

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2010-1/67

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	Z2-9300
Naslov projekta	Raziskave termodinamičnih učinkov kavitacije
Vodja projekta	23471 Matevž Dular
Tip projekta	Zg Podoktorski projekt za gospodarstvo
Obseg raziskovalnih ur	3.400
Cenovni razred	B
Trajanje projekta	07.2007 - 06.2009
Nosilna raziskovalna organizacija	1951 HIDRIA INŠTITUT KLIMA - klimatizacija, gretje in hlajenje d.o.o.
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	
Družbeno-ekonomski cilj	13. Splošni napredek znanja - RiR financiran iz drugih virov (ne iz splošnih univerzitetnih fondov - SUF)

2. Sofinancerji¹

1.	Naziv	
	Naslov	
2.	Naziv	
	Naslov	
3.	Naziv	
	Naslov	

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega projekta²

Raziskovalno delo se je v grobem delilo v dva večja sklopa. Najprej smo se posvetil akustični kavitaciji, kjer smo termodinamične učinke opazovali na posameznih mehurčkih. Temu je sledil prenos znanja na večjo velikostno skalo, kjer smo učinke opazovali na nivoju razvite kavitacije – v režimu kavitacijskih oblakov. Poleg raziskovanja termodinamičnih učinkov kavitacije smo pozornost posvetili tudi raziskovanju kavitacijske erozije, numeričnim metodam in dinamiki kavitacijskih struktur.

Akustična kavitacija [3, 6, 10]

Meritve temperaturnih razlik, ki se pojavijo pred, med in po nastanku in kolapsu posameznega kavitacijskega mehurčka so bistvenega pomena za globlje razumevanje pojava.

Kavitacijo smo ustvarili v zaprti modificirani posodi za ultrazvočno čiščenje, ki smo jo delno napolni z vodo. Ultrazvočno polje smo generirali s piezoelektričnim aktuatorjem s frekvenco nihanja 33 kHz. Posoda, z volumnom približno en liter je bila delno napolnjena z vodo, nato pa tesno zaprta s pokrovom. Potrebno je bilo pridobiti prostor za lasersko ravnino, ki je služila za osvetlitev pri zajemanju slik s konvencionalno kamero. V posodo smo vstavili akrilno cev pravokotnega preseka, tako, da je bil njen spodnji konec pod gladino vode, zgornji, kjer je bilo nameščeno stekelce za IR vizualizacijo pa nad robom posode. Raven vode v akrilni cevi smo dvignili do njenega zgornjega roba (do stekelca, ki je bilo nato popolnoma omočeno) s pomočjo evakuacije zraka na vrhu cevi.

Kavitacijo smo opazovali s simultanim zajemanjem slik v vidnem in IR spektru pri 66 Hz v obdobju 20 sekund. Za opazovalno okno smo izbrali safirno steklo, ki je prozorno tako v IR kot tudi v vidnem spektru svetlobe.

Za meritve smo uporabili termokamero CMT384SM Thermosensorik, ki deluje v IR spektru 1,5 do 5 μm . Resolucija je bila nastavljena na 384x288 slikovnih pik 1 ms osvetlitvijo. Merili smo temperature v področju mejne plasti saj voda v IR spektru ni prepustna za svetlobo. Termokamero smo umerili na merilni postaji s Pt100 senzorjem. Temperaturo smo lahko merili na $\pm 0,15$ K, pomembneje pa je, da je bila negotovost temperaturne spremembe v eni sami točki, glede na delovno temperaturo le $\pm 0,03$ K.

Zajem slik v vidnem spektru smo opravili s kamero Basler Scout scA640-70gm (ločljivost 640x480 pik, čas osvetlitve 1 ms). Osvetlitev ravnine tik ob omočeni površini safirnega stekla smo zagotovili z laserjem Quantum Ventus 520 (527 nm, 700 mW).

Ob analizi rezultatov smo poleg temperaturnih polj preučevali tudi hitrosti. Zato smo razvili algoritem za oceno premika in hitrosti, ki temelji na 2D križni korelaciji slike.

Premiki fluida, ki nastanejo kot posledica ultrazvočne kavitacije (ob kolapsu večjih grozdov mehurčkov) so velikostnega reda cm/s.

Uspešno smo merili termične učinke kavitacije, ki jih drugod velikokrat zanemarijo. Kot posledico kavitacijske aktivnosti smo merili padce temperature za nekaj desetink K v trajanju nekaj desetink sekunde in v območju nekaj milimetrov.

V sklopu raziskovanja kavitacijske erozije smo preučevali poškodbe na tanki aluminijasti foliji potopljeni v posodo za ultrazvočno čiščenje. Kavitacijo smo zopet generirali s pomočjo ultrazvoka. Poškodbe površine folije smo posneli med samim trajanjem poskusa (brez ustavljanja) v 4 sekunde dolgih časovnih intervalih. Ob analizi smo merili površino poškodbe ter dolžino meje med poškodovano in nepoškodovano površino. Cilj raziskave je bil raziskati pojav grozdenja luknjic v inkubacijski dobi in vpliv že poškodovane površine na pojavljanje novih luknjic. Dodatno smo obravnavali možnost samo ojačanja erozijske agresivnosti zaradi prisotnosti majhnih deformacij površine.

