

Oznaka poročila: ARRS\_ZV\_RPROG\_ZP\_2008/325

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

### A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

#### 1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

<b>Šifra programa</b>	P2-0026
<b>Naslov programa</b>	Reaktorska tehnika
<b>Vodja programa</b>	2852 Borut Mavko
<b>Obseg raziskovalnih ur</b>	59.500
<b>Cenovni razred</b>	C
<b>Trajanje programa</b>	01.2004 - 12.2008
<b>Izvajalke programa (raziskovalne organizacije in/ali koncesionarji)</b>	106 Institut "Jožef Stefan"

### B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

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

##### TERMO-HIDRAVLIČNE VARNOSTNE ANALIZE

Zastavljeni cilji raziskav na področju termo-hidravličnih varnostnih analiz so bili izpolnjeni.

Turbulentni prenos pasivnega skalarnega polja s stene v tekočino smo obravnavali z direktno numerično simulacijo. Pri tem smo pozornost posvetili tekočinam z visokimi Prandtllovimi oz. Schmidtovimi števili. V tovrstnih tokovih so dimenzije najmanjših struktur turbulentnega skalarnega polja za koren iz Prandtlovega števila manjše od dimenzij najmanjših vrtincev turbulentnega toka. Z obsežnimi simulacijami smo dokazali, da je povprečni temperaturni profil ob steni neodvisen od najmanjših struktur turbulentnega skalarnega polja. Prav tako smo pokazali, da je vpliv najmanjših toplotnih struktur turbulentnega toka v temperaturni mejni plasti zanemarljiv. Naši zaključki so pomembni za razvoj obstenskih turbulentnih modelov, ki jih uporabljajo programi za računsko dinamiko tekočin (Computational Fluid Dynamics – CFD). Sedanje smeri razvoja namreč kažejo, da se bodo tovrstni programi čedalje pogosteje uporabljali pri varnostnih analizah v jedrski tehniki.

Cilj raziskav podhlajenega mehurčkastega vrenja v navpičnem kanalu je bil razvoj modelov za napoved evolucije strukture dvofaznega toka. Pri tem smo uporabili Lagrangeov popis (pri katerem sledimo posameznim mehurčkom), Eulerev popis (pri katerem rešujemo sistem transportnih enačb dvofluidnega modela kapljevina-plin) ter sklopitev obeh modelov. Pri sklopitvi so lokalne velikosti mehurčkov določene z Lagrangeovim modelom in uporabljene kot vhodni podatki v Eulerjevem modelu, medtem ko se le-ta uporablja za določitev hitrostnega in temperaturnega polja v kapljeviti fazi. Za preverjanje sklopljenega modela smo uporabili eksperimentalne rezultate iz Purdue University (ZDA), ki smo jih prav tako, skupaj z eksperimentalnimi rezultati iz Seoul National University (Južna Koreja), uporabili za preverjanje obeh samostojnih modelov.

V okviru projekta 6.OP EU NURESIM smo razvili model stenske funkcije za tok z mehurčkastim

vrenjem, ki temelji na analogiji hrapavosti površine. Veljavnost modela smo potrdili s simulacijami različnih separatnih vrelnih eksperimentov. V sodelovanju s Commissariat a l' Energie Atomique - CEA (Francija) in EdF (Electricite de France) smo model vgradili v računalniški program NEPTUNE\_CFD, ki je namenjen trirazsežnim simulacijam dvofaznih tokov v sistemih jedrskih reaktorjev. S pomočjo računalniških simulacij vrenja smo v kanalu gorivnega elementa tlačnovodnega reaktorja analizirali vpliv usmerjevalnikov in distančnih rešetk na toplotno obremenitev gorivnih palic. Napovedali smo potencialna kritična mesta na gorivnih palicah, kjer lahko pride do plastnega vrenja, pregretja in poškodb gorivnih palic. Pri tem smo sodelovali z raziskovalnim centrom Forschungszentrum Dresden (Nemčija).

