
		ANG State of the art review of the SPH method in Slovenia and worldwide from theoretical viewpoint and applications.
	Objavljeno v	Zbornik del Kuhljevi dnevi, Ljubljana, 2010.
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
COBISS.SI-ID	5154145	

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine⁶

Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat		
1.	Naslov	SLO Predstavitev metode in modela SPH širši slovenski hidrotehnični javnosti (vabljeni predavanja na SDHR)
		ANG Presentation of the SPH method and models to Slovenian hydraulic research society (invited lecture at the SDHR)
	Opis	SLO Strokovni in znanstveni javnosti je bila predstavljena metoda SPH in njena uporabnost v hidravličnem modeliranju. Prikazan je bil razvoj modela v zadnjih letih in potencialna uporabnost SPH modelnih orodij v različnih vrstah hidravličnih raziskav. Naslov predavanja, prikazanega na srečanju Slovenskega društva za hidravlične raziskave (SDHR) je bil "Uporaba metode SPH za simulacije napredovanja valov pri poružitvah vodnega stolpca".
		ANG The SPH method and the possibilities of its use in hydraulic modelling were presented to the interested professionals and scientists. The development of the model during the last couple of years and the potential usability of the SPH modelling tools in different fields of hydraulic research was shown. The title of the lecture, presented at the meeting of the Slovenian Association for Hydraulic Research (SDHR), was »Application of the SPH method to wave propagation due to water column collapse«.
	Šifra	F.17 Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso
	Objavljeno v	Vabljeni predavanja na SDHR (Slovensko društvo za hidravlične raziskave): Gregor Petkovšek: Uporaba metode SPH za simulacije napredovanja valov pri poružitvah vodnega stolpca. SDHR, 30.3.2010.
	Tipologija	3.25 Druga izvedena dela
COBISS.SI-ID	5351777	
2.	Naslov	SLO Simulacija poružitve pregrade in toka po strmi dolini z metodo SPH
		ANG Simulations of Dam-Break and Flow Through a Steep Valley Using SPH
	Opis	SLO Analiza potovanja poplavnega vala po strmih dolinah.
		ANG An analysis of flood wave propagation through steep valleys.
	Šifra	F.17 Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso
	Objavljeno v	Zbornik mednarodne konference IAHR, Vancouver, 2009.
COBISS.SI-ID	4709729	
3.	Naslov	SLO Uporaba metode SPH za račun tokov s prosto gladino; Simulacije poružitve nasipa zgornje akumulacije črpalne elektrarne Kolarjev vrh po metodi SPH
		ANG Application of the SPH method to simulations of free surface flow; Simulations of dam-break on a pumped-storage HPP Kolarjev vrh using the SPH method
		Vrednotenje vpliva posameznih parametrov na rezultate modela pri poružitvah pregrad v a) naravnih rečnih strugah manjšega naklona in b)

