

Oznaka poročila: ARRS\_ZV\_RPROG\_ZP\_2008/771

## ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA V OBDOBJU 2004-2008

### A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

#### 1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

<b>Šifra programa</b>	P2-0162
<b>Naslov programa</b>	Tranzientni dvofazni tokovi
<b>Vodja programa</b>	3544 Iztok Žun
<b>Obseg raziskovalnih ur</b>	23.800
<b>Cenovni razred</b>	C
<b>Trajanje programa</b>	01.2004 - 12.2008
<b>Izvajalke programa (raziskovalne organizacije in/ali koncesionarji)</b>	782 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

### B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

#### 2. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega programa<sup>1</sup>

Raziskovalna dejavnost je bila organizirana v tri tematike, ki zajemajo nekaj ključnih znanstvenih izhodišč, relevantnih v procesni industriji in energetiki. Ta so: (a) Razvoj kaskadnega modeliranja, (b) Kavitacijski pojavi in (c) Dvofazni tok v mikrokanalih.

##### a) Razvoj kaskadnega modeliranja:

Bistvo vseh dvofaznih tokov je v generaciji stične površine, ki povezuje različni fazi, in v osnovnih značilnostih razpada in koalescence te stične površine. Bližina stičnih površin je posebno pomembna pri koalescenci, kar zahteva dejansko poznavanje distribucije plinaste/parne faze na ustreznih krajevnih skalah. Čeprav takšen tok lahko doseže ustaljeno obnašanje, so krajevne in časovne spremembe često bistvene pri mnogih tehnoloških aplikacijah. Raziskave v tem programu pomenijo nadaljevanje naporov članov LFDT v sledenju novi paradigmi modeliranja mehurčkastega toka na večih skalah hkrati, kar omogoča simulacije evolucije koncentracije stične površine. To je ključni pristop pri obravnavi transportnih pojavov v kapljevinah in plinsko/parnih faznih mešanicah, kjer masni ali toplotni tokovi predstavljajo primarne konstrukcijske parametre.

Modeliranje na večih skalah hkrati predstavlja zelo zahteven algoritem, za katerega potrebujemo kombinacijo izkustvenih, eksperimentalnih, analitičnih in računalniških pristopov za razgaljevanje kompleksnosti s podplastnimi pojavi vse do najmanjšega vpliva. Programske študije so zajele sledeče primere:

##### a1) mehurčkasti tok v navpični cevi

- Indikatorji prehoda iz mehurčkastega v čepasti tok: eksperimentalne in numerične izkušnje [COBISS.SI-ID 7941915]
- Vloga mejne plasti v mehurčkastem toku [COBISS.SI-ID 10027035]

##### a2) mešanje

- Poraba moči pri mešanju in aeraciji pseudoplastičnih fluidov v posodi z mešanjem.

[COBISS.SI-ID 10109723]

- Vpliv velikosti mehurčka na oblak mehurčkov in tok mehurčkov v kolonah [COBISS.SI-ID 7940123]

a3) stična površina mehurčka

- Numerična simulacija taljenja dvorazsežne votline z uporabo prilagodljive mreže [COBISS.SI-ID 7392283]
- Diskretizacija nezveznega polja On the finite volume discretization of discontinuous polja volumskih sil na kolokacijsko mrežo : VOF aplikacija [COBISS.SI-ID 9848347]

a4) kompleksna geometrija, kaskadno modeliranje

- Princip kompleksnosti v mehurčkastem toku [COBISS.SI-ID 8411931]
- Transportne enačbe stične površine in gostote mehurčkov pri modeliranju kavitacijskih tokov [COBISS.SI-ID 9387291]
- Preprosta metoda ocenjevanja fluktuacije hitrosti mehurčkov in njena uporaba v hibridni metodi sledenja mehurčkov [COBISS.SI-ID 7940635]
- Analiza občutljivosti zaključitvenih relacij pri numeričnem napovedovanju mehurčkastega toka v kolonah [COBISS.SI-ID 6904091]

**b) Kavitacijski pojavi**

b1) Izvajane so bile sledeče eksperimentalne aktivnosti:

- Zgrajen je bil sistem za opazovanje kavitacijskega toka skozi ozko režo pri tlakih nižjih od atmosferskega. Uporabljen je bil video sistem pri visokih hitrostih z do 10.000 posnetkov/s. En sam eksperimentalni postopek snemanja do 4s je ustvaril do 20 Gbitov podatkov.

- Meritve stika mehurčka s kapljevino so bile izvedene z mikro uporabnimi sondami.

Ločevanje faz je bilo določano z metodo genetskih algoritmov [COBISS.SI-ID 1892123]. Doma izdelane mikrouporovne sonde s konico 11 $\mu$ m so bile sinhronizirane s hitro kamero pri točnosti 0.5x10<sup>-4</sup>s. Podajni mehanizem sonde je omogočal sledeče meritve lokalnih lastnosti pri najkrajšem časovnem koraku 10 $\mu$ m: delež plinaste faze, koncentracija mehurčkov, grozdi mehurčkov, frekvenca generacije, hitrost mehurčka, ocena velikostnega reda grozdov, ocena velikostnega reda mehurčkov.

- Meritve dinamike polja nizkega tlaka v kapljevini so bile opravljene z optičnimi sondami SAMBA 3000. Tehnika je zasnovana na miniaturnem silikonskem senzorju 0,42mm premera, ki je lociran na koncu optičnega vlakna in deluje na principu Fabry-Perot tlačnega interferometra, ki omogoča posnetke statičnih in dinamičnih karakteristik.

- Meritve hitrostnega polja v kapljevini so bile opravljene s sondo z vročim filmom TSI -1276-10W s konico 25,4  $\mu$ m

Proučevani so bili naslednji fizikalni pojavi [COBISS.SI-ID 7935003]: prehodne karakteristike mehurčkastih struktur, odlepljanje mehurčkov, razpad mehurčkov, tvorba mehurčkastih grozdov, kolaps mehurčkastih grozdov, nalet mehurčkastih grozdov na trdno steno, ocena časovne skale posamičnih mehurčkov in mehurčkastih grozdov.

b2) Numerični model

Izpeljan je bil CFD večfluidni model za simulacijo prehodnih tokov mehurčkov, ki so generirani v področjih nizkega tlaka in eventuelno kolapsirajo blizu trdne stene. Glavni cilj je bila možnost napovedi kavitacijske erozije. Pridobljena je bila banka eksperimentalnih podatkov za "benchmark" testiranje obstoječe kode FIRE V8.3405. Testiranje je v sodelovanju z AVL List GmbH privedlo do dveh izboljšav kavitacijske kode [COBISS.SI-ID 9386523]:

- dinamika samega toka kapljevine je sedaj popisana z novim k-e-z-f modelom, ki omogoča stabilne simulacije periodičnega vrtnčenja v Eulerjevem okvirju in
- razvit je bil novi model na večih skalah, ki upošteva uravnotežanje populacije mehurčkov, ki vključuje razpad in koalescenco mehurčkov.

b3) Hidrodinamične raziskave gradnikov cevni sistemov industrijskih izmer

Dinamični odziv gradnikov cevne sistema vpliva na velikost obremenitev. Raziskali smo hidrodinamične razmere na zračnih ventilih [COBISS.SI-ID 7092251] in varnostnih tablastih zapornicah [COBISS.SI-ID 10416667]. Oba gradnika lahko vzbudita ekstremne tlake v sistemu, ki so posledica tranzientnega kavitacijskega toka.