Pri opisovanju vodnega udara smo ob mednarodnem sodelovanju v okviru projekta 5. OP EU WAHALoads leta 2004 zaključili razvoj računalniškega programa WAHA za simulacije hitrih prehodnih pojavov v cevni sistemih z dvofaznim tokom. V naslednjih letih smo poleg termo-hidravličnih odzivov napovedali tudi nihanje cevovodov zaradi prehodnih pojavov. Opravili smo dvosmerno sklopitev enorazsežnih enačb dvofaznega toka v cevovodih in enačb za dvorazsežna nihanja linijskih nosilcev - cevi.

Posebni primer vodnega udara zaradi kondenzacije pare na površini hladne vode v vodoravnih ceveh smo simulirali tudi s trirazsežno računsko dinamiko tekočin. Raziskave so potekale v okviru projekta 6.OP EU NURESIM. Ob uspešni simulaciji kondenzacije pare v razslojenem dvofaznem toku in simulaciji prehoda iz razslojenega v čepasti tok, so se največje težave pojavile pri simulaciji vodnega udara, ki lahko nastane v čepastem toku.

Na področju modeliranja prenosnikov toplote smo na osnovi numeričnih simulacij pridobili časovne distribucije hitrostnega in temperaturnega polja v segmentu prenosnika toplote z valjasto, elipsasto in krilasto obliko notranje strukture. Časovno povprečne vrednosti so bile nadalje uporabljene za določitev polinomskih funkcij koeficientov upora in Stantonovega števila v odvisnosti od Reynoldsovega števila in hidravličnega premera. Ločeno od numeričnega termohidravličnega modela smo razvili semi-analitičen pristop, ki temelji na metodi Galerkina. Model omogoča obravnavo problemov vezanega prenosa toplote v enostavnih geometrijah z izotermnimi robnimi pogoji.

Pri ocenjevanju natančnosti termo-hidravličnih simulacij prehodnih pojavov v sistemih jedrskih elektran smo metodo na podlagi hitre Fourierjeve transformacije FFTBM (Fast Fourier Transform Based Method) izboljšali z zrcaljenjem signalov in tako odpravili vgrajeno pomanjkljivost zaradi nezveznosti, ki nastane, ko aperiodičen signal obravnavamo kot periodičen. Metodo smo validirali na rezultatih izračunov opravljenih v okviru OECD/NEA raziskovalnega programa BEMUSE (Best-Estimate Methods Uncertainty and Sensitivity Evaluation). Predlagali smo novo klasifikacijo metod za ovrednotenje negotovosti termo-hidravličnih izračunov jedrskih naprav, ki se uporabljajo v svetu. Na osnovi pregleda aplikacij metod smo ugotovili, da je trenutno najbolj uporabljen pristop CSAU (Code Scaling, Applicability, and Uncertainty), medtem ko se negotovost varnostnih parametrov povečini ovrednoti z neparametričnimi statističnimi tolerančnimi mejami. Opravili smo tudi raziskavo o vplivu negotovosti determinističnih varnostnih izračunov v kombinaciji z verjetnostnimi varnostnimi analizami na analizo zanesljivosti človeka. Raziskave so bile vpete v mednarodni raziskovalni program CAMP.

Na področju modeliranja atmosfere zadrževalnega hrama pri pogojih resne nezgode smo z metodo računske dinamike tekočin simulirali poskuse mešanja in razslojevanja, izvedene v napravah TOSQAN v Institut de Radioprotection et de Surete Nucleaire – IRSN (Francija) in THAI (Becker Technologies, Nemčija). Pri tem smo preko uporabniških podprogramov v CFD program CFX vključili lastna modela kondenzacije na strukturah in v atmosferi. Poleg tega smo simulirali poskusa delovanja vodnih prh, ki sta bila prav tako izvedena na napravi TOSQAN. Namen poskusa TOSQAN 101 je bil raziskava vpliva prh na zniževanje tlaka, medtem ko je bil namen poskusa TOSQAN 113 raziskava uporabe prh za porušitev razslojenosti atmosfere. Pri tem sta bila preko uporabniških podprogramov v CFD program vključena lastna modela kondenzacije vodne pare na kapljicah in uparjanja filma kapljevine na vroči notranji steni posode. Z uspešnimi simulacijami smo izpolnili cilj napovedi mešanja in razslojevanja večkomponentne atmosfere. Raziskave so bile vpete v mrežo odličnosti 6. OP EU SARNET (Severe Accident Research Network of Excellence).

Na področju raziskav obnašanja aerosolov v zadrževalnem hramu jedrske elektrarne tekom resne nezgode smo s programom ASTEC-CPA, ki ga razvijata IRSN (Francija) in GRS (Nemčija), simulirali poskuse obnašanja aerosolov v nasičeni atmosferi, izvedene na eksperimentalnih napravah KAEVER (Battelle Ingenieur Technik, Nemčija) in LACE (Westinghouse Hanford

Company, ZDA).

Raziskovali smo parne eksplozije, do katerih lahko pride med hipotetično resno nezgodo v jedrski elektrarni, če bi staljena reaktorska sredica prišla v stik s hladilno vodo. Razvili smo parametrični model parne eksplozije, prilagojen uporabi v splošnih CFD programih. Z razvitim modelom smo opravili obsežno analizo eksplozije v poplavljeni reaktorski votlini jedrske elektrarne. S specializiranim programom MC3D za simulacijo parne eksplozije, ki ga razvijamo skupaj s CEA in IRSN (Francija), smo modelirali eksperimente, opravljene na napravah KROTOS (CEA, Francija) in TROI (KAERI, Južna Koreja). Ugotovili smo, da je strjevanje kapljic taline med mešalno fazo eksplozije eden izmed ključnih procesov, ki vpliva na njen razvoj, ter predvidoma eden izmed glavnih razlogov za opažene velike razlike v eksplozivnosti prototipičnih in simuliranih materialov. Razvili smo model strjevanja kapljic taline, s katerim smo to hipotezo potrdili, ter ga v poenostavljeni obliki vključili v program MC3D. V okviru projekta 5. OP EU PLINIUS smo predlagali eksperiment parne eksplozije, ki ga je nato mednarodna strokovna komisija izbrala izmed večih prispelih predlogov. Namen poskusa je bil spoznati vpliv cepitvenih produktov v obsevanem gorivu in kovinskih oksidov, ki vplivajo na temperaturo tališča in temperaturno območje faznega prehoda, na energijski izkoristek eksplozije in njeno morebitno sprožitev. Eksperiment smo s pomočjo ekipe CEA izvedli na napravi KROTOS v raziskovalnem centru CEA v Cadaracheu (Francija). Raziskave na področju parnih eksplozij so vpete v OECD projekt SERENA in v mrežo odličnosti 6. OP EU SARNET.

Vsi mednarodni projekti, v katere so bile vpete raziskave na področju termo-hidravličnih varnostnih analiz, so navedeni v točki 12.

#### TRDNOSTNE VARNOSTNE ANALIZE

Zastavljeni cilji raziskav na področju trdnostnih varnostnih analiz so bili izpolnjeni. Raziskave so bile v največji meri usmerjene v degradacijske procese v konstrukcijskih materialih, ki bi lahko omejili varno življenjsko dobo komponent jedrskih elektrarn. Razvili in preverjali smo nove računske modele, ki omogočajo napovedovanje in raziskovanje razvoja mikro-mehanskih poškodb ter napoved njihovega vpliva na makroskopsko obnašanje komponent.

V numeričnih simulacijah neposredno upoštevamo kristalno strukturo kovin: naključno obliko in usmerjenost kristalnih zrn kombiniramo z naprednim konstitutivnim modelom kristalne plastičnosti. Mikroskopska napetostna polja v kristalnih zrnih nato ocenjujemo s pomočjo programa z metodo končnih elementov ABAQUS. Na ta način dosežemo večnivojsko modeliranje, ki daje nove in pomembne informacije o odzivu materialov na zunanje obremenitve. Med pomembnejše rezultate večnivojskega modela sodijo:

- ocena vpliva kristalografskih orientacij kristalnih zrn na parametre vrha razpoke. Ugotovili smo, da lokalna kristalografska orientacija kristalnega zrna bistveno vpliva na parametre vrha razpoke. Rezultati opravljenih analiz kažejo tudi na tesno povezanost zdrsa drsnih sistemov kristalnih struktur z normalno in prečno komponento odpiranja vrha razpoke. Ugotovili smo tudi, da bližina razpoke poveča število aktivnih drsnih sistemov. Razvito metodo lahko uporabimo za iskanje kritične kombinacije oblike in usmerjenosti kristalnih zrn, ki nato privede do največjega odpiranja razpoke.
- ocena vpliva bližine kristalne meje na parametre vrha napredujoče razpoke.
- ocena najmanjšega števila zrn polikristalnega skupka (reprezentativni prostorninski element), nad katerim je vpliv začetne usmerjenosti kristalne rešetke zrn v okolici zrna s kratko razpoko zanemarljiv. S tem smo ocenili velikostni razred do katere še lahko zanesljivo uporabimo inženirska orodja za popis vpliva razpoke na konstrukcijo.

V sodelovanju s Commissariat à l'Énergie Atomique (Francija) razvijamo poenostavljene trirazsežne (3D) modele polikristalnih skupkov, ki nam bodo omogočili celovitejšo oceno vpliva mikrostrukture na kratke razpoke. V sodelovanju z Materials Performance Centre Univerze v Manchesteru (Velika Britanija) smo v okviru bilateralnega projekta začeli razvijati prve 3D polikristalne modele poškodb kristalnih mej vsled napredovanja medkristalnih razpok. Ti modeli temeljijo na eksperimentalno dobljenih podatkih o strukturi nerjavnega jekla.

#### VERJETNOSTNE VARNOSTNE ANALIZE

Raziskovalni program smo vsebinsko popolnoma realizirali v skladu z zastavljenimi cilji:

- Izvedli smo povezavo verjetnostnih varnostnih analiz z optimizacijskimi metodami. Razvili smo metodo, ki integrira drevo odpovedi s simuliranim izžiganjem in daje optimalne parametre vzdrževanja varnostnih sistemov za doseganje najmanjšega tveganja.
- Razvili smo dinamično drevo odpovedi, ki z vpeljavo dimenzije časa omogoča boljše modeliranje serije stanj sistemov, kar pomeni, da z dodatnimi parametri bolje popišemo

obnašanje sistema. To pomeni boljše modeliranje tveganja, ki vključuje nove parametre, tako da so verjetnostni modeli natančneje opisani.

— Proučili smo povezave med človeškim dejavnikom in tehnološkimi sistemi. Razvili smo metodo za analizo človeškega faktorja, pri čemer smo ločili obravnavo dogodkov povezanih z vzdrževanjem in preizkušanjem varnostne opreme in dogodkov povezanih z odzivanjem operaterjev na stanje parametrov elektrarne. V okviru metode smo posebno pozornost namenili upoštevanju medsebojnih odvisnosti med človeškimi akcijami, ki je ključnega pomena za boljše modeliranje serije akcij.

— Razvili smo metodo za ocenjevanje in zmanjševanje ogroženosti strateških objektov. V ta namen smo združili fizikalno modeliranje eksplozij, analizo njihovega vpliva na ljudi, na objekte in na sisteme v teh objektih, analizo trdnosti materialov ter verjetnostne varnostne analize, ki dajejo ocene tveganja proučenih scenarijev neželenih dogodkov. Metodo je možno uporabljati za izboljšanje varovanja energetskih in drugih nacionalno pomembnih strateških objektov. Primer rezultatov kaže, kako daleč od strateških objektov je potrebno fizično preprečiti dostop določene vrste vozil, da eksplozija eksploziva v vozilu ne bi povzročila katastrofalne škode na analiziranem objektu.

— Razvili smo kriterije tveganja za trajne in začasne spremembe v elektrarni, ki pomenijo izhodišče za odločanje z upoštevanjem tveganja. Trajne spremembe pomenijo fizične spremembe sistemov ali opreme v elektrarni, ali le spremembe postopkov in navodil za upravljanje, ter ne morejo biti sprejemljive, če ocena tveganja presega z našo metodo določene meje. Začasne spremembe so predvsem spremembe povezane s preizkušanjem in vzdrževanjem sistemov na moči. Tudi v tem primeru meje tveganja, ki smo jih določili z našo metodo, ne smejo biti presežene.

Raziskave na področju verjetnostnih varnostnih analiz so bile vpete v projekt 6. OP EU SAFERELNET in druge mednarodne projekte.

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

Zastavljeni raziskovalni cilji so bili v celoti izpolnjeni. Najpomembnejši doseženi cilji so naslednji:

- simulacija turbulentnega prenosa toplote z direktno numerično simulacijo,
- razvoj modela za napoved evolucije strukture dvofaznega toka v podhlajenem mehurčkastem vrenju,
- razvoj in validacija modela stenske funkcije za tok z mehurčkastim vrenjem,
- simulacije vrenja v kanalu gorivnega elementa tlačnovodnega reaktorja,
- zaključek razvoja računalniškega programa WAHA za simulacijo vodnih udarov,
- simulacija vodnega udara zaradi kondenzacije v vodoravnem razslojenem toku,
- razvoj metode FFTBM za ocenjevanje natančnosti termo-hidravličnih simulacij z zrcaljenjem signalov,
- modeliranje mešanja in razslojevanja atmosfere zadrževalnega hrama pri pogojih resne nezgode,
- simulacija obnašanja aerosolov v eksperimentalnih napravah zadrževalnega hrama,
- razvoj modela parne eksplozije, validacija na eksperimentalnih podatkih, ter na osnovi opravljenih simulacij, ocena ogroženosti jedrske elektrarne pri parni eksploziji,
- simulacije vpliva kristalografskih orientacij na obremenjenost vrha kratke razpoke: ocenili smo velikost okolice razpoke z velikim vplivom naključnih kristalografskih orientacij in vpliv bližine kristalne meje,
- razvoj dinamičnega drevesa odpovedi,
- razvoj metode za analizo človeškega faktorja,
- razvoj metode za ocenjevanje in zmanjševanje ogroženosti strateških objektov.

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

--

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

Znanstveni rezultat			
1.	Naslov	SLO	Modeliranje turbulentnega prenosa toplote

		ANG	Modelling of turbulent heat transfer
Opis	SLO		Turbulentni prenos pasivnega skalarnega polja s stene v tekočino smo obravnavali z natančnimi direktnimi numeričnimi simulacijami. Pozornost smo posvetili tekočinam z visokimi Prandtlovimi oz. Schmidtovimi števili. V tovrstnih tokovih so dimenzije najmanjših struktur turbulentnega skalarnega polja za koren iz Prandtlovega števila manjše od dimenzij najmanjših vrtincev turbulentnega toka. Z obsežnimi numeričnimi simulacijami smo dokazali, da je povprečni temperaturni profil ob steni neodvisen od najmanjših struktur turbulentnega skalarnega polja.
	ANG		Numerical simulations of passive scalar transfer near a heated wall at high Prandtl and Schmidt numbers were carried out. In these flows, the scale of the smallest structures of the turbulent scalar field are smaller for a factor equal to the square root of the Prandtl number than the dimensions of the smallest turbulent eddies. These analyses have shown the negligible influence of the smallest turbulent scales of the passive scalar field on the bulk passive scalar transfer and on the lower statistics of the turbulent passive scalar field.
Objavljeno v			R.Bergant, I.Tiselj, Near-wall passive scalar transport at high Prandtl numbers, Physics of Fluids, vol.19, no.6, 2007.
Tipologija			1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID			20806695
2.	Naslov	SLO	Razvoj strukture dvofaznega toka v kanalu gorivnega elementa
		ANG	Development of two-phase flow structure in flow channel between fuel rods
Opis	SLO		Razvili smo trirazsežni model za simulacijo vrenja v tlačnovodnih reaktorjih. Verodostojnost modela smo preverili na nizkotlačnih eksperimentih (3 bar) s hladilom R-113 in na eksperimentih z vodo pod visokim tlakom (30 do 150 bar). Model smo uporabili za simulacijo vrenja v kanalu gorivnega elementa tlačnovodnega reaktorja, kjer smo upoštevali tudi vpliv usmerjevalnikov toka. Simulacije so omogočile analizo razvoja strukture dvofaznega toka v kanalu gorivnega elementa in oceno toplotne obremenitve gorivnih palic.
	ANG		A three-dimensional two-fluid convective boiling model for pressurized water reactors was developed. The boiling model was validated on low-pressure experiments (3 bar) with refrigerant R-113 and on high-pressure experiments with water (30 to 150 bar). The model was used to simulate boiling flow in the real flow channel between fuel rods of the reactor core, where the effect of mixing vanes was also taken into account. The simulations enabled the analysis of the evolution of the two-phase flow structure in the flow channel and the estimation of the heat loads on the fuel rods.
Objavljeno v			B.Končar, E.Krepper, CFD simulation of convective flow boiling of refrigerant in a vertical annulus, Nuclear Engineering and Design, vol. 238, 693-706, 2008.
Tipologija			1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID			21322279
3.	Naslov	SLO	Ocena ranljivosti delno poplavljenega reaktorske votline pri parni eksploziji
		ANG	Vulnerability assessment of a partially flooded reactor cavity to a steam explosion
Opis	SLO		Pri nekaterih hipotetičnih scenarijih resnih nezdod predpostavljamo, da se reaktorska sredica stali in izlije v reaktorsko votlino. Stik staljene vroče sredice z vodo v reaktorski votlini bi lahko povzročil parno eksplozijo. Predlagali in izvedli smo prvo tovrstno analizo, s katero smo ocenili pričakovane tlačne obremenitve, s katerimi bi parna eksplozija obremenila strukture v okolici votline tlačnovodne jedrske elektrarne, ter ocenili ranljivost struktur. Opravili smo tudi analizo ranljivosti armiranobetonskih sten votline pri več značilnih parnih eksplozijah.
	ANG		In some hypothetical severe accident scenarios, it is assumed that the reactor core melts and spills into the reactor cavity. The contact of the core melt with water could trigger a steam explosion. We have performed the first analysis of a kind, with which we estimated the expected pressure loads on the cavity structures during an ex-vessel steam explosion in a typical pressurized water reactor, and also estimated the vulnerability of cavity structures. A vulnerability analysis of reinforced concrete reactor cavity walls

		to different characteristic steam explosions was also performed.
Objavljeno v		L.Cizelj, B.Končar, M.Leskovar, Vulnerability of a partially flooded PWR reactor cavity to a steam explosion, Nuclear Engineering and Design, vol. 236, 1617-1627, 2006.
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID		19921703
4.	Naslov	<i>SLO</i> Večnivojsko modeliranje mikrostrukturno kratkih razpok
		<i>ANG</i> Multiscale modelling of microstructurally short cracks
Opis	<i>SLO</i>	Večnivojski model polikristala naključno oblikovanih in usmerjenih kristalnih zrn, smo uporabili za študijo obnašanja mikrostrukturno kratkih razpok. Opazovali smo predvsem parametre v bližini vrha razpoke, ki odločajo o napredovanju in smeri njenega napredovanja. Opazovane konfiguracije so obsegale ravno razpoko v enem kristalnem zrnju in razpoko, ki se lomi pri prehodu meje med kristalnima zrnoma.
	<i>ANG</i>	A multiscale model that describes the behaviour of a polycrystalline material, composed of randomly sized, shaped and oriented grains, was used for a study of microstructurally short cracks. We mainly observed crack parameters that are related to crack growth and direction change. Observed configurations included straight cracks contained within a single grain and cracks, kinked on the boundary between two grains. The observed parameters significantly depend on the random crystallographic orientations of grains in the crack vicinity.
Objavljeno v		I.Simonovski, L.Cizelj, The influence of grains' crystallographic orientations on advancing short crack, International Journal of Fatigue, vol.29, 2005-2014, 2007.
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID		20960807
5.	Naslov	<i>SLO</i> Ogroženost strateških objektov
		<i>ANG</i> Vulnerability of strategic buildings
Opis	<i>SLO</i>	Razvili smo metodo za ocenjevanje in zmanjševanje ogroženosti strateških objektov. V ta namen smo združili fizikalno modeliranje eksplozij, analizo njihovega vpliva na ljudi, na objekte in na sisteme v teh objektih, analizo trdnosti materialov ter verjetnostne varnostne analize, ki dajejo ocene tveganja proučenih scenarijev neželjenih dogodkov. Primer rezultatov kaže, kako daleč od strateških objektov je potrebno fizično preprečiti dostop določene vrste vozil, da eksplozija naloženega eksploziva v vozilu ne povzroči katastrofalne škode na analiziranem objektu.
	<i>ANG</i>	A method for assessment and decreasing of vulnerability of strategic facilities was developed. The method integrates physical modeling of explosions, analysis of materials strength, phenomenological models of the causes of damage, injuries to human beings and probabilistic safety assessment with qualitative and quantitative assessment of unwanted scenarios. The results indicate how far from strategic objects the physical barriers should be placed in order that the damage of explosions does not destroy the facility.
Objavljeno v		M.Čepin, L.Cizelj, M.Leskovar, B.Mavko, Vulnerability analysis of a nuclear power plant considering detonations of explosive devices, Journal of Nuclear Science and Technology, vol.43, pp.1258-1269, 2006.
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID		20286247

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

	Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat	
1.	Naslov	<i>SLO</i> Analize za verifikacijo popolnega simulatorja NE Krško in analize po akcijskem planu NE Krško za odgovor na odprta vprašanja misije RAMP
		<i>ANG</i> Analyses for Krško Full Scope Simulator verification and analyses for Krško NPP action plan for resolving RAMP mission open issues
		Glavni namen projekta je bil preverjanje odziva popolnega simulatorja NE

Opis	SLO	Krško s programom za simulacijo termo-hidravličnih pojavov RELAP5/MOD3.3, za primer 4 nezgod: — prehodni pojav brez hitre ustavitve reaktorja, — mala izlivna nezgoda, — izguba napajanja uparjalnikov, — zlom cevi v uparjalniku.
	ANG	Drugi del projekta je bil namenjen rešitvi odprtih vprašanj misije RAMP (Review of Accident Management Programme). Opravili smo študijo možnih škodljivih posledic zaradi spremenjene strategije poplavljanja reaktorske votline in analizo porazdelitev gorljivih plinov v zadrževalnem hramu.  The main purpose was the verification of the Krško nuclear power plant Full Scope Simulator using the RELAP5 code for simulating thermal-hydraulic phenomena in nuclear plants, for the following 4 accident scenarios: — anticipated transient without scram, — small break loss-of-coolant accident, — loss of feedwater in steam generators, — steam generator tube rupture.  To resolve Review of Accident Management Programme open issues, studies of possible consequences due to modified flooding procedure of the cavity and of flammable gases distribution in the containment were carried out.
Šifra	F.17 Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
Objavljeno v	— I.Parzer, I.Kljenak, A.Prošek, RELAP5/MOD3.3 and CONTAIN 2.0 transient analysis of loss-of-coolant accident for Krško full scope simulator, IJS-DP-9046, 2005. — M.Leskovar, L.Cizelj, B.Končar, I.Parzer, Analysis of influence of steam explosion in flooded reactor cavity on cavity structures, IJS-DP-9103, 2005. — I.Kljenak, M.Babić, Investigation of hydrogen distribution in the Krško NPP containment at severe accident conditions, IJS-DP-9132, 2005.	
Tipologija	2.13 Elaborat, predštudija, študija	
COBISS.SI-ID	19035687	
2. Naslov	SLO	Obnovitev analize zanesljivosti človeka v verjetnostnih varnostnih analizah Nuklearne elektrarne Krško
	ANG	Update of human reliability analysis in probabilistic safety assessment of Krško nuclear power plant
Opis	SLO	Namen naloge je bil razviti metodo za ovrednotenje zanesljivosti človeškega faktorja v verjetnostnih varnostnih analizah NE Krško. Poseben poudarek smo namenili določanju medsebojnih odvisnosti človeških akcij. Metodo smo preizkusili na realnem primeru verjetnostnih varnostnih analiz za NEK, pri čemer smo upoštevali tudi izkušnje na simulatorju elektrarne, kjer operaterji vadijo postopke. