

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2015/137



## ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

## A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

## 1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

<b>Šifra projekta</b>	J2-4078
<b>Naslov projekta</b>	Razvoj metod in modelov za simulacije termohidravličnih pojavov v inovativnih jedrskih reaktorjih
<b>Vodja projekta</b>	12057 Iztok Tiselj
<b>Tip projekta</b>	J Temeljni projekt
<b>Obseg raziskovalnih ur</b>	8430
<b>Cenovni razred</b>	B
<b>Trajanje projekta</b>	07.2011 - 06.2014
<b>Nosilna raziskovalna organizacija</b>	106 Institut "Jožef Stefan"
<b>Raziskovalne organizacije - soizvajalke</b>	1554 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
<b>Raziskovalno področje po šifrantu ARRS</b>	2 TEHNIKA 2.13 Procesno strojništvo 2.13.01 Večfazni sistemi
<b>Družbeno-ekonomski cilj</b>	05. Energija
<b>Raziskovalno področje po šifrantu FOS</b>	2 Tehniške in tehnološke vede 2.11 Druge tehniške in tehnološke vede

## B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

2. Povzetek raziskovalnega projekta<sup>1</sup>

SLO

Projekt je bil razdeljen v dva razmeroma neodvisna dela, ki jima je skupno to, da obravnavata termohidravliko jedrskih reaktorjev. Prvi del projekta se nanaša na termohidravliko reaktorjev hlajenih s tekočo kovino, drugi del pa na vodno hlajene reaktorje.

Za analize hlajenja oplodnih jedrskih reaktorjev hlajenih s tekočimi kovinami smo

opravljali simulacije turbulentnih tokov z nizkimi Prandtllovimi števili. Izvedli smo podrobne direktne numerične simulacije toka v kanalu pri različnih Reynoldsovih številih in Prandtllovih številih, vključno z vezanim prenosom toplote pri različnih razmerjih termične aktivnosti in različnih debelinah stene. Rezultati so nam dali natančne podatke o Nusseltovih številih, povprečnih temperaturnih profilih, profilih termičnih fluktuacij v tekočini in v steni, in ob-stenskih profilih turbulentnih Prandtllovih števil. Na vse te parametre vpliva bližina vroče stene. Simulacije smo opravljali s pomočjo psevdo-spektralnega programa za simulacijo tokov v kanalu in so jih sodelavci EU projekta THINS (7. OP EU) uporabljali za razvoj turbulentnih modelov prenosa toplote v tekočih kovinah, ki so potrebni v programih računske dinamike tekočin.

Za reaktorje, ki bodo v prihodnosti morda hlajeni z vodo pri nadkritičnih tlakih, smo opravili simulacije prehodnih pojavov pri katerih hladilo istočasno nastopa v enem delu sistema v nadkritičnem stanju, v drugem delu pa v podkritičnem stanju. Prvi del projekta je bil namenjen razvoju parnih tabel in interpolacijskim algoritmom v nadkritičnem območju. Pri simulacijah nadkritičnih tokov, ki predstavljajo normalno obratovalno stanje reaktorja, se stisljivost in specifična toplota pri prehodu psevdo-kritične krivulje lahko spremenita za en ali dva velikostna reda v območju nekaj stopinj Kelvina. Ta oster, še vedno pa zvezen prehod lahko povzroči številne težave pri numeričnih simulacijah dinamike tekočin. Razširjene parne tabele smo vgradili in preizkušali v lastnem programu WAHA, s katerim smo simulirali prehodne pojave in kritični tok iz posode napolnjene z vodo pri nadkritičnem tlaku in temperaturi, a rezultatov ni bilo mogoče preveriti z eksperimenti. Modele dvofaznega kritičnega toka smo nadgrajevali in jih preizkušali v okviru tudi pri podkritičnih tlakih v posodi. Simulacije smo opravljali z obstoječimi enodimenzionalnimi programi WAHA, RELAP in TRACE. Analizirali smo kritični tok ob izlivni nezgodi v dveh eksperimentalnih napravah.

ANG

Project was splitted into two rather independent parts, which both fall into the field of nuclear thermal hydraulics. First part of the proposal is dealing with thermal hydraulics of liquid metal cooled reactors and second part thermal hydraulics of water cooled reactors.