Opis	SLO	izrazito strmih strugah. Vrednotenje vpliva različnih definicij hrapavosti na potovanje poplavnega vala.
	ANG	Evaluation of the impact of different parameters on simulation results for simulations of dam breaks in a) natural channels with lower slope and b) extremely steep valleys. Evaluation of different roughness definitions on propagation of the flood wave.
Šifra	F.02 Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
Objavljeno v	Prispevka na Goljevščkovem spominskem dnevu 2009 in 2011, organiziranih srečanjih slovenske hidrotehnične javnosti (UL-FGG)	
Tipologija	3.25 Druga izvedena dela	
COBISS.SI-ID	5352289	
4. Naslov	SLO	Simulacija laboratorijske porušitve pregrade po metodi SPH z analizo modela trenja
	ANG	Simulation of a laboratory dam break experiment with the SPH method and the analysis of the friction model
Opis	SLO	Predstavljena je raziskava odvisnosti koeficienta trenja ob trdnih robovih od velikosti delcev. Rezultati študije kažejo, da sedanja formulacija trenja ob robovih zahteva nižje koeficiente trenja ob stenah pri naraščanju velikosti delcev.
	ANG	Evaluation of the boundary friction coefficient with respect to particle size. The results have shown that using the present formulation of the boundary friction, the friction coefficient should decrease with the particle size increasing.
Šifra	F.01 Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin	
Objavljeno v	Zbornik del / Kuhljevi dnevi 2010, Ljubljana, 23. september, 2010	
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
COBISS.SI-ID	5154657	
5. Naslov	SLO	Hidrodinamični in transportni model detajla vtoka hladilne vode NE Krško
	ANG	Hydrodynamic and transport model of the inflow and outflow of cooling water of NPP Krško
Opis	SLO	Narejene so bile detajlne meritve hitrosti za preverbo 3D hidrostatičnega modela PCFLOW3D. Model lahko dobro simulira tokovne razmere v večjem delu obravnavanega dela Save. Vendar so bili rezultati manj natančni posebej v lokalnih področjih, kjer so vertikalne komponente presegle horizontalne za ca. 25 %. Na takšnih področjih bi bilo treba uporabiti polni 3D model. Opisani model je bil izredno uporaben za določitev toplotnih razmer v reki Savi in v načrtovanih akumulacijah. Članek na to temo je bil sprejet za objavo na 34. Kongresu IAHR, ki bo v mestu Brisbane v Avstraliji junija 2011.
	ANG	Detailed measurements of flow velocities were carried out to test the validity of a 3D hydrostatic model PCFLOW3D. The model can well simulate flow conditions in the most part of the River. The results are less accurate in local regions where vertical velocity components exceed about 25 % of the horizontal velocities. A fully 3D model would be needed in such regions. The described model was extremely useful to determine thermal conditions in the Sava River and in future reservoirs. The article on this topic has been accepted for publication at the 34th IAHR Congress (Brisbane, June 2011).
Šifra	F.17 Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
Objavljeno v	ČETINA, Matjaž, RAJAR, Rudolf, KRZYK, Mario, VIDMAR, Andrej, ZAKRAJŠEK, Majda, ŽAGAR, Dušan. Izvedba hibridnih hidravličnih modelov za območje spodnje vode HE Krško, območje HE Brežice in območje HE Mokrice : hidrodinamični in transportni model detajla vtoka in iztoka NEK : poročilo. Ljubljana: Hidroinštitut: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za mehaniko tekočin z laboratorijem: IBE, 2010. 45 f., 92 f. pril., ilustr.	
Tipologija	2.13 Elaborat, predštudija, študija	
COBISS.SI-ID	5321569	

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁸

V izdelavi je doktorska disertacija mlade raziskovalke (MR) Elvire Džebo z delovnim naslovom "Modeliranje hidrodinamike po metodi SPH"

V izdelavi so tudi diplomske naloge, ki po metodi SPH obravnavajo

- a) pljuskanje kapljevine v cisternah med vožnjo zaradi pospeškov v vzdolžni in prečni smeri glede na smer vožnje,
- b) širjenje vala v vodnih telesih zaradi padca ali zdrsa togega telesa v vodo,
- c) upor plovil različnih oblik med površinsko plovbo.

Za model Tis Isat so v obliki internega poročila napisana navodila za uporabo:

Gregor Petkovšek: Tis Isat, hidrodinamični 3D SPH model, navodila za uporabo, 22 str., slikovno gradivo.

V posebnem internem poročilu so vključene tudi izvedene laboratorijske meritve:

Elvira Džebo: Prenos meritev v laboratoriju v elektronsko bazo in preliminarne simulacije, interno poročilo, 16 str., slikovno gradivo.

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁹

9.1. Pomen za razvoj znanosti¹⁰

SLO

Metoda SPH je v hidravličnih raziskavah novejša metoda, ki jo trenutno uporabljajo le redke inštitucije in znanstveniki. Raziskave in matematično modeliranje pojavov in procesov pri poružitvah pregrad ter transportu sedimenta in na delce plavin vezanih onesnažil po metodi SPH tudi v svetovnem merilu predstavljajo pomemben prispevek k novim znanjem in uporabi matematičnih modelov na področju hidravlike in varstva okolja. Prijavitelj in partnerji se uvrščajo med prve, ki so tovrstne raziskave uporabili tudi za račun praktičnih primerov. V okviru projekta je bila metoda prvič praktično uporabljena na področju vodarstva v Sloveniji.