Razvoj modela zapornice je baziral na teoretičnih in eksperimentalnih raziskavah v hidravličnem laboratoriju. Postavljen je bil numerični model, ki je zajemal vse vplivne elemente sistema. V letu 2004 smo novi model uporabili za dinamično analizo obratovanja zapornice v pretočnem sistemu HE Plave II. Na delovanje HE Plave II bo močno vplivala nova konstrukcija

reverzibilne turbine Avče, kar je bilo analizirano z navedenim modelom v l. 2007 in 2008.

b4) Razvoj novih modelov za tranzientnih kavitacijski tok v cevi

Prehodni kavitacijski tok pare v cevi vzbudi padec tlaka na parni tlak kapljevine. Razvit je nov plinski kavitacijski model (DPKM) [COBISS.SI-ID 8661019] z upoštevanjem vplivov nestalnega trenja [COBISS.SI-ID 9467675]. Rezultati izračuna so primerjani z rezultati meritev v laboratoriju. Upoštevanje nestalnega trenja v DPKM da bolj natančne računske rezultate.

c) Dvofazni tok v mini- in mikrokanalih:

c1) Izvajane so bile sledeče detajlne eksperimentalne aktivnosti:

- Zgrajen je bil set 3 horizontalnih mini-kanalov z dolžino 1500mm in notranjimi premeri 10mm, 6mm in 3.12mm, ki omogoča primerjalne študije prehodov tokovnih režimov od mehurčastega toka do meglastega toka z vizualizacijsko tehniko pri visoki hitrosti snemanja tako, kot je bilo uporabljano pri kavitaciji. Meritve fluktuacije tlaka so bile testirane z vidika statistične relevance

- Zgrajen je bil set 3 razdelilnikov, vsak s 3 stranskimi odcepi, ki omogoča primerjalne študije distribucije zraka in vode in karakteristike slabe distribucije po ocepkih. Uporabljeni so bili sledeči notranji premeri cevi: Mini 1: vodilnik 10mm, 3 odcepi po 3mm, Mini 2: vodilnik 1.2mm, 3 odcepi po 0.6 mm in Mini 3: vodilnik 1.2mm, 3 odcepi po 0.4mm. Različne tokovne strukture, kot mehurčkasti tok, čepasti tok, peneč tok in kolobarjasti tok so bile preverjane z vidika statistične relevance. [COBISS.SI-ID 10325787].

- V sodelovanju s prof. Thomejem iz EPFL, LTCM, je bila opravljena karakterizacija diabatnega dvofaznega toka v mikrokanalih 0.5mm premera in polnjenih z R-134a.

c2) Numerično modeliranje čepastega toka – zahteve po numeričnem ostrenju stične površine vsled nezveznih skokov fizikalnih lastnosti faz. V trenutnih VOF študijah upoštevamo gravitacijske sile in površinske sile kontinuuma (CSF). Takšne variabilne volumnske sile lahko povzročijo nefizikalne konice v polju hitrosti pri uporabi kolokacijskih variabel. Te konice lahko odpravimo z upoštevanjem pravila diskretizacije polja sil [COBISS.SI-ID 9848347].

Alternativa CSF modelu je lahko metoda faznega polja, ki je bila razvita za kvazi-nestisljiv fluid ob upoštevanju Navier-Stokes–Cahn-Hilliard sistema enačb. Modeli difuzije stične površine nadomeščajo oster prehod stične površine s tanko, a ne ničelno debelino območja, kjer so sile na stiku enakomerno porazdeljene in ni eksplicitnega sledenja stika. Rekonstrukcijo stika dobimo z izračunom level set funkcije faznega polja [COBISS.SI-ID 8883995].

### 3. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev<sup>2</sup>

Raziskovalna dejavnost je bila organizirana v tri tematike ki zajemajo nekaj ključnih znanstvenih izhodišč, relevantnih v procesni industriji. Ta so: razvoj kaskadnega modeliranja, kavitacijski pojavi in dvofazni tok v mikrokanalih. **Vsi cilji programa so bili izpolnjeni v skladu s planom, tako da je stopnja realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev ocenjena na 100%.**

Nekaj kvantitativnih podatkov:

**Produktivnost:** v času od 2004 do 2008 je programska skupina P2-0162 registrirala **159 zadetkov v COBISS-u**. Ti zadetki vključujejo **61 znanstvenih publikacij** v revijah in zbornikih konferenc in **7 vabljenih predavanj** izvedenih v mednarodnem prostoru.

**Patenti:** **3 patenti** na področju mešal, avtor A. Bombač

**Vključenost v evropski raziskovalni program**

PREVERO, EU Contract No. ENK6-CT-2002-00605, vodja I. Žun  
HPRN-CT-2002-00204, vodja I. Žun  
G1-RT-CT-2002-05069, vodja A. Bergant  
HPR1-CT-1999-00103) vodja A. Bergant

**Pogodbno sodelovanje z uporabniki znanja**

36 poročil za industrijo: Litostroj Power, TE Šoštanj, AVL, Bosch, Lek, Energetika, Gorenje, Brinox

**Vključenost v univerzitetni pedagoški proces**

3 zaključena mentorstva in 3 predmeti na podiplomskem študiju  
5 predmetov na dodiplomskem študiju in 7 diplom.

#### 4. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa<sup>3</sup>

--

#### 5. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine<sup>4</sup>

Znanstveni rezultat			
1.	Naslov	SLO	Karakterizacija diabatnega dvofaznega toka v mikrokanalih: rezultati tokovnih parametrov za R- 134a v 0.5mm kanalu
		ANG	Characterization of diabatic two-phase flows in microchannels : flow parameter results for R- 134a in a 0.5mm channel
	Opis	SLO	A.01 Predstavljena je optična merska metoda, kjer s pomočjo laserskih diod okarakteriziramo dvofazne tokovne strukture v mikroceveh, frekvenco generiranih mehurčkov v mikroparjalniku, stopnjo koalescence teh mehurčkov, distribucijo njihovih dolžin in srednjo hitrost. S hitrotekočo kamero so bile zaznane naslednje štiri strukture skupaj s prehodi: mehurčkast tok, čepast tok, semi-kolobarjast tok in kolobarjast tok. Stopnja koalescence mehurčkov je bila opažena kot pomemben pojav, ki kontrolira prehode med posameznimi tokovnimi režimi v mikrokanalu
		ANG	A.01 Laser diodes have been introduced as an optical measurement method for two-phase flow pattern characterization in microtubes to determine the frequency of bubbles generated in a microevaporator, the coalescence rates of these bubbles and their length distribution as well as their mean velocity. Four flow patterns (bubbly flow, slug flow, semi-annular flow and annular flow) with their transitions were detected and observed also by high speed video. Bubble coalescence rates were observed as an important phenomena controlling the flow pattern transition in microchannels
	Objavljeno v	Int. j. multiph. flow. [Print ed.], 2006, letn. 32, št. 7, str. 755-774	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
	COBISS.SI-ID	9522203	
2.	Naslov	SLO	Vodni udar z diskontinuiteto kapljevine: zgodovinski pregled
		ANG	Water hammer with column separation: a historical review
	Opis	SLO	A.01 Vodni udar z diskontinuiteto kapljevine je pojav prekinitve kapljevinskih stebrov v cevni sistemih pod tlakom. Ta pojav se lahko zgodi med tranzientnimi procesi, ko se tlak kapljevine vzdolž cevi zniža na parni tlak. Kapljevinska stebra sta ločena s parno kavitacijo (praznino), ki se veča in manjša glede na dinamiko sistema. Nalet dveh kapljevinskih stebrov oziroma enega na zaprt element sistema lahko vzbudi ekstremno visoke tlačne pulze. Vzbujeni tlačni pulz, ki potuje vzdolž cevne sistema, močno obremeni hidravlične stroje, cevne odseke in podpore.
		ANG	A.01 Column separation refers to the breaking of liquid columns in fully filled pipelines. This may occur in a water-hammer event when the pressure in a pipeline drops to the vapour pressure. The liquid columns are separated by a vapour cavity that grows and diminishes according to the dynamics of the system. The collision of two liquid columns, or of one liquid column with a closed end, may cause a large and nearly instantaneous rise in pressure. This pressure rise travels through the entire pipeline and forms a severe load for hydraulic machinery, individual pipes and supporting structures.
	Objavljeno v	J. fluids struct., 2006, letn. 22, št. 2, str. 135-171.	
	Tipologija	1.02 Pregledni znanstveni članek	
	COBISS.SI-ID	8818203	
3.	Naslov	SLO	Prečna migracija posamičnih mehurčkov v čistih strižnih tokovih
		ANG	Transverse migration of single bubbles in simple shear flows
		A.05 Vrh 1% najbolj citiranih člankov: Merjene so bile trajektorije	

	Opis	SLO	posamičnih zračnih mehurčkov v čistem strižnem toku vode, da bi popisali celotno silo prečnega vzgona CT. Ugotovljeno je bilo, da je CT za male mehurčke funkcija mehurčkovega Reynoldsovega števila $Re$ , medtem ko je CT za večje mehurčke močno odvisen od modificiranega Eotvosovega št. $Eo$ . Kritični premer zračnega mehurčka, ki povzroči prehod iz kopičenja mehurčkov ob vertikalnih stenah cevi v kopičenje v jedru cevi je dobro opredeljen s predlagano empirično korelacijo za CT, ki se trenutno veliko uporablja pri rač. simulacijah
		ANG	A.05: Top 1% Cited Article: Trajectories of single air bubbles in simple shear flows of viscous liquids were measured to present a net transverse lift force CT. It was confirmed that CT for small bubbles is a function of the bubble Reynolds number $Re$ , whereas CT for larger bubbles is well correlated with a modified Eotvos number $Eo$ . The critical bubble diameter causing the radial void profile transition from wall peaking to core peaking in an air-water bubbly flow can be well predicted by the proposed CT correlation which is currently widely used by computer simulations of two-phase flow
	Objavljeno v	Chem. eng. sci., 2002, vol. 57, no. 11, str. 1849- 1858	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
	COBISS.SI-ID	5085723	
4.	Naslov	SLO	Principi kompleksnosti mehurčkastega toka
		ANG	The principles of complexity in bubbly flow
	Opis	SLO	A.01 Članek obravnava nekaj razvidnih lastnosti kompleksnosti, ki lahko zavzamejo odločilno vlogo pri prehodnem režimu mehurčkastega toka v vertikalnih ceveh centimeterskega premera. Kompleksna narava po vsej verjetnosti prispeva k nerešenim vprašanjem o tranzientnih pogojih. Obravnavani so sledeči trije primeri iz tega programa: prehod mehurčkastega toka v čepasti tok v vertikalni cevi pod adiabatnimi pogoji, kavitacijske strukture mehurčkov in suspendirani mehurčki pri vsiljenem mešanju. Navedeni trije primeri kljub različni naravi procesov omogočajo isti pristop obravnavanja v dveh korakih.
		ANG	A.01 Some evidences of complexity that may play a crucial role in flow regime transition of bubbly flow in vertical pipes of centimeter scale are reported. Such a complex nature most likely contributes to several unresolved questions about transient conditions. Different examples that were studied under this program are considered: bubbly to slug flow transition in a vertical pipe under adiabatic conditions, cavitating bubbly structures and suspended bubbles in forced mixing. Although different cases by nature, they enable a common approach that can be described roughly as a two-part process
	Objavljeno v	Multiph. sci. technol., 2005, letn. 17, št. 1/2, str. 169-190	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
COBISS.SI-ID	8411931		
5.	Naslov	SLO	Diskretizacija nezveznega polja volumskih sil pri kolokacijski mreži: aplikacija z VOF metodo
		ANG	On the finite volume discretization of discontinuous body force field on collocated grid : application to VOF method.
	Opis	SLO	Nezvezno polje volumskih sil je diskretizirano z metodo končnih volumnov in modelirano z volumsko metodo (VOF), kjer so nezveznosti predstavljene s prekinjeno variabla. Pri uporabi kolokacijske razporeditve takšna variabla lahko povzroči nefizikalne vzbrsti v hitrostnem polju. Te vzbrsti lahko omejimo z upoštevanjem pravila diskretizacije polja sil. To je izpeljano s predpostavljjenimi omejitvami, ki zahtevajo nično hitrost ko so sile uravnovežene z gradientom tlačnega polja. Upoštevani sta gravitacijska sila in površinska sila kontinua (CSF) za primer vzgona mehurčka v mirujoči kapljevini
		ANG	Modeled with the volume-of-fluid (VOF) and discretized with the finite volume method, the discontinuous body force fields are represented as abruptly variable. Such variable can produce unphysical spikes in the velocity field when collocated arrangement is used. The spikes can be eliminated following a force field discretization rule. This is deduced by imposing a constraint requiring zero velocity solution when forces applied to the system are equilibrated with the gradient of pressure field. Gravity and continuum

		surface force (CSF) are considered for the free rising bubble in a liquid
Objavljeno v	J. comput. phys., 2007, letn. 221, št. 2, str. 524- 538	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
COBISS.SI-ID	9848347	

## 6. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati programske skupine<sup>5</sup>

Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat		
1.	Naslov	<i>SLO</i> JSMF Nagrada
		<i>ANG</i> JSMF Award
Opis	<i>SLO</i>	JSMF Nagrada, podeljena Prof. Žunu kot tujemo znanstveniku s področja dvofaznih tokov, ki je napravil pomembni prispevek japonski družbi. Nagrada predstavlja najvišje priznanje, ki ga podeljuje "Japanese Society of Multiphase Flow". Ta nagrada je bila do sedaj podeljena izven Japonske štirim znanstvenikom: Prof. G.B. Wallisu, ZDA, Prof. A. Prosperettiju, ZDA, Dr. G.P. Celati, Italija and Prof. I. Žunu, Slovenija
	<i>ANG</i>	JSMF Award, conferred to Prof. Žun as a foreign scientist working on two-phase flow who made an important contribution to the Japanese society. The award represents the highest recognition of the Japanese Society of Multiphase Flow. This award has been so far given to four scientists out of Japan: Prof. G.B. Wallis, USA, Prof. A. Prosperetti, USA, Dr. G.P. Celata, Italy and Prof. I. Žun, Slovenia
	Šifra	E.02 Mednarodne nagrade
	Objavljeno v	Inž. akad. Slov., 2005, str. 52, portret.
	Tipologija	1.25 Drugi članki ali sestavki
	COBISS.SI-ID	10871067
2.	Naslov	<i>SLO</i> Mednarodna konferenca s področja večfaznih tokov (ICMF), Leipzig 2004.
		<i>ANG</i> International Conference on Multiphase Flow (ICMF), Leipzig 2004
Opis	<i>SLO</i>	ŽUN Iztok je bil član mednarodnega organizacijskega komiteja IOC ICMF Leipzig 2004. IOC po deželah: Germany, Japan, France, USA, Russia, Italy, Czech R., Israel, Korea, the Netherlands, UK, Canada, China, Slovenia. Zaradi velike pomembnosti znanstvenega področja je bila dogovorjena organizacija ICMF vsake tri leta v celinskem zaporedju: Azija z Avstralijo, Amerika ter Evropa z Rusijo in Afriko Prof. Žun je deloval v organizaciji ICMF vse od ustanovitve v Tsukubi na Japonskem 1991 leta.
	<i>ANG</i>	ŽUN Iztok was a member of International organizing committee IOC. International Conference on Multiphase Flow. Leipzig 2004. IOC by country: Germany, Japan, France, USA, Russia, Italy, Czech R., Israel, Korea, the Netherlands, UK, Canada, China, Slovenia. Due to the great importance of the field it was decided to hold the conference every three years successively in Asia including Australia, Europe including Africa, Russia and the Near East and America. Prof. Žun has served to the ICMF since the beginning being held first in Japan in 1991
	Šifra	D.03 Članstvo v tujih/mednarodnih odborih/komitejih
	Objavljeno v	<a href="http://www.icmf2007.org/">http://www.icmf2007.org/</a> SOMMERFELD, Martin (ur.). 6th International Conference on Multiphase Flow, Leipzig, July 9-13, 2007. Proceedings of ICMF-2007
	Tipologija	2.31 Zbornik recenziranih znanstvenih prispevkov na mednarodni ali tuji konferenci
	COBISS.SI-ID	10410267
3.	Naslov	<i>SLO</i> PREVERO, eksperimentalna in CFD tehnologija za preventivno zmanjševanje emisij v dieselskem motorju povzročenimi s kavitacijko erozijo
		<i>ANG</i> PREVERO, Experimental and CFD technology for PREventive reduction of diesel engine emissions caused by cavitation EROsion
		Projekt je zajemal sledeče strateško pomembne prioritete v EU: znanstvena in tehnološka inovacija energijske učinkovitosti in okoljske prilagodljivosti,

Opis	SLO	aplikacija ICT tehnologije za izboljšavo kvalitete produkta v ekonomsko pomembni avtomobilski industriji zmanjšanje GHG (CO2) emisije, maksimalno izkoriščanje potenciala obstoječih tehnologij in fundacij za alternativna goriva, EU dodana vrednost v smislu trans-nacionalne kooperacije in interdisciplinarnega dela. CFD implementacija rezultatov v FIRE kode Ver. 8.5 AVL
	ANG	The project addressed the following priorities of strategic importance for the EU: Scientific and technological innovation for vehicle energy efficiency and environmental compatibility, Application of ICT technology to improve product quality in the economically significant automotive industry, Reduction of GHG (CO2) emissions, Maximising exploitation potential of existing technologies and laying foundation for emerging alternative fuels, EU added value in terms of trans-national co-operation in an interdisciplinary network. CFD implementation results in FIRE code Ver. 8.5 by AVL
Šifra	D.06 Zaključno poročilo o tujem/mednarodnem projektu	
Objavljeno v	zaupno poročilo, osnovne informacije: <a href="http://cordis.europa.eu/data/PROJ_FP5/">http://cordis.europa.eu/data/PROJ_FP5/</a> <a href="http://www.ist-world.org/ProjectDetails.aspx?">http://www.ist-world.org/ProjectDetails.aspx?</a>	
Tipologija	2.12 Končno poročilo o rezultatih raziskav	
COBISS.SI-ID	9386523	
4. Naslov	SLO	Pečica NGKA3
	ANG	Oven NGKA3
Opis	SLO	Razvoj pečice nove generacije, kjer je toplota enakomerno razporejena po prostoru, tako da je možna sočasna peka ali kuhanje na treh od petih nivojev hkrati. Produkt NGKA (lastninska pravica Gorenje GA) je odšel v redni proizvodni program v septembru 2008 za dobavo na vse trge po svetu. Programska skupina LFDT je v tem sodelovanju prispevala numerične simulacije temperaturnega in hitrostnega polja preko dvofazne meje in optimizacijo konstrukcije pečice.
	ANG	Development of a large oven new generation in which heat is spread evenly throughout the oven so that one can simultaneously cook on three of the five levels. Product NGKA (Gorenje GA proprietary) was released on September 2008 to the world market. Programme group of LFDT contributed by numerical simulation of temperature and velocity field over a two-phase boundary and oven optimization.
Šifra	F.06 Razvoj novega izdelka	
Objavljeno v	Poročila; zaupno (lastninska pravica Gorenje GA)	
Tipologija	2.13 Elaborat, predštudija, študija	
COBISS.SI-ID	10121243	
5. Naslov	SLO	Izboljšava izkoristka elektrostatičnega filtra na osnovi numerične simulacije hitrostnega in tlačnega polja
	ANG	Electrostatic filter efficiency improvement based on velocity and pressure field numerical simulation.
Opis	SLO	Članek poroča o uspešni izboljšavi tehnologije elektrostatičnega filtriranja dimnih plinov iz 4. bloka z močjo 275 MW v termoelektrarni Šoštanj.
	ANG	The paper reports about successful technology improvement on electrostatic filtering of flue gases in a thermal power plant Šoštanj, 275MW block power.
Šifra	F.10 Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
Objavljeno v	Proc. Inst. Mech. Eng., A J. power energy, 2008, vol. 222, no. A5, str. 509-516	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
COBISS.SI-ID	10610203	