Analyses of liquid metal cooled breeder reactors require simulations of turbulent flows at low Prandtl numbers. Detailed direct numerical simulations of channel flows were performed at various Reynolds and Prandtl numbers including conjugate heat transfer with various thermal activity ratios of the fluid and solid, and various wall thicknesses. These results give accurate Nusselt numbers, mean temperature profiles, profiles of thermal fluctuations in the liquid and in the wall, and near-wall profiles of turbulent Prandtl numbers. All these quantities are more or less affected by the presence of the hot wall. DNS results were obtained with a pseudo-spectral channel-flow code. Produced databases were used for development and verification of turbulent heat transfer models, required in computational fluid dynamics (CFD) computer codes within the EU project THINS (7. FP of EU).

Reactors that might be cooled with supercritical water in the future, will require simulations of transients between the fluid in various states: supercritical in one part of the system and subcritical in the other part. An important part of supercritical water simulations are steam tables in the supercritical area. The first goal within this task was careful pre-tabulation of the fluid properties and development of various interpolation algorithms for these steam tables. Such tables will be needed to ensure acceptable behavior of the main thermodynamic variables: smooth density or specific internal energy as functions of pressure and temperature, "reasonable" behavior of derivatives of these functions: specific heat capacity, isothermal compressibility, coefficient of thermal expansion, sonic velocity. Within the project new models and steam tables were implemented in the in-house computer code WAHA and applied for several transients. Critical flow from the vessel at supercritical pressure and temperature was simulated but it was not possible to verify these results with experiments. Two-phase critical flow models were tested and developed also at subcritical vessel pressures. Computer codes WAHA, RELAP and TRACE were used to simulate loss of coolant accident in two experimental devices.

### 3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu<sup>2</sup>

Cilje, ki smo si jih postavili v predlogu projekta smo strnili v posamezne točke. Pri vsaki od njih komentiramo dejansko opravljeno delo in dosežke.

### **Turbulentni prenos toplote v tekočih kovinah**

1) Načrti na področju novih oz. izpopolnjenih numeričnih metod direktne numerične simulacije (DNS) reševanja enačb, optimizacije in paralelizacije računalniških programov  
>Optimizacija obstoječega računalniškega programa za DNS, temelječega na spektralni shemi,  
>za novo računalniško gručo z deljenim spominom. Nadgradnja programa z učinkovitejšo  
>shemo za časovno integracijo. Preizkušanje nove sheme za odpravo "aliasing" napake.

Opravljeno delo:

Računalniški program, ki temelji na psevdospektralni metodi reševanja Navier-Stokesovih enačb, smo uspešno paralelizirali in ga uporabljamo na paralelnih računalnikih s skupnim spominom (OpenMP paralelizacija).

Sheme za časovno integracijo in nove sheme za odpravo "aliasing" napake nismo nadgradili, saj so ocene pokazale na razmeroma majhne prihranke računskega časa. Smo pa nadgradili numerično shemo računalniškega programa za sklopljen prenos toplote. Stara verzija je v trdni steni uporabljala kombinacijo spektralne metode in manj natančne metode končnih razlike, nova numerična shema pa tudi v trdni steni uporablja samo spektralne metode, ki imajo glede natančnosti pomembno prednost pred shemami končnih razlik. (Znanstveni dosežek št. 3)

2) Načrti na področju simulacij

>Direktne numerične simulacije pri različnih Reynoldsovih številih (do največ  $Re_{\tau}=600$ ) in  
>Prandtlvem številu  $Pr=0.01$ . Po potrebi še DNS pri drugih Prandtlvih številih.

Opravljeno delo:

Podatkovna baza, ki smo jo ustvarili z DNS obsega rezultate pri treh strižnih Reynoldsovih številih: 180, 395 in 590 in pri Prandtlvem številu 0.01. (Zn. dosežek 1)

Dodatna, manj obsežna podatkovna baza obsega simulacije pri strižnih Reynoldsovih številih 180 in 395 ter pri Prandtlvih številih 0.1, 1 in 10. (Zn. dosežek 3)

Obsežna podatkovna baza brez vezanega prenosa toplote je nastala pri strižnem Reynoldsovem številu 180, Prandtlvem številu 0.01 in v različnih dimenzijah računskih domen, kjer smo raziskovali lastnosti in vpliv velikih turbulentnih struktur na prenos toplote v tekoči kovini. (Zn. dosežek 5)

3) Simulacije vezanega prenosa toplote

Načrti:

>Uporaba dodatnih podprogramov za vezan prenos toplote: sklopitev turbulentnega prenosa  
>toplote in prevajanja toplote v steni kanala. DNS vezanega prenosa toplote

Opravljeno delo:

V osnovni podatkovni bazi pri treh strižnih Reynoldsovih številih: 180, 395 in 590 in pri Prandtlvem številu 0.01 so tudi podatki za vezna prenos toplote v stenah različnih debelin in različnih materialnih lastnosti. (Znanstveni dosežek št. 2 v rubriki št. 8)

4) Načrti: Predstavitev rezultatov v mednarodnih publikacijah.

Opravljeno delo:

Glavne publikacije so našteje med raziskovalnimi in družbeno-ekonomskimi rezultati projekta ter pod točko "8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine". Skupno so bili s področja turbulentnega prenosa toplote objavljeni 4. članki v SCI revijah ter več konferenčnih prispevkov.

### **Prehodni pojavi z nadkritično vodo**

1) Načrti:

>Razvoj parnih tabel v okolici kritične točke in psevdo-kritične krivulje. Implementacija parnih  
>tabel v programu WAHA.

Opravljeno delo:

Parne tabele v okolici kritične točke in psevdo-krivulje nasičenja smo tabelirali z različnimi gostotami točk v tabeli in preizkusili uporabnost takšnega pristopa. (Zn. dosežek št. 2)

2) Načrti

>Odgovoriti na vprašanje: Je dovolj izboljšati natančnost tabel ali je potrebna nova metoda

>interpolacije v tabelah? Po potrebi razviti nov način interpolacije.

Opravljeno delo:

Struktura uporabljenih parnih tabel ter metoda interpolacije v tabelah so dale razmeroma dobre rezultate in pokazale na uporabnost našega pristopa k obravnavi enačbe stanja. Interpolacijske sheme višjih redov so po rezultatih naših testov manj učinkovite od enostavnega povečanja gostote tabeliranih podatkov. (Zn. dosežek št. 3 v rubriki 8.)

3) Načrti:

> Simulacije prehodnih pojavov v nadkritičnem območju. Simulacije prehodnih pojavov s

>prehodi iz nadkritičnega v podkritično stanje. Modeli kritičnega toka v primeru iztekanja

>tekočine pri nadkritičnem tlaku.

Opravljeno delo:

Modelirali smo kritični tok dvofazne mešanice vode iz posode pod tlakom skozi zlom. Naši modeli so sicer delovali tudi pri nadkritičnih tlakih v posodi, a jih nismo mogli preveriti z eksperimentalnimi rezultati. Pri podkritičnih tlakih smo kritični tok simulirali v dveh eksperimentih. Ena simulacija je bila razmeroma klasična oblika izlivne nezgode, kjer so bili rezultati primerljivi s tistimi iz literature, druga simulacija pa je predstavljala bolj zahteven primer in je bila tudi natančnost modelov kritičnega toka zato manjša. (Zn. dosežek št 4 in Zn. dosežek št. 1 v rubriki 8)

4) Načrti: Predstavitev rezultatov v mednarodnih publikacijah.

Opravljeno delo:

Glavne publikacije so našteje med raziskovalnimi in družbeno-ekonomskimi rezultati projekta ter pod točko "8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine". Skupno so bili s področja lastnosti vode objavljeni 4. članki v SCI revijah ter nekaj konferenčnih prispevkov.

#### **4. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev<sup>3</sup>**

##### **Turbulentni prenos toplote**

Računalniško intenzivne simulacije turbulentnega prenosa toplote, ki smo jih načrtovali ob prijavi projekta, so zaradi nadgradnje in nakupa novih računskih gruč potekale hitreje in učinkoviteje od začetnih načrtov. Hitrejši računalniki so nam omogočili dodatne analize, ki jih na začetku nismo načrtovali, so se pa izkazale kot nujne za korektno analizo fizikalnih pojavov v tekoči kovini. Te analize so zahtevale večje računske domene in daljše čase računanja. Najobsežnejša simulacija na 75 milijonih točk je zahtevala okoli osemsto tisoč časovnih korakov in več mesecev računskega časa na 48 procesorskih jedrih računske gruče. Ocenjujemo, da smo načrte realizirali v celoti oziroma v večjem obsegu od začetno načrtovanega. Uspešnost potrjuje naše sodelovanje v novem EU projektu programa H2020 SESAME s podobno vsebino, ki se začne v 2015.

##### **Nadkritična voda**

Raziskave na področju enačbe stanja za vodo pri nadkritičnih tlakih so bile opravljene v okviru načrtov. Simulacije dvofaznega kritičnega toka iz posode napolnjene z vodo pri nadkritičnem tlaku in temperaturi so bile sicer izvedene, a primerjav z eksperimenti v tem območju nismo opravili, saj nismo našli dostopnih eksperimentalnih rezultatov. Dvofazni kritični tok smo simulirali tudi v dveh eksperimentalnih napravah, ki sta sicer delovali pri podkritičnimi pogoji. Tu smo rezultate modelov lahko primerjali z meritvami. Ocenjujemo, da smo v primernem obsegu realizirali zastavljene raziskovalne cilje.



### 5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine<sup>4</sup>

Zaradi nadgradnje računalniških gruč smo lahko opravili dodatne simulacije: dvostransko hlajenje ploščatega vira toplote. Ostale aktivnosti so bile izpeljane v okviru zastavljenih ciljev.

Analiza velikih turbulentnih struktur pri nizkih Prandtlovih številih sicer na začetku projekta ni bila načrtovana, a se je med izvajanjem projekta izkazala kot potrebna in je na koncu prinesla najbolj zanimiva nova znanja.

### 6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine<sup>5</sup>

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	24965927	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Direktna numerična simulacija in LES simulacija prenosa toplote pri nizkih Prandtlovih številih
		ANG	Direct and large eddy simulation of turbulent heat transfer at very low Prandtl number
	Opis	SLO	Rezultati DNS (Direktna numerična simulacija) in LES (Large Eddy Simulation - Metoda velikih vrtincev) za turbulentni prenos toplote ob ravni steni hlajeni s tekočino (tekočim natrijem) z zelo nizkim Prandtlovim številom.
		ANG	Results of DNS and LES simulations of turbulent heat transfer in the channel flow at very low Prandtl numbers of liquid sodium.
	Objavljeno v	Elevier; Nuclear Engineering and Design; 2011; Vol. 246; str. 91-97; Impact Factor: 0.765; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.949; WoS: RY; Avtorji / Authors: Bricteux L., Duponcheel M., Winckelmans G., Tiselj Iztok, Bartosiewicz Y.	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
2.	COBISS ID	26052135	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Enačba stanja vode v nadkritičnih območjih
		ANG	The pseudocritical regions for supercritical water
	Opis	SLO	Članek obravnava enačbo stanja vode v nadkritičnem območju, v okolici tako imenovane psevdokritične krivulje, v okolici katere se lastnosti vode zelo hitro spreminjajo in kažejo nekatere singularne lastnosti (npr. izrazit maksimum specifične toplote vode).
		ANG	Equation of State for water near the pseudo-critical line is discussed. Some properties show rapid changes and some (like specific heat capacity) exhibit singular behaviour.
	Objavljeno v	North-Holland; Nuclear Engineering and Design; 2012; Vol. 252; str. 179-183; Impact Factor: 0.805; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.844; WoS: RY; Avtorji / Authors: Imre A. R., Deiters U. K., Kraska T., Tiselj Iztok	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
3.	COBISS ID	26958631	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Dvostransko hlajenje ploščati toplotni izvir: direktna numerična simulacija vezanega prenosa toplote

		ANG	Double-sided cooling of heated slab
Opis		SLO	Dvostransko hlajenje ploščatega vira smo analizirali z metodo direktne numerične simulacije. Članek se osredotoča na temperaturne fluktuacije, ki se v viru toplote pojavijo zaradi hlajenja s turbulentnim tokom.
		ANG	Double-sided cooling of heated slab was analyzed with DNS method. Research was focused on thermal fluctuations that appear inside the heat source due to the cooling with turbulent flows.
Objavljeno v	Pergamon Press; International journal of heat and mass transfer; 2013; Vol. 66; str. 781-790; Impact Factor: 2.522; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.275; A': 1; WoS: DT, IU, PU; Avtorji / Authors: Tiselj Iztok, Oder Jure, Cizelj Leon		
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
4.	COBISS ID	28051239	Vir: COBISS.SI
Naslov		SLO	Simulacije kritičnega toka v TOPFLOW napravi s programom TRACE
		ANG	Simulations of flashing experiments in TOPFLOW facility with TRACE code
Opis		SLO	Analizirali smo model kritičnega toka v novem sistemskem programu TRACE, ki na področju integralnih simulacij jedrskih elektrarn počasi nadomešča program RELAP.
		ANG	Critical flow model of the TRACE code has been analyzed. System code TRACE is slowly replacing RELAP5 in the field of integral simulations of nuclear reactors.
Objavljeno v	North-Holland; Nuclear Engineering and Design; 2014; 11 str.; Impact Factor: 0.972; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.957; WoS: RY; Avtorji / Authors: Mikuž Blaž, Tiselj Iztok, Beyer Matthias, Lucas Dirk		
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
5.	COBISS ID	28242215	Vir: COBISS.SI
Naslov		SLO	Zasledovanje velikih turbulentnih struktur pri nizkih Prandtlovih številih z direktno numerično simulacijo
		ANG	Tracking of large-scale structures in turbulent channel with direct numerical simulation of low Prandtl number passive scalar
Opis		SLO	Pokazali smo na obstoj in analizirali lastnosti velikih turbulentnih struktur temperaturnega polja v toku tekoče kovine ob vroči steni.
		ANG	We have demonstrated the existence and have described the behaviour of the large scale turbulent structures visible in the low Prandtl number temperature field near the heated wall.
Objavljeno v	American Institute of Physics; Physics of fluids; 2014; Vol. 26, no. 12; str. 125111-1-125111-17; Impact Factor: 2.040; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.377; A': 1; WoS: PU, UF; Avtorji / Authors: Tiselj Iztok		
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		

### 7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine<sup>6</sup>

	Družbeno-ekonomski dosežek		
1.	COBISS ID	24628775	Vir: COBISS.SI
Naslov		SLO	Umazana jedrska energija
		ANG	Dirty nuclear energy

	Opis	SLO	Komentar za časopis Delo ob nesreči v jedrski elektrarni Fukušima.
		ANG	Comments of Fukushima accident for newspaper Delo - leading Slovenian daily newspaper.
	Šifra	F.30	Strokovna ocena stanja
	Objavljeno v	Delo; Delo; 2011; Letn. 53, št. 87; str. 5; Avtorji / Authors: Tiselj Iztok	
	Tipologija	1.05	Poljudni članek
2.	COBISS ID	25787175	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Delavnica projekta THINS v Ljubljani
		ANG	1st THINS Cluster Workshop
	Opis	SLO	V okviru projekta 7. okvirnega programa EU EURATOM: THINS (Thermal Hydraulics of Innovative Nuclear Systems), smo na Institutu "Jožef Stefan" v februarju 2012 pripravili delavnico na to temo. Predavanja so bila organizirana po tako imenovanih "grozdih" (clusters), ki ne ustrezajo posameznim delovnim paketom projekta. Namen tovrstne delavnice je izboljšati sodelovanje med različnimi delovnimi paketi istega projekta in vse skupaj predstaviti v obliki, primerni za doktorske študente. Trije grozdi delavnice: 1. CFD modeli in njihova validacija; 2. Sistemski programi in njihova validacija; 3. Eksperimentalni postopki. Delavnice se je udeležilo 63 poslušalcev iz Evrope in ZDA, ki so pripravili 40 polurnih predavanj. Med njimi je bilo 20 študentov in 10 študentskih predavanj.
		ANG	Two cluster workshops were foreseen in the framework of THINS (Thermal Hydraulics of Innovative Nuclear Systems) project work package 6 (Education and training). The first cluster workshop was organized in February 2012 at Jožef Stefan Institute, Ljubljana. Clusters are introduced in the project management structure to enhance the interaction between the work packages in which similar or related experimental or numerical approaches may be employed. Forty THINS related presentations classified in three clusters: - 1. CFD model and validation; - 2. System code and validation; - 3. Experimental techniques and data bases, were presented in three days' workshop attended by 63 participants. Around 20 participants were students and 10 of them presented their work within THINS project.
	Šifra	B.01	Organizator znanstvenega srečanja
	Objavljeno v	Društvo jedrskih strokovnjakov Slovenije; Jedrce Društva jedrskih strokovnjakov Slovenije; 2012; str. 7; Avtorji / Authors: Tiselj Iztok	
Tipologija	1.05	Poljudni članek	
3.	COBISS ID	26747175	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Sodelovanje v projektih THINS (RU-7.OP, 2011-14) ni SESAME (2015-2018).
		ANG	Participation in project THINS (EU-FP7, 2011-14) and SESAME (2015-2018) European developments in single phase turbulence for innovative reactors
	Opis	SLO	Projekt 7. OP EU THINS (Thermal Hydraulics of Innovative Nuclear Systems) se je uspešno zaključil v začetku leta 2015. Konferenčni prispevek avtorjev iz sodelujočih evropskih institucij povzema raziskave opravljene v okviru paketa "Enofazni turbulentni tok", kjer smo sodelovali tudi mi. V okviru projekta smo z direktno numerično simulacijo analizirali prenos toplote v tekoči kovini in v strukturah okoli nje. Podobne raziskave v

		bolj kompleksnih geometrijah bomo opravljali v okviru novega projekta programa EURATOM Horizon2020 SESAME.
	ANG	Project of 7th framework program of EU THINS (Thermal Hydraulics of Innovative Nuclear Systems) has successfully ended in the beginning of 2015. Conference paper prepared by the authors of various EU institutions summarizes the research performed within the work package "Single phase turbulence". We used Direct Numerical Simulation to predict heat transfer in the liquid metal and structures around. Similar research in more complex geometries will be performed within the EU Horizon2020 project SESAME.
Šifra	D.06	Zaključno poročilo o tujem/mednarodnem projektu
Objavljeno v	American Nuclear Society; NURETH-15; 2013; 15 str.; Avtorji / Authors: Roelofs Ferry, Tiselj Iztok	
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
4.	COBISS ID	Vir: vpis v poročilo
Naslov	SLO	I. Tiselj, Član komisije za podeljevanje naziva "European Master of Science in Nuclear Engineering" ENEN
	ANG	I. Tiselj, member of Committee for evaluation of the "European Master of Science in Nuclear Engineering" applications of ENEN
Opis	SLO	Asociacija ENEN (European Nuclear Education Network), ki jo sestavljajo praktično vse evropske univerze in instituti, ki se ukvarjajo z izobraževanjem na področju jedrske tehnike, podeljuje naslov "Master of Science in Nuclear Engineering" študentom, ki so vsaj 20 ECTS pridobili izven domače univerze. I. Tiselj je v komisiji, ki ocenjuje njihove vloge.
	ANG	ENEN association (European Nuclear Education Network) connects all European universities and institutions involved in nuclear engineering education and awards "Master of Science in Nuclear Engineering" title to the students that obtained at least 20 ECTS at institutions other than their home university. I. Tiselj is a member of Committee for evaluation of the requests.
Šifra	D.03	Članstvo v tujih/mednarodnih odborih/komitejih
Objavljeno v	N/A	
Tipologija	2.15 Izvedensko mnenje, arbitražna odločba	
5.	COBISS ID	2562660 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Uporaba Mrežne Boltzmannove metode za opis naravne konvekcije v pravokotniku
	ANG	Simulation of natural convection in the rectangular cavity with Lattice-Boltzmann method.
Opis	SLO	Z numerično metodo, ki jo v naši raziskovalni skupini še nismo uporabljali, je študent predbolonjskega programa Fizika pripravil zanimivo diplomsko. V njej je na primeru naravne konvekcije analiziral tako prednosti (učinkovita paralelizacija na računalniških gručah), kot tudi slabosti (omejitve zaradi umetne stisljivosti) Mrežne Boltzmannove metode.
	ANG	Numerical method, that has not been used in our research group before, a student of physics prepared an interesting diploma thesis. Using the case of natural convection he analyzed advantages (efficient parallelization on massive parallel computers) and drawbacks (limitations due to the quasy-compressibility) of the Lattice Boltzmann Method.
Šifra	D.10	Pedagoško delo
Objavljeno v	[I. Mele]; 2013; 37 str.; Avtorji / Authors: Mele Igor	
Tipologija	2.11 Diplomsko delo	



## 8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine<sup>2</sup>

Še 3 SCI članki

- 1) GARRIDO, Oriol Costa, TISELJ, Iztok, CIZELJ, Leon. Depressurization of vertical pipe with temperature gradient modeled with WAHA code. Science and Technology of Nuclear Installations, ISSN 1687-6075, 2012, vol. 2012, str. 951923-1-951923-9.
- 2) TISELJ, Iztok, CIZELJ, Leon. DNS of turbulent channel flow with conjugate heat transfer at Prandtl number 0.01. Nuclear Engineering and Design, ISSN 0029-5493, Vol. 253, 2012. Amsterdam: Elsevier, 2012, vol. 253, str. 153-160.
- 3) IMRE, A. R., TISELJ, Iztok. Reduction of fluid property errors of various thermohydraulic codes for supercritical water systems. Kerntechnik, ISSN 0932-3902, 2012, vol. 77, no. 1, str. 18-24.

Razvoj modelov kritičnega toka je pomemben za programe, ki se uporabljajo za simulacije jedrskih elektrarn. Na Odseku za reaktorsko tehniko IJS uporabljamo ameriška programa RELAP5 in TRACE v okviru sodelovanja CAMP (Code Assessment and Maintenance Program), v okviru katerega smo tudi predstavili naše rezultate.

Ostali družbeno ekonomsko relevantni rezultati:

- 1) Nosilec projekta vodi katedro za Jedrsko tehniko na Fakulteti za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani. Je predavatelj pri predmetu magistrskega programa II. stopnje Jedrska tehnika, ter pri predmetu I. stopnje programa Fizika. V letu 2014 je bil študijski program obnove v sodelovanju s Fakultetama za elektrotehniko in strojništvo Univerze v Ljubljani.
- 2) Nosilec projekta je aktiven v javnih razpravah na temo energetike in jedrske energije. V času projekta je imel več stikov z radijskimi postajami in tiskanimi mediji - predvsem v času nesreče v Fukušimi. Poleg članka v dnevniku Delo (družb.-ekon. dosežek št. 1), velja omeniti članek v tedniku Mladina. Ostalo v COBISSu.
- 3) Na področju poljudno znanstvene literature je vodja projekta objavil nekaj prispevkov v publikaciji Društva jedrskih strokovnjakov "Jedrce", ter prispevek v reviji Presek (Društvo matematikov, fizikov in astronomov - DMFA).

## 9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine<sup>3</sup>

### 9.1. Pomen za razvoj znanosti<sup>3</sup>

SLO

Turbulentni prenos toplote v tekočih kovinah:

- Ustvarili smo nova znanja in podrobne podatke o turbulentnem prenosu toplote pri nizkih Prandtlovih številih. Podatkovne baze z vsemi glavnimi statističnimi parametri, ki opisujejo turbulentni tok in je z njimi mogoče testirati in preverjati modele turbulence v grobih modelih računalniške dinamike tekočin so prosto dostopne vsem raziskovalcem.
- Podrobno je opisana interakcija med temperaturnimi fluktuacijami v tekočini in v steni, ki jo tekočina hladi. Ti podatki so primerni za preverjanje modelov, s katerimi se raziskuje mehanizme termičnega utrujanja materialov.

Prehodni pojavi z nadkritično vodo in kritični tok skozi zlom:

- Enačbo stanja za vodo v nadkritičnem območju smo aproksimirali z različnimi metodami, ki jih je mogoče uporabiti v programih za računalniško dinamiko tekočin. Analizirali smo prednosti in slabosti posameznih aproksimacij.
- Modele dvofaznega kritičnega toka smo preizkusili s simulacijami dveh eksperimentov. Uporaba modela v novi geometriji in z novimi robnimi pogoji nemške eksperimentalne naprave je pokazala na razmeroma velika razhajanja meritev in simulacij.

ANG

Liquid metal turbulence:

- New knowledge and new detailed data on turbulent heat transfer at low Prandtl numbers have been generated. Databases of DNS simulations with detailed turbulent statistics, which are suitable for verification or development of new CFD turbulent models are in open-access

domain.

- Database with detailed description of the interaction between the temperature fluctuations in the liquid and inside the wall are available. These data are applicable for verification of the models that are being used to study thermal fatigue problems.

Supercritical water:

- Equation-of-State for water in the supercritical range has been approximated with various methods that are applicable for implementation in the multi-phase CFD models. Advantages and drawbacks of the tested approximations were analysed.

- Two-phase critical flow models were tested with simulations of two experimental devices. "Standard" critical flow model used in a new geometry and with new boundary conditions of the German experimental device have shown rather large discrepancies between the measurements and simulations.

## 9.2. Pomen za razvoj Slovenije<sup>10</sup>

*SLO*

Predlagane osnovne raziskave so omogočile vključitev Slovenije v mednarodno raziskovalno skupnost, ki se ukvarja z razvojem novih tipov jedrskih reaktorjev in s tem na posreden način odprlo vrata v to skupnost tudi ostalim slovenskim raziskovalnim skupinam in podjetjem.

Projekt je med drugim predstavljal tudi del slovenskega prispevka k štiriletnemu projektu 7. okvirnega programa EU THINS, ki se je začel v letu 2010 in se je uspešno zaključil v letu 2015. Uspešnost projekta potrjuje novo sprejeti projekt SESAME, ki predstavlja nekakšno nadaljevanje projekta THINS. V okviru obeh projektov je IJS povezan s približno 20 institucijami EU, ki v projektih sodelujejo. Slovenija je pri tem edina članica iz novih članic EU. V okviru obeh evropskih projektov že poteka in bo še naprej potekala izmenjava raziskovalcev ter vzgoja kadrov.

V raziskave sta bila vključena dva doktorska študenta.

*ANG*

Proposed fundamental research enabled active participation of Slovenia in the international research community that works in the field of new generation reactors development. That collaboration could present an entry point for other research groups and Slovenian companies.

Research project represented also a part of our contribution to the four year project of the 7th Framework Program of EU THINS, which started in 2010 and successfully ended in 2015 with a launch of a new similar project SESAME within the Horizon2020 programme. Both projects connects JSI with approximately 20 cooperating European institutions. Slovenia is the only new member state in THINS project. Both EU projects are enhancing exchange and cooperation between the research groups, and are improving the quality of the nuclear engineering education in Slovenia.

Two PhD students participated in the research project.

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

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

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

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

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

<b>F.21</b>	<b>Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.22</b>	<b>Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.23</b>	<b>Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.24</b>	<b>Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.25</b>	<b>Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.26</b>	<b>Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.27</b>	<b>Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.28</b>	<b>Priprava/organizacija razstave</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.29</b>	<b>Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.30</b>	<b>Strokovna ocena stanja</b>	

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

**Komentar**

--

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

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
<b>G.01</b>	<b>Razvoj visokošolskega izobraževanja</b>					
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="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 type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.12.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.03</b>	<b>Tehnološki razvoj</b>					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<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>					
<b>G.06.</b>	<b>Varovanje okolja in trajnostni razvoj</b>					
<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>					
<b>G.09.</b>	<b>Drugo:</b>					

**Komentar**

--

**12.Pomen raziskovanja za sofinancerje<sup>11</sup>**

--	--

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

### 13. Izjemni dosežek v letu 2014<sup>12</sup>

#### 13.1. Izjemni znanstveni dosežek

Prispevek na področju raziskav turbulentnih struktur v toku ob steni:

Za velike turbulentne strukture, ki so jih pred nami že identificirali drugi raziskovalci, je veljalo, da jih je zaradi relativne šibkosti glede na prevladujoče turbulentne strukture izredno težko identificirati.

Naše raziskave so pokazale, da v turbulentnem toku tekočine z nizkim Prandtlovim številom lahko pričakujemo, da bo te velike strukture mogoče opazovati tudi prek merjenja nekaterih makroskopskih lastnosti temperaturnega turbulentnega polja - na primer pri merjenju temperaturnih fluktuacij.

#### 13.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

Raziskave zaključenega ARRS projekta in sodelovanje v EU projektu THINS je predstavljalo vstop Slovenije na področje raziskav jedrskih reaktorjev IV. generacije. Kvaliteto raziskav je potrdila Evropska komisija, ki je v okviru programa Horizon2020 izbrala v financiranje projekt SESAME, ki predstavlja nadaljevanje raziskav projekta THINS zoženim na področje termohidravlike hitrih reaktorjev, ki jih bo hladila tekoča kovina.

## C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

- so vsi podatki, ki jih navajamo v poročilu, resnični in točni
- se strinjamo z obdelavo podatkov v skladu z zakonodajo o varstvu osebnih podatkov za potrebe ocenjevanja ter obdelavo teh podatkov za evidence ARRS
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v pisni obliki
- so z vsebino zaključnega poročila seznanjeni in se strinjajo vsi soizvajalci projekta

### Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba*

*vodja raziskovalnega projekta:*



raziskovalne organizacije:

in

Institut "Jožef Stefan"

Iztok Tiselj

---

## ŽIG

Kraj in datum: 

Ljubljana	6.3.2015
-----------	----------

### Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2015/137

---

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

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

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

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

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

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

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

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

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

<sup>8</sup> 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](#)

<sup>9</sup> Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)

<sup>10</sup> Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)

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

<sup>12</sup> Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega projekta v letu 2014 (največ 1000 znakov, vključno s presledki). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost pisave najmanj 16, približno pol strani) in opis izjemnega dosežka (velikost pisave 12, približno pol strani). Diapozitiv/-a priložite kot priponko/-i k temu poročilu. Vzorec diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/>. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-RPROJ-ZP/2015 v1.00a

11-74-EB-CF-25-19-11-CC-61-BE-D8-68-C1-4A-CE-64-75-84-BC-4D