Matematični modeli na osnovi metode SPH so še v razmeroma zgodnji fazi razvoja, zato so možne številne teoretične izpopolnitve. Samostojna izdelava tridimenzijskega matematičnega modela Tis Isat ter matematična utemeljitev, izdelava in vgradnja novega robnega pogoja v metodi SPH predstavljajo pomemben dosežek v mednarodnem merilu. Vse doslej uporabljene metode opisa trenja med delci kapljevine in steno so bile pomanjkljive, saj se je med trdno steno in kapljevino pojavljalo območje »odrivanja« delcev, ki je povzročilo nepravilnosti v toku. Novoizdelani model Tis Isat z vgrajenim izboljšanim robnim pogojem je vsaj enako dober kot drugi objavljeni in v praksi uporabljeni modeli. Primerjava z meritvami iz literature (Martin in Moyce, 1952) je pokazala boljše ujemanje rezultatov modela, ki je še posebej izrazito pri daljših časih simulacije. Model Tis Isat deluje znatno hitreje od drugih SPH modelov, s katerimi smo ga primerjali. Dodatne izpopolnitve robnih pogojev modela omogočajo simulacije z daljšim časovnim korakom, kar je zelo pomembno pri modelih SPH, kjer so simulacije običajno dolgotrajne. Rezultati so bili priznani tudi s strani združenja »SPHERIC«, kamor se je projektna skupina s FGG včlanila, in objavljeni v spletnem glasilu združenja. Model Tis Isat, nova formulacija robnega pogoja ter primerjava z rezultati meritev so podrobneje opisani tudi v izvirnem znanstvenem članku, objavljenem v reviji Strojniški vestnik.

Model Tis Isat, ki temelji tudi na lastnem teoretičnem znanju, je bil v nadaljevanju dopolnjen z novimi teoretičnimi in aplikativnimi znanji. Izvedena je bila verifikacija modela z meritvami v naravi in laboratorijskih razmerah. Model smo dopolnili z možnostjo širjenja polutantov in sedimenta ter možnostjo izpiranja sedimenta iz dna v primeru erodibilnega dna, pri čemer sta upoštevani tako advekcija kot disperzija polutanta. Kljub naglemu razvoju metode in modelov SPH je trenutno model Tis Isat edini, ki hkrati zmora izvajati vse naštetih vrste simulacij. Možnosti uporabe tako izboljšane modela so se znatno razširile; poleg področja hidravličnih raziskav je izpopolnjeni model uporaben tudi pri modeliranju procesov zasipavanja akumulacij in kakovosti površinskih voda. Predvsem je pomembna možnost simulacij na območjih z onesnaženim sedimentom, ki so v svetu in Sloveniji pogosta (npr. akumulacije hidroelektrarn ali priobalna območja, kamor reke prinašajo onesnažene plavine). Pri preverjanju modela smo uporabili tudi nove metode meritev (nekontaktne vizualizacijske metode), ki omogočajo meritve v zelo kratkih časovnih intervalih, posnetih s hitroslikovnimi kamerami.

Metoda SPH je našla mesto tudi v pedagoškem procesu na UL-FGG. Pri predmetih druge in tretje stopnje študija je metoda umeščena v več predmetov, metoda in njena uporaba pa je tudi predmet več diplomskih nalog in doktorske disertacije. Mlada raziskovalka, ki sodeluje pri razvoju in uporabi modelov po metodi SPH, je soavtorica večine objav v obdobju trajanja projekta. Predvsem mlajši kader, ki je sodeloval pri uporabi in razvoju modelov SPH, ima zato široke možnosti mednarodnega sodelovanja, hkrati pa bo lahko pridobljeno znanje uspešno uporabil pri nadaljnjem znanstvenem in strokovnem razvoju hidrotehnične stroke v Sloveniji.

ANG

The SPH method is a recent method in hydraulic research and at the moment it is only used by a few institutions and scientists. Our research on mathematical modelling of phenomena and processes in dam breaks, sediment transport, and transport of particle-bound pollutants using the SPH method is an important contribution in hydraulics and environment protection on a global level. With the realisation of the proposed project we are among the first to use this type of research for computing practical cases. We were also the first in Slovenia to use SPH for practical application in the area of water engineering.