Rezultati kažejo, da se poškodbe pogosto pojavljajo v grozdih in v bližini že poškodovane površine, kar je mogoče pojasniti z dejstvom, da že prisotne na deformacije na sicer ravni površini delujejo kot generatorji kavitacije ob čemer povzročajo nastanek novih mehurčkov in več kolapsov tem področju.

Primerjava vzorcev poškodovane površine z meritvami termodinamičnih učinkov kavitacije, da zadovoljivo korelacijo. Kljub vsemu pa smo zaključili, da je metoda, kjer bi za detekcijo erozije uporabili termovizijo neprimerna. Problem je predvsem v visoki ceni opreme, dolgi pripravi na poskus in zamudnemu vrednotenju. Metoda nima očitne prednosti pred vizualizacijskimi metodami v vidnem spektru svetlobe.

Hidrodinamična kavitacija [1, 5, 7, 8, 11]

Kavitacija na dvodimenzionalnem profilu s poševnim vpadnim robom vedno razvije zančilno tridimenzionalno obliko. Na delu kjer je profil najdaljši je kavitacija stabilna in pritrjena. Na drugi strani pa dinamična s trganjem kavitacijskih oblakov. Razlag za opisani fenomen je bilo veliko, experimentalne potrditve pa ne. Naša eskeperimentalna in numerična raziskava je potrdila, da se povratni curek ob prehodu čez zaključek kavitacijskega žepa odkloni v smeri dela profila kjer je ta najkrajši.

Meritve termodinamičnih učinkov hidrodinamične kavitacije smo najprej izvedli v kavitacijskem tunelu z Venturijevo cevjo. Konvergentni del cevi je imel kot 18° , divergentni pa 8° . Presek grla

je znašal 33x50mm. Opisana geometrija je dobro poznana (razvili so jo v Grenoblu), kavitacija v njej pa je izrazito nestacionarna s trganjem kavitacijskih oblakov.

V steno merilnega dela ter v dno Venturijeve cevi smo vgradili silicijevo stekelce, ki je propustno za IR spekter svetlobe. Izkazalo se je, da je potrebno okence namestiti na mesto, kjer je se mehurčki pojavljajo in so v tesnem stiku s površino. Čeprav smo uspeli izmeriti temperaturni zamik je bil raztros rezultatov prevelik, da bi lahko potegnili nekatere zaključke oziroma našli korelacijo z meritvami v akustični kavitaciji. Problem je bil predvsem v naključni naravi kavitacije in preveliki postaji.

Izdelali smo tri manjše in geometrijsko podobne postaje (konvergentni del 18° , divergentni 8° , presek grla je znašal 3x5mm), kjer je bil del Venturijeve cevi v celoti izdelan iz materiala, ki je prepusten za IR spekter svetlobe. Meritve termičnega zamika so bile tudi tokrat le delno uspešne, saj so bili padci temperature manjši od pričakovanih. Nadaljna analiza rezultatov vzporednih meritev s hitro konvencionalno kamero (Casio EXILIM Pro EX-F1 pri 1200 slikah na sekundo) je pokazala, da v pomanjšanih postajah ne prihaja do trganja kavitacijskih oblakov medtem, ko parne strukture še vedno kvazistabilno nihajo. Izdelali smo 6 geometrijsko podobnih različno velikih Venturijeveh cevi. Začeli smo pri zelo majhni postaji pri naslednjih pa povečali obe ali le eno dimenzijo (širino in višino). Vizualizacija parnih struktur pri različnih pretokih in različnih kavitacijskih številih je pokazala kateri parametri so pomembni za nastanek najagresivnejšega tipa kavitacije – kavitacije s trganjem kavitacijskih oblakov. Določili smo srednje vrednosti in standardne deviacije zaporedij slik, frekvence nihanja kavitacijskih struktur, pogoje ob katerih pogojih pride do trganja kavitacijskih oblakov. Ugotovili smo, da v primeru majhne postaje, tok ki teče preko parne strukture onemogoči dokončen razvoj povratnega toka v parni strukturi. Povratni tok se ne usmeri navzgor, pač pa zgubi energijo in se ustavi. Periodično ustavljanje povratnega toka povzroči kvazistabilno nihanje parne strukture. V sklopu tega dela projekta smo kritično ocenili tudi smiselnost uporabe Strouhalovega števila za opis narave trganja kavitacijskih oblakov. Problem, ki se je pojavil je, da obstaja veliko različnih interpretacij parametrov, ki Strouhalovo število določajo, kar, kot je pokazala naša študija, vodi k njegovi neuporabnosti. Pregledali smo obstoječo literaturo ter, na podlagi različnih interpretacij parametrov, izračunali Strouhalovo število za nekaj dobro definiranih eksperimentov. Razpon vrednosti Strouhalovega števila je presegal en velikostni razred. Rezultate smo kritično ovrednotili in predlagali poenoteno definicijo Strouhalovega števila.