## 7. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine<sup>6</sup>

### 7.1. Pomen za razvoj znanosti<sup>7</sup>

SLO

Raziskovalna dejavnost je bila organizirana v tri udarne smeri, ki zajemajo nekaj ključnih znanstvenih izhodišč, relevantnih v procesni industriji.

a) Razvoj kaskadnega modeliranja:

Bistvo vseh dvofaznih tokov je v generaciji stične površine, ki povezuje različni fazi, in v osnovnih značilnostih razpada in koalescence te stične površine. Raziskave v tem programu pomenijo nadaljevanje naporov članov LFDT v sledenju novi paradigmi modeliranja mehurčkastega toka na večih skalah hkrati, kar omogoča simulacije evolucije koncentracije stične površine.

b) Kavitacijski pojavi:

b1) Proučevani so bili naslednji fizikalni pojavi pri kavitaciji v reži: prehodne karakteristike mehurčkastih struktur, odlepljanje mehurčkov, razpad mehurčkov, tvorba mehurčkastih grozdov, kolaps mehurčkastih grozdov, nalet mehurčkastih grozdov na trdno steno, ocena časovne skale posamičnih mehurčkov in mehurčkastih grozdov. Programska skupina je prispevala v 5. okvirnem programu (PREVERO) k popolnoma novemu pristopu v modeliranju kavitacije za končnega uporabnika AVL List (vgrajeno v FIRE V8.5).

b2) Hidrodinamične raziskave gradnikov cevnih sistemov in razvoj novih modelov za tranzientnih kavitacijski tok v cevi so bile namenjene industrijskim razmeram.

c) Dvofazni tok v mini- in mikrokanalih je bil obravnavan z eksperimentalnimi in numeričnimi študijami

Programska skupina je s citati dokazala, da ima zaznaven vpliv v svetu pri razvoju znanja s področja mehurčkastega toka. Večina citatov se nanaša na znanstvene prispevke vezane na študije mehurčkastega toka na mikro skali, kot n.pr. prečna migracija posamičnih mehurčkov v strižnih tokovih, zaviralni koeficient posamičnih mehurčkov [COBISS.SI-ID 2576155] in metoda sledenja delcev v simulaciji mehurčkastega toka [COBISS.SI-ID 2394651]. Te vsebine so povezane s prvo tematiko programa. Obetaven indeks citiranja je prinesel tudi članek [COBISS.SI-ID 9522203], ki je bil uvrščen na 3. mesto na lestvici "TOP 25 HOTTEST ARTICLES IN IJMF IN 2006". Članek obravnava karakterizacijo diabatnih dvofaznih tokov v mikrokanalih in sodi v tretjo tematiko programa. Slednja je vezana na potrebna osnovna znanja v MEMS in MECS tehnologijah. Število čistih citatov programske skupine v zadnjih 5 letih (2004 - 2008): 291 (vir SICRIS). Normirano število čistih citatov v zadnjih 10 letih (1999 - 2008): 662 (vir SICRIS)

Najodmevnejše delo sodi v svetovni vrh 1% najbolj citiranih člankov:

Transverse migration of single bubbles in simple shear flow, Chem. Eng. Sci, 57, 1849-1858 2002, [COBISS.SI-ID 5085723]; število čistih citatov 58 (Glede na Sciencewatch WoS, <http://sciencewatch.com/about/met/thres-highlyctd/>, se članki letnika 2002, ki so iz področja inženirstva uvrstijo med "Top 1%" pri prehodu praga 46). Ta članek predstavlja uspešno nadaljevanje študij migracije malih mehurčkov v bližino stene cevi, ki jo je možno razložiti s tako imenovanim vplivom vzgonske sile v strižnem polju, kar je prvič opisal Žun 1980 leta [COBISS.SI-ID 2555163]. V novejši študiji (študije se v sodelovanju s Kobe univerzo še vedno nadaljujejo) so bile merjene trajektorije posamičnih zračnih mehurčkov v čistem strižnem toku vode. Ugotovljeno je bilo, da je prečni vzgon CT malih mehurčkov funkcija mehurčkovega Reynoldsovega števila  $Re$ , medtem ko je CT za večje mehurčke močno odvisen od modificiranega Eotvosovega števila  $Eo$ . Kritični premer zračnega mehurčka, ki povzroči prehod iz kopičenja mehurčkov ob vertikalnih stenah cevi v kopičenje v jedru cevi je dobro opredeljen s predstavljenom korelacijo za CT. Korelacija se trenutno veliko uporablja v domačih, kot tudi v komercialnih kodah za računalniško simulacijo dvofaznega toka.

Skupina je ena prepoznavnih v svetu pri modeliranju kompleksnih pojavov na več skalah. Nesporno je prepoznavnost skupine razvidna tudi iz organizacije najvplivnejših mednarodnih konferenc in ne nazadnje nagrada JSMP (Japanese Society of Multiphase Flow), podeljena vodji programske skupine prof. Žunu.

ANG

Research actions were organised in three thrust areas addressing some of the key scientific issues of relevance in the process industry.

a) Development of cascade modeling:

The essence of all multiphase flows is in interfacial area generation that bounds different phases and in the underlying processes of interfacial breakup and coalescence. This research continued an effort by LFDT to follow a new paradigm in multi-scale modeling of bubbly flow



that enables to simulate evolution of interfacial area concentrations.

b) Cavitation phenomena:

b1) The following basic physical phenomena were studied for slot cavitation: transient characteristics of bubble structures, bubble tear-off, bubble breakup, bubble cluster formation, bubble cluster collapse, bubble cluster impact rate on solid surface, time scale estimate of bubble and bubble cluster life span. Within the 5th frame (PREVERO) the group contributed to completely new approach in cavitation modeling for the end user AVL List which was implemented into CFD code FIRE V8.5.

b2) Hydrodynamic investigation of piping system devices and development of novel models for transient cavitating pipe flow were oriented towards industrial conditions

c) Two phase flow in mini- and microchannels has been considered by experimental and numerical studies.

Citations obtained in the field of bubbly flow prove the worldwide role of programme group. Most citations refer to the scientific contributions related to bubbly flow studies on micro scale, like transverse migration of single bubbles in shear flows, drag coefficients of single bubbles [COBISS.SI-ID 2576155], and particle tracking method for bubbly flow simulation [COBISS.SI-ID 2394651]. These are the subjects that are connected to the first program thematic. Promising citation index is also produced by paper [COBISS.SI-ID 9522203] that appeared on the third place among TOP 25 HOTTEST ARTICLES IN IJMF IN 2006. The paper deals with characterization of diabatic two-phase flows in microchannels (third program thematic), subject related to fundamental knowledge needed in MEMS and MECS technologies. Finally, the citations of gas-filled cavity structures in a vessel with dual-impellers paper refer to the second program thematic [COBISS.SI-ID 3648539]. This confirms the relevance of the proposed program in years 2004-2008.