The SPH method and SPH-based mathematical models are in relatively early stages of development. Numerous theoretical improvements are therefore still possible. The developed three-dimensional mathematical model Tis Isat, its mathematical background, implementation and the addition of a new boundary condition, are important achievements on the international scale. The currently available methods of describing friction between liquid particles and the walls at domain boundaries are inadequate because they result in the formation of an area of particle "shoving" between the wall and liquid. This causes flow irregularities. The Tis Isat model with the built-in improvement of the boundary condition is at least as good as other published and utilised models. A comparison with measurements published in literature (Martin and Moyce, 1952) showed better agreement than other models, which is especially evident in longer simulations of water column collapse. The Tis Isat model is significantly faster than the models used for comparison. Additional improvement of boundary conditions enabled a larger computational time step. The SPH simulations are time-demanding and therefore, such an improvement is of great importance. The results of Tis Isat were acknowledged by the "SPHERIC" society (of which FGG is now a member) and published in their internet newsletter. The Tis Isat model, the new formulation of the boundary condition and the comparison with measurements are described in detail in an article published in the Journal of Mechanical Engineering.

The model Tis Isat, partially based on our own theoretical expertise, was upgraded with new theoretical and applied knowledge. The model was verified using measurements in natural and laboratory conditions. It was upgraded with pollutants and suspended sediment transport as well as the possibility of simulating sediment resuspension and flushing in the case of erodible bed. Advective and dispersive transport of pollutants and sediment were taken into account. Despite the rapid development of the SPH method and models, at present only the Tis Isat model is capable of all these simulations. This improved model has significantly wider possibilities of use: beside hydraulic research studies, the model can be used for simulations of sediment dynamics in reservoirs, as well as water quality simulations. Such simulations are especially important in areas with polluted sediment, which are often found in Slovenia and abroad (e.g. HPP reservoirs and, coastal areas where polluted sediment is transported by rivers). Verification of the model also included new measurement techniques (non-contact visualisation methods), which enable measurements in very short time intervals using cameras with high Fps ratio.

The method was integrated in the teaching process at the Faculty of Civil and Geodetic Engineering of the University of Ljubljana. SPH is included in several curricula. The method is the topic of several graduation theses and a doctoral dissertation. The junior researcher collaborating on the project has co-authored most of the publications in the last three-year period. Especially the younger staff members who were involved in the project have numerous possibilities of international collaborations and will be able to apply the obtained knowledge in the development of water engineering in Slovenia.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹¹

SLO

Metoda SPH in njena praktična uporaba ponuja širok spekter uporabe v hidravličnih in okoljskih raziskavah in je zato zanimiva za upravljalce z vodami, še posebej pa na področju hidroenergetike. Izdelani model predstavlja pomembno orodje za slovensko hidrotehnično stroko in družbo, saj bo prispeval k učinkovitejšemu pridobivanju obnovljive energije in k

boljšim življenjskim pogojem na poplavno ogroženih območjih. Zelo pomemben prispevek predstavlja uporaba rezultatov modelnih simulacij za povečanje poplavne varnosti na območjih, kjer bi morebitne porušitve pregrad lahko povzročile veliko materialno škodo in ogrozile življenja ljudi. Rezultati projekta se neposredno navezujejo tudi na prioritetni nalogi varovanja okolja in varčevanja z energijo. Akumulacije hidroelektrarn so okoljsko zelo občutljiva območja, kjer se v sedimentu pogosto odlagajo onesnažila. Poznavanje dinamike premeščanja plavin na teh območjih, še bolj pa poznavanje procesov toka vode na območjih energetskih objektov, predstavlja pomemben dejavnik pri pravilnem upravljanju z obnovljivimi viri energije in naravnimi viri nasploh.

Dobro sodelovanje s sofinancerji omogoča dostop do dejanskih potrebah slovenske hidrotehnične prakse, aplikacije pa lahko takoj preizkusimo pri reševanju konkretnih problemov. Kot prvi referenčni primer navajamo simulacijo delne porušitve nasipov na akumulaciji načrtovane črpalne hidroelektrarne Kozjak. Za verifikacijo in kalibracijo modela so bili uporabljeni podatki meritev na fizičnem in predhodno izdelanem matematičnem modelu. Ujemanje rezultatov je dobro, model Tis Isat pa lahko služi kot numerični model operativnega orodja v različnih primerih ogrožanja zaradi porušitev pregrad. Drugi referenčni primer je raziskava toka v hipnih spremembah profila kanala, kjer so bile za verifikacijo rezultatov modela uporabljene podrobne meritve na fizičnem modelu. Oba primera sta bila predstavljena domači in tuji strokovni javnosti.