V sklopu raziskovanja erozije smo nadgradili študijo z ultrazvočno kavitacijo. Raziskovali smo potek poškodb, ki nastanejo ob hidrodinamični kavitaciji. Za meritve smo uporabili merilno postajo v obliki vrtljivega diska, ki ustvari zelo agresivno kavitacijo. Za vzorce smo uporabili čisti baker. Glavni predmet zariskave je bilo iskanje korelacije med erozijo v inkubacijski dobi in končno količino odnešenega materiala. Poškodbe smo merili trikrat med inkubacijsko dobo in dvajsekrate med obdobjem trganja materiala. Rezultati so potrdili, da obstaja jasna korelacija med poškodbami v inkubacijski dobi in končno velikostjo poškodbe, kar je odlična osnova za oblikovanje zakonitosti o ekstrapolaciji rezultatov iz kratkega preizkusa na realni čas. Izpopolnili smo tudi model za napoved erozije, ki smo ga implementirali v numerično kodo in izvedli prvo popolnoma numerično napoved kavitacijske erozije.

Numerične metode [2, 4, 6, 9]

Z namenom preverjanja novih modelov in lažje interpretacije rezultatov meritev smo izvedli numerične simulacije osnosimetričnega mehurčka v bližini trdne površine. Za dani primer je dostopnih veliko eksperimentalnih podatkov. Simulacija je bila izvedena z metodo končnih volumnov. Dodatno smo v simulaciji uporabili metodo gibljivih mrež s katero smo ponazorili ultrazvočno vzbujanje - nihanje dna posode s 33 kHz. V kodo smo implementirali model stisljivosti parne in kapljevite faze za popis meje med vodo in zračim mehurčkom pa smo uporabili Volume of Fluid metodo. Prvotno sferični zračni mehurček resonančne velikosti smo postavili ob trdno površino na različnih oddaljenostih. Preučevali smo maksimalne tlake, temperature in hitrosti, ki nastanejo ob kolapsu mehurčka v odvisnosti od njegove začetne oddaljenosti od stene. Izračunane oblike so se zelo dobro ujemale z eksperimentalnimi. Čeprav so preučevali kolaps samo enega mehurčka, so dali rezultati dober vpogled v pogoje, ki nastanejo ob steni ultrazvočnega čistilnika. Pokazali smo tudi, da je možna pravilna napoved temperaturnega zamika ter tlačnih valov, kar med drugim omogoča tudi boljšo napoved erozije.

Cilj, ki je sledil je bila napovedi kavitacijske erozije izključno s CFD orodji. S tem namenom smo v obstoječo CFD kodo, ki temelji na homogenem popisu toka, implementirali izpopolnjen

kavitacijski model. Ker smo upoštevali stisljivost pare in kapljevine smo lahko napovedali nastanek in širjenje tlačnih valov, kar je bistveno poenostavilo erozijski model ter ga naredilo bolj preglednega. Model temelji na fizikalnem opisu pojavov ki vodijo k poškodbi – kolaps kavitacijskega oblaka, nastanek tlačnega vala, širjenje tlačnega vala, nastanek mikrocurka ter nastanek luknjice. Rezultate modela smo primerjali z eksperimentalno izmerjenimi poškodbami na profilu. Primerjava kaže, da je mogoče zgolj z uporabo CFD orodij napovedati časovni razvoj kavitacijske erozije, vključno s končnim obsegom in velikostjo poškodbe.

V okviru projekta so bile opravljene vsa predvidena dela. Seveda smo ponekod naleteli na težave, ki pa smo jih z dodatnimi eksperimenti uspešno rešili. Ocenjujemo, da so bili zadani cilji realizirani. V dveh letih smo s širše tematike projekta objavili 12 revialnih člankov, trije članki pa so še vedno v fazi recenzije.

Reference

- [1] DULAR, Matevž, BACHERT, Rudolf, SCHAAD, Christian, STOFFEL, Bernd. Investigation of re-entrant jet reflection at an inclined cavity closure line. *Eur. j. mech. B, Fluids*, 2007, letn. 26, št. 5, str. 688-705. <http://dx.doi.org/10.1016/j.euromechflu.2007.01.001>. [COBISS.SI-ID 10113307]
- [2] DULAR, Matevž, BACHERT, Rudolf, STOFFEL, Bernd, ŠIROK, Brane. Influence of the velocity distribution at the inlet boundary on the CFD prediction of local velocity and pressure fields around a hydrofoil. *Exp. therm. fluid sci.*, 2008, letn. 32, št. 3, str. 882-891. <http://dx.doi.org/10.1016/j.expthermflusci.2007.10.008>. [COBISS.SI-ID 10322203]
- [3] DULAR, Matevž, OSTERMAN, Aljaž. Pit clustering in cavitation erosion. *Wear*. [Print ed.], 2008, vol. 265, no. 5/6, str. 811-820. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wear.2008.01.005>. [COBISS.SI-ID 10504475]
- [4] DULAR, Matevž, BAJCAR, Tom, ŠIROK, Brane. Numerical investigation of flow in the vicinity of a swimming jellyfish. *Eng. appl. comput. fluid mech.* (Online). [Online ed.], 2009, vol. 3, no. 2, str. 258-270, ilustr. [COBISS.SI-ID 10909467]
- [5] DULAR, Matevž, COUTIER-DELGOSHA, Olivier. Numerical modelling of cavitation erosion. *Int. j. numer. methods fluids*, 2009, vol. 61, iss. 12, str. 1388-1410, doi: 10.1002/fld.2003. [COBISS.SI-ID 11009051]
- [6] OSTERMAN, Aljaž, DULAR, Matevž, ŠIROK, Brane. Numerical simulation of a near-wall bubble collapse in an ultrasonic field. *J. fluid sci. technol.* (Online), 2009, vol. 4, no. 1, str. 210-221, ilustr. http://www.jstage.jst.go.jp/article/jfst/4/1/210/_pdf. [COBISS.SI-ID 10870299]
- [7] DULAR, Matevž, BACHERT, Rudolf. The issue of Strouhal number definition in cavitating flow = Problem definicije Strouhalovega števila v kavitirajočem toku. *Stroj. vestn.*, 2009, vol. 55, no. 11, str. 666-674. [COBISS.SI-ID 11228187]
- [8] OSTERMAN, Aljaž, ŠIROK, Brane, DULAR, Matevž, BACHERT, Bernd. Time dependant measurements of cavitation damage. *Wear*. [Print ed.], apr. 2009, vol. 266, issues 9/10, str. 945-951, ilustr., doi: 10.1016/j.wear.2008.12.002. [COBISS.SI-ID 10898715]
- [9] DULAR, Matevž, BAJCAR, Tom, ŠIROK, Brane. Simulacija obtekanja močno deformabilnega telesa - primer plavanja meduze = Simulation of flow around highly deformable body - example of jellyfish locomotion. V: KORELC, Jože (ur.), ZUPAN, Dejan (ur.). *Kuhljevi dnevi 2007*, Snovik, 20.-21. september 2007. Zbornik del. Ljubljana: Slovensko društvo za mehaniko, 2007, str. 41-51. [COBISS.SI-ID 10232347]
- [10] OSTERMAN, Aljaž, DULAR, Matevž, HOČEVAR, Marko, ŠIROK, Brane. Temperaturni učinki kavitacije = Cavitation thermal effects. V: KORELC, Jože (ur.), ZUPAN, Dejan (ur.). *Kuhljevi dnevi 2007*, Snovik, 20.-21. september 2007. Zbornik del. Ljubljana: Slovensko društvo za mehaniko, 2007, str. 171-178. [COBISS.SI-ID 10232859]

[11] DULAR, Matevž, COUTIER-DELGOSHA, Olivier. Numerical modelling of cavitation erosion. V: 2008 ASME Fluids Engineering Division Summer Conference, Jacksonville, Florida, USA, August 10-14, 2008. FEDSM2008. [S. l.]: ASME, cop. 2008, 8 str. [COBISS.SI-ID 10598171]

4. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev³

Uspešno smo zaključili meritve na nivoju posameznega mehurčka. Prejšnje meritve smo nadgradili s simultanim merjenjem temperaturnega polja in hitro vizualizacijo parnih struktur. Očitno smo pokazali, da kolapsi in nastanek mehurčkov vodi k merljivi spremembi lokalne temperature.

Izvedli smo študijo povezave termodinamičnih učinkov in kavitacijske erozije. Metoda za napoved erozije preko meritev termodinamičnih učinkov se je izkazala kot možna a neučinkovita, saj so meritve predrage in prezamudne. Kljub temu je študija vodila k novim odkritjem, kjer smo ugotovili, da v začetni fazi nastanka poškodb luknice težijo k gručenju. Dodatno se je pokazalo, da ima kavtacija v dobi inkubacije izrazito samoojačevalno naravo – gručice luknjic delujejo kot anomalije, ki dodatno promovirajo nastanek mehurčkov, ki povzročijo še večjo agresivnost erozije.

Izvedli smo meritve v veliki kavitacijski postaji. Za geometrijo smo vzeli Venturijevo cev s 18° konvergentnim in 8° divergentnim delom. Presek grla cevi je bil 33x50mm. Kavtacijo smo opazovali s konvencionalno kamero in s termokamero. Za slednje meritve smo v steno postaje in v samo Venturijevo cev vgradili okence iz silicija, ki je propustno za IR spekter svetlobe. Meritve so pokazale rahla temperaturna nihanja.

Dodatne meritve smo izvedli na treh pomanjšanih geometrijah. Termodinamični učinek je bil prisoten a drugačen od pričakovanega. Pokazalo se je, da z zmanjšanjem merilne postaje bistveno spremenimo naravo kavitacije, ki postane stabilna.

Sledile so dodatne meritve na 6 različno velikih a geometrijsko podobnih geometrijah, ki so dale nove zakone o teoriji podobnosti.

Zaradi priročnosti majhnih postaj smo meritve opravili tudi v medijih, kjer je termodinamični učinek večji (etanol, aceton, hladilno sredstvo SES36). Trenutno najobetavnejši medij za nadaljno delo je SES36, ki ima velik termodinamični učinek, je varen in po prepustnosti v IR spektru podoben vodi.

Numerične simulacije kavitacije smo nadgradili z vpeljavo deformabilnih geometrij in vpeljavo ultrazvočnega polja. Uspeli smo dodati stisljivost vode v kapljevitem in parnem stanju, kar omogoča napoved generacije in širjenja tlačnih valov po mediju. Na podlegi tega je možno izračunati temperaturne učinke, ob dodatku modela kavitacijske erozije, pa napovedati tudi poškodbo materiala.

Uspešni smo bili tudi pri stacionarni napovedi kavitacije, ki pomeni bistveno skrajšanje računskega časa za industrijske aplikacije.

Razvoj končne aplikacije, nove črpalke za delovanje v vročem mediju – pretočnem grelcu vode, je zaradi prihoda gospodarske krize žal zastal, vendar pa smo razvili vsa orodja, ki bodo omogočila nemoten morebiten nadaljni razvoj.

Objavljanje rezultatov dela je bilo relativno uspešno, saj smo s področja v zadnjih dveh letih objavili 9 recenziranih znanstvenih člankov ter 2 prispevka na znanstvenih konferencah. Dodatno je nekaj del še vedno v postopku recenzije.

Zaključujemo, da je bila realizacija zastavljenih raziskovalnih ciljev uspešna.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta⁴

--

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁵

Znanstveni rezultat			
1.	Naslov	<i>SLO</i>	Prva izključno numerična napoved kavitacijske erozije
		<i>ANG</i>	The first numerical prediction of cavitation erosion
	Opis	<i>SLO</i>	Cilj dela je bilo raziskati možnost napovedi kavitacijske erozije izključno z metodami računalniške dinamike tekočin (CFD). Predstavljena je metoda povezovanja CFD-ja in erozijskega modela. Primerjava rezultatov kaže, da je mogoče z zelo dobro natančnostjo in zgolj z uporabo CFD orodij napovedati časovni razvoj kavitacijske erozije, vključno s končnim obsegom in velikostjo.
		<i>ANG</i>	The goal of the work is to investigate the possibility of cavitation erosion prediction using computational fluid dynamics (CFD) tools only. For that purpose, a numerical process based on a coupling between CFD and an erosion model is presented. The comparison shows that it is possible to use solely CFD tools to predict time evolution of cavitation erosion, including final extent and magnitude, with a very good accuracy.
	Objavljeno v		DULAR, Matevž, COUTIER-DELGOSHA, Olivier. Numerical modelling of cavitation erosion. Int. j. numer. methods fluids, 2009, vol. 61, iss. 12, str. 1388-1410
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		11009051
2.	Naslov	<i>SLO</i>	Primerjava metod za zaznavanje kavitacije v ventilih
		<i>ANG</i>	Comparison of methods for cavitation detection in valves
	Opis	<i>SLO</i>	Učinki kavitacije v ventilih so uničujoči. Zato je izbira pravlega ventila za določeno delovno območje ključnega pomena. Da to zagotovimo potrebujemo karakteristiko ventila, ki pa je odvisna od določitve nastanka kavitacije. Sočasno smo merili nihanja tlaka znotraj cevovoda ter vizualizirali kavitacijske strukture. Metoda vizualizacije se je izkazala za bolj učinkovito kot meritve s hidrofonom, saj je bolj občutljiva na kavitacija in neodvisna od delovnega tlaka.
		<i>ANG</i>	As the effects of cavitation in valves are devastating, the choice of the correct valve for a given operating range is crucial. For this, the valve characteristic is needed, whereby one side of the operating range depends on the determination of the incipient cavitation. Visualization method and measurements of pressure oscillations inside the pipeline were simultaneously performed. The visualization method proved efficiency over hydrophone measurements because it is more sensitive to cavitation and the signal is independent of the operating pressure.
	Objavljeno v		OSTERMAN, Aljaž, HOČEVAR, Marko, ŠIROK, Brane, DULAR, Matevž. Characterization of incipient cavitation in axial valve by hydrophone and visualization. Exp. therm. fluid sci., 2009, vol. 33, issue 4, str. 620-629
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		10869531
3.	Naslov	<i>SLO</i>	Simulacija kolapsa kavitacijskega mehurčka v prisotnosti ultrazvočnega polja.
		<i>ANG</i>	Simulation of cavitation bubble collapse in an ultrasonic field.
	Opis	<i>SLO</i>	Preučevali smo kolaps mehurčka v ultrazvočnem polju. Uporabili smo dvodimenzionalni osnosimetrični model končnih volumnov. V vodo, blizu trdne površine, smo postavili sferični zračni mehurček resonančne velikosti, ki je nato silovito kolapsiral. Preučevali smo maksimalne tlake, temperature in hitrosti, ki so nastali ob kolapsa razpada, v odvisnosti od začetne oddaljenosti mehurčka od dna. Izračunane olike mehurčka so se z eksperimentalno določenimi zelo dobro ujemale.

		ANG	collapsed. Maximal pressures, temperatures and velocities, generated during the collapse, were studied with regard to the initial bubble distance from the bottom. The computed bubble shapes were compared to the experimentally observed bubble shapes and a very good agreement was found.
	Objavljeno v		OSTERMAN, Aljaž, DULAR, Matevž, ŠIROK, Brane. Numerical simulation of a near-wall bubble collapse in an ultrasonic field. J. fluid sci. technol. (Online), 2009, vol. 4, no. 1, str. 210-221
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		10870299
4.	Naslov	SLO	Prva eksperimentalna in numerična potrditev teorije o dinamiki kavitacijskih struktur na kompliciranih geometrijah
		ANG	The first experimental and numerical conformations of the theory of dynamics of cavitation structures on complicated geometries
	Opis	SLO	Znano je, da je kavitacija na enostavnih dvodimenzionalnih profilih s poševnim vpadnim robom izrazito 3 dimenzionalna – na delu, kjer je profil najdaljši, je kavitacija pritrjena in stacionarna, na drugi strani, kjer je profil najkrajši pa je dinamična s trganjem kavitacijskih oblakov. Teorijo o odboju povratnega curka na zaključku žepa je potrdila naša eksperimentalna in numerična raziskava. Članek je 2. najbolj bran članek v zgodovini revije Eur. j. mech (vir: Science Direct Top 25).
		ANG	It is known that cavitation on a 2-dimansional hydrofoil with swept leading edge shows evident 3-dimensional effects – in the region where the hydrofoil is the longest, the cavitation is steady and attached, on the other side, where the hydrofoil is the shortest, it is developed and unsteady with cavitation cloud separation. The theory of re-entrant jet reflection on cavity closure line was confirmed by our experimental and numerical study. The paper is the 2nd most downloaded paper in the history of journal Eur. j. mech (source: Science Direct Top 25).
	Objavljeno v		DULAR, Matevž, BACHERT, Rudolf, SCHAAD, Christian, STOFFEL, Bernd. Investigation of re-entrant jet reflection at an inclined cavity closure line. Eur. j. mech. B, Fluids, 2007, letn. 26, št. 5, str. 688-705
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		10113307
5.	Naslov	SLO	Časovno odvisne meritve kavitacijske erozije
		ANG	Time dependant measurements of cavitation damage
	Opis	SLO	Zaradi izredno dolgega trajanja poskusov, v večini študij kavitacijske erozije vrednotimo le poškodbe v inkubacijski dobi. Končna erozija se nato napove z ekstrapolacijo rezultatov. Uporabili smo postajo v obliki vrtljivega diska ter vzorce iz čistega bakra, ki so služili kot senzori erozije. Preizkovali smo korelacijo med škodo v inkubacijski dobi in končno izgubo mase materiala. Rezultati so potrdili, da je obstaja jasna povezava med škodo v inkubacijski dobi in končno stopnjo izgube mase.
		ANG	Due to the extremely long length of experiments, in most studies of cavitation erosion only damage in the incubation period is measured and the final damage is then predicted by extrapolation. A rotating disc test rig and pure copper specimens, as erosion sensors, were used to investigate the correlation between the damage within the incubation period and final mass loss. The results confirmed that the same clear relationship between the damage in the incubation period and the final mass loss rate exists.
	Objavljeno v		OSTERMAN, Aljaž, ŠIROK, Brane, DULAR, Matevž, BACHERT, Bernd. Time dependant measurements of cavitation damage. Wear. [Print ed.], apr. 2009, vol. 266, issues 9/10, str. 945-951
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		10898715

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine⁶

	Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat		
1.	Naslov	SLO	Oblikovanje in razvoj vodnih turbin moči do 20 MW
		ANG	Design and evaluation of water turbines with power up to 20MW

Opis	SLO	Za podjetji ANDINO Hydropower Engineering d.o.o. in GUGLER Water Turbines GmbH smo razvili vodne turbine in analizirali tokovne in kavitacijske razmere v pretočnem traktu. Za to smo uporabili komercialni programski paket Fluent. Analiza je zajemala vrednotenje tokovnih razmer v špirali, vodilniških lopatah, gonilniku in sesalni cevi ter napoved izgub in izkoristka celotne turbine. Vodne elektrarne z našimi turbinami bodo postavljene v Italiji, Mehiki in Bolgariji.
	ANG	For companies ANDINO Hydropower Engineering d.o.o. and GUGLER Water Turbines GmbH we developed and evaluated water turbines and analyzed flow and cavitation conditions in the flow tract. We used CFD code Fluent for this purpose. Analysis included evaluation of the flow conditions in spiral casing, in the vicinity of the guide vanes, in the runner and in the draft tube. Losses in the segments of the flow tract and the efficiency of the turbines were also predicted. Power plants with our turbine design are being installed in Italy, Mexico and Bulgaria.
Šifra	F.06 Razvoj novega izdelka	
Objavljeno v	DULAR, Matevž, ŠIROK, Brane. Evaluation of the flow in HPP Studen Kladenets turbine tract. Ljubljana: Fakulteta za strojništvo, Laboratorij za vodne in turbinske stroje, 2007. 11 str., ilustr.; DULAR, Matevž, ŠIROK, Brane. Numerical modelling of flow in the Tres de Maio turbine. Ljubljana: Fakulteta za strojništvo, Laboratorij za vodne in turbinske stroje, 2007. 12 str., ilustr.	
Tipologija	2.12 Končno poročilo o rezultatih raziskav	
COBISS.SI-ID	10329883	
2. Naslov	SLO	Patentirana nova oblika lopatic aksialnega ventilatorja
	ANG	New patented shape of blades of axial fan
Opis	SLO	Izum votle lopatice aksialnega turbinskega stroja s sestavljenim zunanjim in notranjim pretočnim poljem omogoča z uvedbo sekundarnega toka stabilizacijo tokovnih razmer na izstopnem robu lopatice. To vodi v ohranjanje smeri toka, ki ga določa geometrija lopatice in zagotavlja maksimalno lokalno energijsko pretvorbo na opazovanem delu aksialne kaskade in povečanje delovne učinkovitosti aksialnega turbinskega stroja z votlo lopatico. Prenos prototipne zasnove votle lopatice v serijsko proizvodnjo izvajajo v podjetju Hidria.
	ANG	An invention of a hollow blade of axial turbine machine with combined external and internal flow filed enables stabilization of the flow conditions near the blade trailing edge. Secondary flow enters the internal channel of the blade near the hub of the rotor and exits at the trailing edge of the blade. This leads to the preservation of the flow direction that is given by the blade shape what leads to maximal local energy transfer and increase of working efficiency of the turbine machine. The transfer form the prototype axial fan blade to serial production is underway in Hidria company.
Šifra	F.33 Patent v Sloveniji	
Objavljeno v	EBERLINC, Matjaž, ŠIROK, Brane, HOČEVAR, Marko, DULAR, Matevž. Votla lopatica aksialnega turbinskega stroja s sestavljenim zunanjim in notranjim pretočnim poljem : patent 22635. Ljubljana: Urad RS za intelektualno lastnino, 2009	
Tipologija	2.24 Patent	
COBISS.SI-ID	10913051	
3. Naslov	SLO	Vabljen predavanje na znanstveni konferenci
	ANG	Invited lecture on a scientific conference
Opis	SLO	S strani organizatorja "Die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)" je bil vodja projekta povabljen, da na mednarodni konferenci "3rd workshop Kavitation in Technik und Medicin" predstavi fizikalne osnove, poznane zakonitosti, metode raziskovanja, metode napovedovanja in odprte probleme s področja kavitacijske erozije.
	ANG	The project leader was invited by the organiser "Die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)" to give lecture on basic physics, known laws, research methods, prediction methods and open problems of cavitation erosion at an international conference "3rd workshop Kavitation in Technik und Medicin".

	Šifra	B.04	Vabljeni predavanja
	Objavljeno v	DULAR, Matevž. Cavitation erosion : [an invited speaker at] 3rd workshop Kavitation in Technik und Medizin, Drübeck, Germany, 15. and 16. Juni 2009. Drübeck, 15. 6. 2009.	
	Tipologija	3.16	Vabljeni predavanja na konferenci brez natisa
	COBISS.SI-ID	11009819	
4.	Naslov	SLO	
		ANG	
	Opis	SLO	
		ANG	
	Šifra		
	Objavljeno v		
	Tipologija		
	COBISS.SI-ID		
5.	Naslov	SLO	
		ANG	
	Opis	SLO	
		ANG	
	Šifra		
	Objavljeno v		
	Tipologija		
	COBISS.SI-ID		

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁷

Vodja projekta je bil gostujoči profesor na Heidelberg University of Applied Sciences – School of Engineering and Architecture. V zimskem semestru 2008/09 je vodja projekta vodil predavanja, vaje in izpite iz predmetov Mehanika tekočin II (60 ur, 6KT) in Termodinamika II (60 ur, 6KT) za študente 6 semestra. Dokazilo se nahaja v kadrovske službi Fakultete za strojništvo, Univerze v Ljubljani.

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Rezultati projekta so odmevni. V zadnjih dveh letih so članki dobili 20 citatov, kar je za področje strojništva in podoktorski projekt visoka številka. Študija termodinamičnih učinkov kavitacije je izrednega pomena saj je področje toka fluidov pri temperaturah blizu kritične točke na osnovni ravni še neraziskano – obstajajo le posredne študije termodinamskih učinkov kavitacije. Rezultati raziskav bodo služili za namen potrjevanja obstoječih teorij ter za razvoj novih oziroma izpopolnitev starih hipotez. Poleg študije termodinamskih učinkov kavitacije smo v okviru projekta razvili tudi nov model napovedi kavitacijske erozije in ga uspešno implementirali v numerično CFD kodo. Prvi smo pokazali, da je numerična napoved kavitacijske erozije sploh mogoča. Pokazali smo tudi, da kavitacijske poškodbe težijo k gručenju, kar pospeši nastanek erozije in razlaga fizikalno ozadje poteka erozije. Z eksperimentalno in numerično študijo smo podali interpretacijo fenomena asimetrične kavitacije na osamljenem profilu. Rezultati študije so vodili k boljši konstrukciji merilnega dela za študijo termodinamičnih učinkov. Nadaljna študija je pokazala, da v majhni kavitacijski postaji ne pride do trganja oblakov. Hipotezo o tem fenomenu smo postavili skupaj z raziskovalci iz LML ENSAM Lille (Francija). Za njeno potrditev pa smo izvedli poskuse še na šestih merilnih postajah. Rezultati raziskave bodo služili za izboljšanje modelnih preizkusov turbinskih strojev. Članek je v fazi recenzije. Numerične simulacije smo nadgradili z upoštevanjem deformabilnih sten teles in vpeljavo stisljivosti parne in kapljevite faze. S tem smo omogočili napoved vrste učinkov, ki jih je bilo

prej možno predvideti le posredno.

ANG

The project results are visible. In the past two years, papers received 20 citations, which is a high number in the field of mechanical engineering and for a post-doctoral project. Study of thermodynamic effects of cavitation is of a great importance since the field of fluid flow at temperatures near the critical point is still relatively unexplored at a basic level - only indirect studies of thermodynamic effects of cavitation exist. The research results will be used for the purpose of validation of existing theories and to develop new or refine the old hypotheses.

In addition to studies of thermodynamic effects of cavitation we also developed a new model of cavitation erosion prediction, which was successfully implemented in the CFD numerical code. We showed for the first time that the numerical prediction of cavitation erosion is at all possible. We also showed that the cavitation damage tends to cluster, what accelerates the erosion and explains the physical background of the erosion rate trend.

By an experimental and numerical study we gave an interpretation of the asymmetric cavitation phenomena on an isolated profile. The results of this study led to the construction of a better test section for the study of thermodynamic effects. Further study showed that cavitation in a small test section becomes stable without cloud separation. The hypothesis on this phenomenon, was made together with researchers from LML ENSAM Lille (France). For its confirmation we performed additional experiments in the six test sections. The results of this study will serve to improve model testing methods in turbo machinery. The paper is currently under review.

Numerical simulation techniques were upgraded to take account the deformable nature of the walls of bodies and by the introduction of compressibility and of liquid and vapor phase. This enabled the prediction of several effects that could previously be estimated only indirectly.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Rezultate raziskav je možno aplicirati v različna slovenska podjetja, ki se ukvarjajo s problematiko toka tekočin (Litostroj, Turboinštitut, Rotomatika...). Tu gre predvsem za izboljšane metode simulacij kavitirajočega toka, ki omogočajo boljše in hitrejše napovedi obnašanja različnih hidravličnih strojev. S tem lahko obratovanje stroja optimiziramo – povečamo izkoristek, zaradi zmanjšane potrebe po eksperimentalnih meritvah pa hkrati znižamo strošek izdelave prototipa in stroške vzdrževanja. Dodatno izboljšave v napovedih kavitacijske erozije, ki je med najbolj zahtevnimi problemi prisotnosti kavitacije v stroju, vodijo k boljšim hidravličnim razmeram v stroju, povišanemu izkoristku, cenejšemu vzdrževanju in daljšim obdobjem med potrebnimi remontami.

Akustična kavitacija, ki je bila predmet raziskav v začetku projekta se uporablja tudi v različne namene zdravljenja (na primer pri odstranitvi ledvičnih kamov - litotripsija). Posredne ugotovitve raziskav bodo lahko služile pri izboljšavah različnih tehnik v medicini.

V okviru projekta je bil izpopolnjen tudi edini kavitacijski tunel v Sloveniji, ter skonstruiranih več manjših merilnih postaj.

Nenazadnje se je preko dela v okviru projekta vzpostavilo več sodelovanja s tujimi inštitucijami. Veliko meritev in numeričnih simulacij smo opravili skupaj z raziskovalci iz LML ENSAM Lille (Francija). Nekatere dodatne eksperimente pa smo opravili na TU Darmstadt (Nemčija). Odprle so se tudi možnosti za sodelovanje s TU Muenchen.

Ker je bil predmet projekta povezan s tokom tekočin blizu kritičnih temperatur pa je veliko zanimanje za naše delo pokazala tudi Evropska Vesoljska Agencija (ESA).

ANG

Research results can be applied in different Slovenian companies, which deal with the problem of fluid flow (Litostroj, Turboinštitut, Rotomatika ...). This mainly applies to the improved methods of simulation of cavitating flow, enabling better and faster performance projections of various hydraulic machines. We can optimize the operation of the machines - increase efficiency, reduce the need for experimental measurements and at the same time lower the cost of the prototype and maintenance costs. Further on the improvement in predictions of cavitation erosion, which is among the most complex problems of cavitation in the machine, leads to improved conditions in hydraulic machinery, increased efficiency, lowering costs of maintenance and enabled longer periods between required overhauls.

Acoustic cavitation, which has been the subject of research in the beginning of the project is also used for different purposes in medicine (for example, at removal of the kidney stones - lithotripsy). Indirect research findings will could serve for improvements in the use of different techniques.

In the scope of the project also the only cavitation tunnel in Slovenia was improved and a number of smaller test sections were constructed.

Finally, more cooperation with foreign institutions was established. Many measurements and numerical simulations were carried out together with researchers from LML ENSAM Lille (France). Some additional experiments were performed at the TU Darmstadt (Germany). Opportunities for cooperation with TU Munich also opened. Since the project was related to the flow of fluids near the critical temperature we also received much interest from the European Space Agency (ESA).

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 type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE

	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.19	Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.20	Ustanovitev novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.21	Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.22	Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.25	Razvoj novih organizacijskih in upravljaljskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.26	Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljaljskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>

	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanju naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.28	Priprava/organizacija razstave	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.29	Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.31	Razvoj standardov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.33	Patent v Sloveniji	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

Komentar

--

11. Samo za aplikativne projekte!

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 type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.12.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.04.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01	Dvig kvalitete življenja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.06.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete					
		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07	Razvoj družbene infrastrukture					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.09.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

Komentar

--

12. Pomen raziskovanja za sofinancerje, navedene v 2. točki¹¹

1.	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			
2.	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		
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:

Matevž Dular	in	
podpis vodje raziskovalnega projekta		zastopnik oz. pooblaščenca oseba RO

Kraj in datum:

Ljubljana

15.4.2010

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2010-1/67

¹ Samo za aplikativne projekte. [Nazaj](#)

² 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](#)

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

⁴ Samo v primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega projekta, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega projekta. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁵ 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](#)

⁶ 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](#)

⁷ 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](#)

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

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

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

¹¹ Rubrike izpolnite/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/2010 v1.00a

BD-3A-49-51-A0-5D-57-E2-A3-35-D1-ED-F3-17-5B-E7-AA-7D-93-EA