Top1% Most Cited Paper: Transverse migration of single bubbles in simple shear flow, Chem. Eng. Sci, 57, 1849-1858 2002, [COBISS.SI-ID 5085723]; contents belongs to the first program thematic; Number of citations 58 (According to Sciencewatch WoS, <http://sciencewatch.com/about/met/thres-highlyctd/> engineering papers published in 2002 are ranked among Top 1% beyond threshold 46). This paper represents successful continuation of small bubble migration studies first introduced by Zun in 1980 [COBISS.SI-ID 2555163] to explain the so-called shear-induced lift force. Trajectories of single air bubbles in simple shear flows of viscous liquids were measured in current study to provide an experimental database and to present an empirical correlation of a net transverse lift force CT. It was confirmed that CT for small bubbles is a function of the bubble Reynolds number  $Re$ , whereas CT for larger bubbles is well correlated with a modified Eotvos number  $Eo$ . The critical bubble diameter causing the radial void profile transition from wall peaking to core peaking in an air-water bubbly flow can be well predicted by the proposed CT correlation. The correlation is currently widely used in home made as well as commercial computer codes.

The group is worldwide recognized by modeling of complex phenomena on multiple scales. The group is also recognized by taking part at international conference organizations and the role of programme chairman prof. Žun who received JSMF Award by the Japanese Society of Multiphase Flow.

## 7.2. Pomen za razvoj Slovenije<sup>8</sup>

SLO

Raziskovalna skupina je bila dobro vpeta v evropski prostor s projekti: Experimental and CFD technology for preventive reduction of Diesel engine emissions caused by cavitation erosion-PREVERO, EU pogodba št. ENK6-CT-2002-00605 od 2002 do 2005, Heat and mass transfer in micro-channels, HPRN-CT-2002-00204 od 2002 do 2006, Surge-net, G1-RT-CT-2002-05069, od 2002 do 2005 and Dynamic behaviour of air valves, HPR1-CT-1999-00103, od 2002 do 2007. V okviru navedenih projektov so sodelovali raziskovalci in študentje iz dežel EU. Prav tako je bila skupina odlično vpeta z industrijskimi aplikacijami v domačo industrijo: Litostroj Power, TE Šoštanj, AVL, Bosch, Lek, Energetika, Gorenje. V LFDT vseskozi sodelujeta tudi 2 raziskovalca iz industrije (Litostroj Power in AVL AST). Posebej velja omeniti tri uspešno zaključene aplikacije v okviru aktivnosti programske skupine (glej šifrant raziskovalnih rezultatov in učinkov): 1 razvoj novega izdelka, ki je od septembra 2008 v redni proizvodnji (GORENJE NGKA pečica) 1 tehnološka izboljšava (elektrofilter 4. bloka TE Šoštanj), 1 izboljšava obstoječega izdelka (varnostna zapornica HE Plave II), V prvi aplikaciji je bila skupaj s skupino Gorenje GA razvita pečica nove generacije, kjer je toplota enakomerno razporejena po

prostoru, tako da je možna sočasna peka ali kuhanje na treh od petih nivojev hkrati. Programska skupina LFDT je v tem sodelovanju prispevala numerične simulacije temperaturnega in hitrostnega polja preko dvofazne meje in optimizacijo konstrukcije pečice. V drugi aplikaciji je programska skupina prispevala k izboljšavi izkoristka elektrostatičnega filtra dimnih plinov 275MW bloka v Termoelektrarni Šoštanj na osnovi numerične simulacije hitrostnega in tlačnega polja. V tretji aplikaciji pa so bile raziskovane interakcije med zapornico in elementi pretočnega sistema, ker so le te v hidroelektrarnah slabo poznane. Novi model je bil uporabljen za dinamično analizo obratovanja zapornice v pretočnem sistemu HE Plave II, kjer bo močno vplivala reverzibilna turbina Avče.

V okviru širitve znanja programska skupina odlično sodeluje s Katedro za farmacevtsko tehnologijo Fakultete za farmacijo, Univerze v Ljubljani. Eden izmed odmevnih rezultatov tega sodelovanja je v l. 2005 podeljena nagrada KRKE za najboljše doktorsko delo R. Dreu-a (somentor I. Žun, mentor S. Srčič FFA). Delo je vezano na oblaganje pelet v fluidiziranem sloju. V mednarodnem okviru je bilo močno sodelovanje vzpostavljeno ali pa nadaljevano z EPFL Lausanne, Švica, Kobe univerzo, Japonska, Univerzo Adelaide, Avstralija, Tehnično univerzo Eindhoven in Delft univerzo na Nizozemskem. Vsebine programa so bile vnešene v v 5 dodiplomskih in 3 podiplomske predmete, ki se izvajajo na Univerzi v Ljubljani ter v v kratka tečaja o mikrokanalih, ki sta bila izvajana na EPFL v Lausanni, Švica in na HTRI v Dallasu, Texas, ZDA. Programska skupina je bila tudi partner v EU mreži IHP-RTN-00-2

ANG

The research group has been well involved in European projects: Experimental and CFD technology for preventive reduction of Diesel engine emissions caused by cavitation erosion-PREVERO, EU Contract No. ENK6-CT-2002-00605 from 2002 to 2005, Heat and mass transfer in micro-channels, HPRN-CT-2002-00204 from 2002 to 2006, Surge-net, G1-RT-CT-2002-05069, from 2002 to 2005 and Dynamic behaviour of air valves, HPR1-CT-1999-00103, from 2002 to 2007. There were number of researchers and students from the EU countries according to these EU projects. The research group has been also well involved in industrial applications in the following companies: Litostroj Power, TE Šoštanj, AVL, Bosch, Lek, Energetika, Brinox and Gorenje. There are 2 adjunct researchers from industry permanently working at LFDT (from Litostroj Power and AVL). Three outstanding accomplishments after ARRS research registry are: 1 new product development which was released to the world market on September 2008 (GORENJE NGKA oven), 1 technology improvement (4th block electrostatic filter of Thermal Power Plant Šoštanj), and 1 existing product improvement (guard-gate in hydroelectric power plant Plave II). In the first application, the development of a large oven new generation in which heat is spread evenly throughout the oven so that one can simultaneously cook on three of the five levels. Programme group LFDT contributed by numerical simulation of temperature and velocity field over a two-phase boundary and oven optimization. In the second application, electrostatic filtering efficiency of flue gases of 275MW block power has been improved in Thermal Power Plant Šoštanj utilizing numerical simulation of velocity and pressure field. In the third application, the influence of the gate shape on the gate discharge and hydraulic force characteristics was investigated due to the insufficient knowledge of its role in hydroelectric power plants. New numerical model enabled dynamic analysis of guard-gate operation in hydroelectric power plant Plave II which is going to be significantly affected by a new construction of reversible plant Avče.

Dissemination: Ecellent collaboration with the Faculty of Farmacy, Ljubljana University has been recognized by KRKA 2005 Award v for the best PhD Thesis of R. Dreu (co-supervisor I. Žun, supervisor S. Srčič, Faculty of Farmacy). The work is related to pelets coating in fluidized bed. Strong scientific collaboration has been either established or continued with EPFL Lausanne Switzerland, Kobe University Japan, University Adelaide Australia, Technical University Eindhoven and Delft University the Netherlands. Program subjects were embeded into 5 undergraduate and 3 post graduate courses at the University of Ljubljana, Microchannel short course at EPFL Lausanne, Switzerland and at HTRI in Dallas Texas, USA. Programm group was also a partner in IHP-RTN-00-2 training network.

## 8. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov<sup>9</sup>

Vrsta izobraževanja	Število mentorstev	Od tega mladih raziskovalcev
- magisteriji	2	
- doktorati		

	1	1
- specializacije		
<b>Skupaj:</b>	3	1

#### 9. Zaposlitev vzgojenih kadrov po usposabljanju

Organizacija zaposlitve	Število doktorjev	Število magistrov	Število specializantov
- univerze in javni raziskovalni zavodi	1		
- gospodarstvo		2	
- javna uprava			
- drugo			
<b>Skupaj:</b>	1	2	0

#### 10. Opravljeno uredniško delo, delo na informacijskih bazah, zbirkah in korpusih v obdobju<sup>10</sup>

	Ime oz. naslov publikacije, podatkovne informacijske baze, korpusa, zbirke z virom (ID, spletna stran)	Število *
1.	Fourth Japanese-European Two-Phase Flow Group Meeting, Kyoto, Japan, September 24-28, 2006. [COBISS.SI-ID 10026779]	39
2.	A. Bergant, Strojniški vestnik-Journal of Mechanical Engineering , ISSN 0039-2480	542
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		
8.		
9.		
10.		

\*Število urejenih prispevkov (člankov) /število sodelavcev na zbirki oz. bazi /povečanje obsega oz. število vnosov v zbirko oz. bazo v obdobju

#### 11. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov ter študentov iz tujine, daljše od enega meseca

Sodelovanje v programski skupini	Število
- raziskovalci-razvijalci iz podjetij	2
- uveljavljeni raziskovalci iz tujine	
- podoktorandi iz tujine	1
- študenti, doktorandi iz tujine	2
<b>Skupaj:</b>	5

#### 12. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v obravnavanem

**obdobju<sup>11</sup>**

- |   |
|---|
| <p>(1) Experimental and CFD technology for preventive reduction of Diesel engine emissions caused by Cavitation erosion-PREVERO, EU Contract No. ENK6-CT-2002-00605, vodja I. Žun</p> <p>(2) Heat and mass transfer in micro-channels, HPRN-CT-2002-00204, vodja I. Žun</p> <p>(3) Surge-net, G1-RT-CT-2002-05069, vodja A. Bergant</p> <p>(4) Dynamic behaviour of air valves, HPR1-CT-1999-00103) vodja A. Bergant.</p> <p>(5) Sodelovanje z EPFL Lausanne, Switzerland</p> <p>(6) Sodelovanje z University Adelaide, Australia</p> <p>(7) Sodelovanje s Kobe University, Japan</p> |
|---|

**13. Vključenost v projekte za uporabnike, ki potekajo izven financiranja ARRS<sup>12</sup>**

<p>Industrijski projekti:</p> <p>BRINOX Inženiring d.o.o., FFA: peletizacija, vodenje projekta I. Žun in M. Perpar</p> <p>Gorenje GA: Računalniška simulacija temperaturnega in hitrostnega polja in optimizacija delovanja pečice NGKA, razvoj nove generacije z vpeljavo na svetovni trg januarja 2009, vodenje projekta I. Žun in Z. Rek</p> <p>J.P. Energetika: Izdelava fizikalnega modela za določanje toplotnih izgub. PDO-88/05, vodja I. Žun</p> <p>Litostroj E.I. d.o.o.: Računalniška dinamika tekočin, tečaj za industrijske uporabnike, vodja J. Mencinger in Z. Rek</p> <p>Litostroj E.I. d.o.o.: Analiza prehodnih pojavov HE Lagarfoss, Islandija, vodja A. Bergant</p> <p>Litostroj E.I. d.o.o.: Analiza prehodnih pojavov HE Gojak, Hrvaška, vodja A. Bergant</p>
---

**14. Dolgoročna sodelovanja z uporabniki, sodelovanje v povezavah gospodarskih in drugih organizacij (grozdi, mreže, platforme), sodelovanje članov programske skupine v pomembnih gospodarskih in državnih telesih (upravni odbori, svetovalna telesa, fundacije, itd.)**

<p>AVL-AST d.o.o.: Dolgoročna pogodba 5/95-03</p> <p>BRINOX Inženiring: Dolgoročna pogodba o sodelovanju</p> <p>Gorenje GA: Dolgoročna pogodba</p> <p>Član razvojne skupine za proceno tehnologijo, Svet vlade RS za konkurenčnost</p>
--

**15. Skrb za povezavo znanja s slovenskim prostorom in za slovensko znanstveno terminologijo (Cobiss tip 1.04, 1.06, 1.07, 1.08, 1.09, 1.17, 1.18, 2.02, 2.03, 2.04, 2.05, 2.06)<sup>13</sup>**

<b>Naslov</b>	Analiza stroškov delovanja nevtralizacijskega reaktorja z različnima izvedbama mešanja
<b>Opis</b>	Članek obravnava primerjavo vezanih na delovanje nevtralizacijskega reaktorja z vodilno cevjo pri dveh različnih izvedbah mešanja. V prvem primeru je mešanje kapljevine izvedeno s propelerskim mešalom, v drugem je mešanje izvedeno z vpihovanjem zraka. Pri obeh izvedbah je uporabljena vodilna cev. Rezultati primerjave kažejo na ekonomsko upravičenost izvedbe mešanja z vpihovanjem zraka. Ta način je primernejši v konkretnem primeru tudi zaradi prezračitve nevtralizirane odpadne vode,

	ki se steka v kanalizacijo.
<b>Objavljeno v</b>	Jubilejni 10. Slovenski kemijski dnevi 2004, Maribor, 23. in 24. september 2004
<b>COBISS.SI-ID</b>	7996187

**16. Skrb za popularizacijo znanstvenega področja (Cobiss tip 1.05, 1.21, 1.22, 2.17, 2.19, 3.10, 3.11, 3.12)<sup>14</sup>**

<b>Naslov</b>	Closure to "Systematic evaluation of one-dimensional unsteady friction models in simple pipelines".
<b>Opis</b>	Diskusija obravnava sistematično vrednotenje enorazsežnih modelov nestalnega kapljevinskega trenja v cevnih sistemih. V diskusiji Brunone in Golia utemeljujeta fizikalno ozadje inercialnega modela na podlagi meritev profila hitrosti. Profil hitrosti v cevi je različen za stalni in nestalni tok, različen je tudi koeficient trenja ob steni cevi. Avtorji prispevka v odgovoru utemeljijo, da je inercialni model nestalnega trenja veljaven samo za prehodne pojave z izmenično pospešujočim in pojemajočim tokom (zapiranje ventila). Model odpove v primeru odpiranja ventila (pospešujoč tok).
<b>Objavljeno v</b>	J. hydraul. eng. (New York, N.Y.), 2008, vol. 134, no. 2, str. 284.
<b>COBISS.SI-ID</b>	10357019

**17. Vpetost vsebine programa v dodiplomske in podiplomske študijske programe na univerzah in samostojnih visokošolskih organizacijah v letih 2004 – 2008**

1.	<b>Naslov predmeta</b>	Termodinamika
	<b>Vrsta študijskega programa</b>	uni-dodiplomski
	<b>Naziv univerze/fakultete</b>	Univerza v Ljubljani / Fakulteta za strojništvo
2.	<b>Naslov predmeta</b>	Dinamika tekočin
	<b>Vrsta študijskega programa</b>	uni-dodiplomski
	<b>Naziv univerze/fakultete</b>	Univerza v Ljubljani / Fakulteta za strojništvo
3.	<b>Naslov predmeta</b>	Dvofazni tok
	<b>Vrsta študijskega programa</b>	uni-dodiplomski podiplomski
	<b>Naziv univerze/fakultete</b>	Univerza v Ljubljani / Fakulteta za strojništvo
4.	<b>Naslov predmeta</b>	Računalniška dinamika tekočin
	<b>Vrsta študijskega programa</b>	uni-dodiplomski podiplomski
	<b>Naziv univerze/fakultete</b>	Univerza v Ljubljani / Fakulteta za strojništvo
	<b>Naslov predmeta</b>	Inteligentni sistemi

5.	<b>Vrsta študijskega programa</b>	uni-dodiplomski podiplomski
	<b>Naziv univerze/fakultete</b>	Univerza v Ljubljani / Fakulteta za strojništvo
6.	<b>Naslov predmeta</b>	
	<b>Vrsta študijskega programa</b>	
	<b>Naziv univerze/fakultete</b>	
7.	<b>Naslov predmeta</b>	
	<b>Vrsta študijskega programa</b>	
	<b>Naziv univerze/fakultete</b>	

**18. Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja:**

	<b>Vpliv</b>	<b>Ni vpliva</b>	<b>Majhen vpliv</b>	<b>Srednji vpliv</b>	<b>Velik vpliv</b>	
<b>G.01</b>	<b>Razvoj visoko-šolskega izobraževanja</b>					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo: <input type="text"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.02</b>	<b>Gospodarski razvoj</b>					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input type="radio"/>	<input checked="" 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 checked="" 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 type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input type="radio"/>	<input checked="" 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 checked="" type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.12.	Drugo: <input type="text"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.03</b>	<b>Tehnološki razvoj</b>					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

Zaključno poročilo o rezultatih raziskovalnega programa v obdobju 2004-2008

G.03.02.	dejavnosti					
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.04</b>	<b>Družbeni razvoj</b>					
G.04.01	Dvig kvalitete življenja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.06.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.05.</b>	<b>Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.06.</b>	<b>Varovanje okolja in trajnostni razvoj</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.07</b>	<b>Razvoj družbene infrastrukture</b>					
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"/>	
<b>G.08.</b>	<b>Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.09.</b>	<b>Drugo:</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

**Komentar**<sup>15</sup>

--

**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 5., 6. in 7. 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

**Podpisi:**

vodja raziskovalnega programa		zastopniki oz. pooblaščen osebe raziskovalnih organizacij in/ali koncesionarjev
Iztok Žun	in/ali	Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo


Kraj in datum:

Ljubljana

14.4.2009

**Oznaka poročila: ARRS\_ZV\_RPROG\_ZP\_2008/771**

<sup>1</sup> Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja ter rezultate in učinke raziskovalnega programa. Največ 21.000 znakov vključno s presledki (približno tri in pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

<sup>2</sup> Največ 3000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

<sup>3</sup> Samo v primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega programa, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega programa. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

<sup>4</sup> Navedite največ pet najpomembnejših znanstvenih rezultatov programske skupine, ki so nastali v času trajanja programa v okviru raziskovalnega programa, 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](#)

<sup>5</sup> Navedite največ pet najpomembnejših družbeno-ekonomsko relevantnih rezultatov programske skupine, ki so nastali v času trajanja programa v okviru raziskovalnega programa, 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, 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](#)

<sup>6</sup> Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://sicris.izum.si> [Nazaj](#)

<sup>7</sup> Največ 4.000 znakov vključno s presledki [Nazaj](#)

<sup>8</sup> Največ 4.000 znakov vključno s presledki [Nazaj](#)

<sup>9</sup> Za raziskovalce, ki niso habilitirani, so pa bili mentorji mladim raziskovalcem, se vpiše ustrezen podatek samo v stolpec MR [Nazaj](#)

<sup>10</sup> Vpisuje se uredništvo revije, monografije ali zbornika v skladu s Pravilnikom o kazalcih in merilih znanstvene in



## Zaključno poročilo o rezultatih raziskovalnega programa v obdobju 2004-2008

strokovne uspešnosti (Uradni list RS, št. 39/2006,106/2006 in 39/2007), kar sodi tako kot mentorstvo pod sekundarno avtorstvo, in delo (na zlasti nacionalno pomembnim korpusu ali zbirki) v skladu z 3. in 9. členom istega pravilnika. Največ 1000 znakov (ime) oziroma 150 znakov (število) vključno s presledki. [Nazaj](#)

<sup>11</sup> Navedite oziroma naštejite konkretne projekte. Največ 12.000 znakov vključno s presledki. [Nazaj](#)

<sup>12</sup> Navedite konkretne projekte, kot na primer: industrijski projekti, projekti za druge naročnike, državno upravo, občine ipd. in ne sodijo v okvir financiranja pogodb ARRS. Največ 9.000 znakov vključno s presledki. [Nazaj](#)

<sup>13</sup> Navedite objavo oziroma prevod (soobjavo) članov programske skupine strokovnega prispevka v slovenskem jeziku, ki se nanaša na povezavo znanja s slovenskim prostorom in za slovensko znanstveno terminologijo (Cobiss tip 1.04, 1.06, 1.07, 1.08, 1.09, 1.17, 1.18, 2.02, 2.03, 2.04, 2.05, 2.06). Napišite naslov (največ 150 znakov vključno s presledki), kratek opis (največ 600 znakov vključno s presledki), navedite, kje je objavljen/a (največ 500 znakov vključno s presledki) ter napišite ustrezno COBISS.SI-ID številko bibliografske enote. [Nazaj](#)

<sup>14</sup> Navedite objavo oziroma prevod (soobjavo) članov programske skupine, povezano s popularizacijo znanosti (Cobiss tip 1.05, 1.21, 1.22, 2.17, 2.19, 3.10, 3.11, 3.12). Napišite naslov (največ 150 znakov vključno s presledki), kratek opis (največ 600 znakov vključno s presledki), navedite, kje je objavljen/a (največ 500 znakov vključno s presledki), ter napišite ustrezno COBISS.SI-ID številko bibliografske enote. [Nazaj](#)

<sup>15</sup> Komentar se nanaša na 18. točko in ni obvezen. Največ 3.000 znakov vključno s presledki. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-ZV-RPROG-ZP/2008 v1.00a