Sodelovanje z vrhunskimi strokovnjaki in organizacijami na področju razvoja in uporabe metode SPH v okviru združenja SPHERIC, ki ga je UL Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo kot prva slovenska skupina dosegla v preteklem projektnem obdobju, je pomembno za promocijo znanja in dela Univerze v Ljubljani in Slovenije. Udeležba na znanstvenih srečanjih skupine pomeni hkrati promocijo in dostop do najnovejših spoznanj in tehnik, ki se uvajajo in uporabljajo v ekspertni skupini razvijalcev metode SPH. Na ta način pridobljeni stiki in možna nadaljnja sodelovanja z inštitucijami, kjer se ista metoda uporablja, predstavljajo pomemben potencial pri vključevanju v nove mednarodne znanstvene in strokovne kroge.

Samostojna izdelava lastnega modela Tis Isat predstavlja primer prenosa mednarodnega znanja v slovensko znanstveno in strokovno sfero. Sodelovanje s sofinancerjema in sodelujočo RO (IJS) zagotavlja prenos teoretičnega znanja z univerze v prakso in hkrati omogoča uporabo optimalne strojne in programske opreme ter po količini in kakovosti ustrezne vhodne podatke za modele. Tudi izmenjava znanja med izobraževalno, raziskovalno in sodelujočo organizacijo iz gospodarstva (CGS plus, d.o.o.) nedvomno predstavlja velik potencial za nadaljnje sodelovanje in odpira možnosti zaposlitev relevantnega kadra, ki se bo usposabljal med projektom, v gospodarstvu in/ali obeh znanstveno-raziskovalnih inštitucijah.

Metoda je z uporabo ustreznih grafičnih vmesnikov zelo nazorna. Z izdelanimi vmesniki je metoda SPH že v uporabi tudi pri predstavitvah v pedagoškem procesu na dodiplomskem študiju, na novih podiplomskih študijih pa je vključena v več predmetov.

ANG

The SPH method and its practical use offer a wide range of uses in hydraulic and environmental research and are therefore interesting to water management, especially in the area of hydroenergetics. The improved model represents an important tool for Slovenian water-engineering community and the society in general. It can contribute to more efficient energy production from renewable resources and improve the quality of life in flood-endangered areas. A very important contribution is also increased flood protection made possible by applying the simulation results in areas where possible dam-breaks can cause substantial damage and endanger human lives. The method is directly linked to the priority tasks of environment protection and energy saving. Hydroelectric reservoirs are highly environmentally sensitive areas where pollutants are often deposited in the sediment. Knowing sediment and suspended solids dynamics in these areas and especially knowing flow processes in the areas of hydroelectric structures are important factors in adequate management of renewable energy sources and natural resources in general.

Good collaboration with co-financers has enabled direct information on the actual needs of the Slovenian water-engineering practice and on the other hand, the applications could immediately be tested in solving actual problems. As the first reference case, a partial embankment break of a planned pumped-storage hydro power plant reservoir was defined. Measurement data obtained on a physical model and a previously developed mathematical model were used to verify and calibrate the Tis Isat model. Good agreement of results was obtained, showing that Tis Isat can be used as the numerical part of an operative tool in assessing various types of dam break risks. The second reference case is the study of flow in a channel with instantaneous

expansions and contractions. In this case, detailed measurements on a physical model were used to verify the model. Both case-studies were presented to wider expert society.

Collaboration with top experts and organisations in the field of the SPH method within the SPHERIC society, of which the Faculty of Civil and geodetic Engineering is the first Slovenian member, is an important promotion of the knowledge and work of the University of Ljubljana and of Slovenia. Participation at scientific meetings of the society enables access to the latest findings and techniques that are being introduced and implemented within the expert group of SPH developers. The contacts obtained in this way and the potential future collaborations with institutions that use this method are an important potential for inclusion into new international scientific and expert circles.

The development of the Tis Isat model is an exceptional example of transferring international knowledge into the Slovenian scientific and professional milieu. Cooperation with co-financers and the research institute (Jožef Stefan Institute) enables practical application of theoretical knowledge obtained at the University. It also provides optimal hardware and software and sufficient data as input parameters used in the models.

The personnel included into the project (especially young researchers) have wide opportunities for international cooperation and with the obtained knowledge they will be able to contribute to the successful scientific and expert development in Slovenia. The transfer of knowledge between institutions that include the fields of education, research and economy (CGS plus, d.o.o.) and the cooperation in research and implementation of state-of-the-art modelling and result visualisation tools represents a great potential for further cooperation.

With the developed graphic interfaces, the SPH method is efficiently used in the educational process in undergraduate courses. It is included in several curricula at the postgraduate level.

10. Samo za aplikativne projekte!

Označite, katerega od navedenih ciljev ste si zastavili pri aplikativnem 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 checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat <input type="text" value="Dosežen"/>
	Uporaba rezultatov <input type="text" value="V celoti"/>
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj
	Zastavljen cilj <input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat <input type="text" value="Dosežen"/>
	Uporaba rezultatov <input type="text" value="Delno"/>
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja
	Zastavljen cilj <input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov <input type="text"/>
F.04	Dvig tehnološke ravni
	Zastavljen cilj <input type="radio"/> DA <input checked="" 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 checked="" type="radio"/> NE

	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value="Dosežen"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value="V celoti"/>
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value="Dosežen"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value="V celoti"/>
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" 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 checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" 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 checked="" 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 checked="" 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 checked="" 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 checked="" 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 checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	V celoti <input type="text"/>
F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" 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 checked="" 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 checked="" 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 checked="" 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 checked="" 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 checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških	

F.24	rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" 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 checked="" 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 checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanju naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih <input type="text"/>
F.28	Priprava/organizacija razstave	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" 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 checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.31	Razvoj standardov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.33	Patent v Sloveniji	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE

	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

Komentar

Tako znanstvena spoznanja kot praktična znanja so že uporabna in uporabljena. Ob načrtovanem nadaljevanju razvoja in uporabe modela pričakujemo še večjo uporabo znanstvenih spoznanj pri objavah in prenosu v prakso. Izdelek in prototip predstavlja model Tis Isat, ki je že uporaben in uporabljen za napovedovanje širjenja porušitvenih valov, detaljne študije toka vode, sedimenta in onesnažil na hidroenergetskih objektih. Večji vpliv na varovanje predvsem naravne dediščine in okolja pričakujemo v naslednjih treh letih, ko bodo tudi sofinancerji prešli k (samostojni) uporabi modela.

11. Samo za aplikativne projekte!**Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja**

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visoko-šolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input checked="" 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 checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input checked="" 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 checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input checked="" 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 checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input type="radio"/>	<input checked="" 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 checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input checked="" 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	<input checked="" 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 checked="" type="radio"/>	
G.07	Razvoj družbene infrastrukture					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	<input checked="" 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 checked="" 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 checked="" 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

Največji vpliv rezultatov projekta je nedvomno na področju energetske infrastrukture, varovanja okolja in kvalitete življenja na poplavnih območjih. Za sodelujočo organizacijo iz gospodarstva in tudi za prijavitelja projekta pomeni novorazviti model prehod na novo tehnologijo in posodobitev dejavnosti. Na podiplomskem izobraževanju predstavlja uvajanje metode SPH pomembno novost na področju modeliranja tokov, prenosa onesnažil in plavin.

12. Pomen raziskovanja za sofinancerje, navedene v 2. točki [12](#)

1.	Sofinancer	Soške elektrarne Nova Gorica, d.o.o.		
		Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	56.324,00	EUR
		Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:	25,00	%
		Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja	Šifra	
	1.	Izdelava tridimenzijskega matematičnega modela Tis Isat	F.02	
	2.	Izračuni valov vsled morebitne porušitve dela nasipa	F.17	

		akumulacije črpalne elektrarne	
	3.		
	4.		
	5.		
Komentar	<p>Uporaba sodobnih numeričnih metod in izboljšanih matematičnih modelov za račun tokov s prosto gladino je za nas zelo pomembna. Na osnovi metode SPH razviti model Tis Isat tako omogoča točnejše in v primerjavi z dosedaj znanimi tovrstnimi modeli hitrejšo hidravlično izračune eno- in večfaznih tokov pod tlakom in s prosto gladino. Trenutno so za našo organizacijo še posebej aktualni valovi vsled morebitne porušitve pregrad oz. dela nasipov akumulacij, saj načrtujemo HE Učja, izgradnjo črpalne elektrarne Avče pa smo uspešno zaključili. Vzpodbudni rezultati modela Tis Isat pri modeliranju vala v strmi ukrivljeni dolini pod načrtovano črpalno elektrarno HE Kozjak, ki so bili slovenski javnosti prikazani na vsakoletnem srečanju slovenskih hidrotehnikov Goljevščkovi dnevi 23. 3. 2009 v Ljubljani, mednarodni pa na 33. Kongresu mednarodnega društva za hidravlične raziskave (IAHR) avgusta 2009 v Vancouvru, Kanada, bodo omogočili uporabo tudi za naše zgoraj omenjene konkretne primere.</p>		
Ocena	<p>Pri optimizaciji obratovanja obstoječih ter načrtovanju in umeščanju načrtovanih energetskih akumulacij v prostor je potrebno posebno pozornost posvetiti njihovem vplivu na okolje. Pri velikih pregradah je posebej izpostavljen vidik varnosti, zato so po slovenski zakonodaji oz. priporočilih (podobno je tudi v večini držav v svetu) predvideni vnaprejšnji računi hidravličnih posledic morebitne porušitve pregrad oz. delov nasipov akumulacij. Za tovrstne račune se uporabljajo matematični modeli, ki jih je zato, da so rezultati točnejši, potrebno nenehno izpopolnjevati. Eden takšnih izboljšanih modelov, ki temelji na uporabi metode SPH, je v okviru projekta L1-0911 razviti model Tis Isat. V opravljeni triletni raziskavi je pokazal dobre rezultate tako na teoretičnih testnih primerih tokov kot že tudi pri nekaterih praktičnih aplikacijah. Uporaben je predvsem v primerih, kjer prihaja do hitrih sprememb gladine in režima toka, v praksi to pomeni npr. pri valovih vsled porušitev pregrad ali npr. pri toku v kajakaški progi. Zato vidimo uporabnost modela ne samo pri porušitvenih valovih, katerih račune moramo kot investitor oz. lastnik pregrad zagotoviti, temveč tudi pri načrtovanju oz. rekonstrukciji kajakaških prog. Naše podjetje kot sponzor kajakaškega kluba Soške elektrarne že konkretno sodeluje pri načrtovanju obnove kajakaške proge v Solkanu.</p>		
2.	Sofinancer	CGS plus, Inovativne informacijske in okoljske tehnologije, d.o.o.	
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:		EUR
		6.764,00	
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:		%
		3,00	
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		Šifra
	1.	Izdelava tridimenzijskega matematičnega modela Tis Isat	F.02
	2.	Točnejši izračuni toka s prosto gladino v primeru naglih sprememb gladine in hitrosti (npr. v primeru hipne razširitve rečnih strug ali pri valovih vsled porušitve pregrad).	F.17
	3.		
	4.		
	5.		

	Komentar	Uporaba sodobnih numeričnih metod in izboljšanih matematičnih modelov za račun tokov s prosto gladino ter na tej osnovi razvoj lastnih računalniških programov je za našo organizacijo, ki se ukvarja z informacijsko tehnologijo, pomembna konkurenčna prednost. Na osnovi metode SPH razviti računalniški program Tis Isat tako omogoča točnejše in v primerjavi z dosedaj znanimi tovrstnimi programskimi paketi hitrejšo hidravlično izračune tokov s prosto gladino. V primerjavi s konvencionalnimi numeričnimi metodami daje brez mrežna SPH metoda posebej dobre rezultate v primeru naglih sprememb gladine, kar je v praksi posebej uporabno v primeru hitrih in izrazitih razširitev strug, pri izračunih valov vsled porušitev pregrad ali rečnih nasipov ter pri simulaciji gibanja plovil na vodni gladini.	
	Ocena	Sodelovanje na projektu je naši organizaciji omogočilo, da smo lahko najnovejša znanstvena spoznanja na področju numeričnih simulacij gibanja tekočin prenesli iz univerzitetnega okolja in uporabili pri razvoju lastnega računalniškega programa Tis Isat. Z njim uspešno dopolnjujemo obstoječo licenčno programsko opremo na področju hidrotehnike, ki jo že ponujamo na slovenskem trgu. Poleg tega so se člani projektne skupine iz naše organizacije lahko udeležili večih strokovnih mednarodnih konferenc in delavnic, kjer so svoje delo predstavili s članki in s tem z aktivno udeležbo pripomogli k večji prepoznavnosti CGS plus kot inovativnega malega visokotehnološkega podjetja.	
3.	Sofinancer		
	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		

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, za objavo 6., 7. in 8. točke na spletni strani <http://sicris.izum.si/> 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:

Matjaž Četina	in	
podpis vodje raziskovalnega projekta		zastopnik oz. pooblaščen oseba RO

Kraj in datum:

Ljubljana

18.4.2011

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2011-1/66

¹ Zaradi spremembe klasifikacije družbeno ekonomskih ciljev je potrebno v poročilu opredeliti družbeno ekonomski cilj po novi klasifikaciji. [Nazaj](#)

² Samo za aplikativne projekte. [Nazaj](#)

³ Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja ter rezultate in učinke raziskovalnega projekta. Največ 18.000 znakov vključno s presledki (približno tri strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁴ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁵ V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega projekta, kot je bil zapisan v predloži raziskovalnega projekta oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine v zadnjem letu izvajanja projekta (obrazložitev). V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁶ Navedite največ pet najpomembnejših znanstvenih rezultatov projektne skupine, ki so nastali v času trajanja projekta v okviru raziskovalnega projekta, ki je predmet poročanja. Za vsak rezultat navedite naslov v slovenskem in angleškem jeziku (največ 150 znakov vključno s presledki), rezultat opišite (največ 600 znakov vključno s presledki) v slovenskem in angleškem jeziku, navedite, kje je objavljen (največ 500 znakov vključno s presledki), izberite ustrezno šifro tipa objave po Tipologiji dokumentov/del za vodenje bibliografij v sistemu COBISS ter napišite ustrezno COBISS.SI-ID številko bibliografske enote. Navedeni rezultati bodo objavljeni na spletni strani <http://sicris.izum.si/>.

PRIMER (v slovenskem jeziku):

Naslov: Regulacija delovanja beta-2 integrinskih receptorjev s katepsinom X;

Opis: Cisteinske proteaze imajo pomembno vlogo pri nastanku in napredovanju raka. Zadnje študije kažejo njihovo povezanost s procesi celičnega signaliziranja in imunskega odziva. V tem znanstvenem članku smo prvi dokazali... (največ 600 znakov vključno s presledki)

Objavljeno v: OBERMAJER, N., PREMZL, A., ZAVAŠNIK-BERGANT, T., TURK, B., KOS, J.. Carboxypeptidase cathepsin X mediates $\beta 2$ - integrin dependent adhesion of differentiated U-937 cells. Exp. Cell Res., 2006, 312, 2515-2527, JCR IF (2005): 4.148

Tipologija: 1.01 - Izvirni znanstveni članek

COBISS.SI-ID: 1920113 [Nazaj](#)

⁷ Navedite največ pet najpomembnejših družbeno-ekonomsko relevantnih rezultatov projektne skupine, ki so nastali v času trajanja projekta v okviru raziskovalnega projekta, ki je predmet poročanja. Za vsak rezultat navedite naslov (največ 150 znakov vključno s presledki), rezultat opišite (največ 600 znakov vključno s presledki), izberite ustrezen rezultat, ki je v Šifrantu raziskovalnih rezultatov in učinkov (Glej: <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/sifranti/sif-razisk-rezult.asp>), navedite, kje je rezultat objavljen (največ 500 znakov vključno s presledki), izberite ustrezno šifro tipa objave po Tipologiji dokumentov/del za vodenje bibliografij v sistemu COBISS ter napišite ustrezno COBISS.SI-ID številko bibliografske enote.

Navedeni rezultati bodo objavljeni na spletni strani <http://sicris.izum.si/>. [Nazaj](#)

⁸ Navedite rezultate raziskovalnega projekta v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 6 in 7 (npr. ker se ga v sistemu COBISS ne vodi). Največ 2.000 znakov vključno s presledki. [Nazaj](#)

⁹ 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](#)

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

¹¹ Največ 4.000 znakov vključno s presledki [Nazaj](#)

¹² Rubrike izpolnite/prepišite 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](#)

Obrazec: ARRS-RPROJ-ZP/2011-1 v1.01

83-8E-36-03-95-AA-A7-A1-96-4B-36-B4-44-95-C7-D8-26-AC-4E-C9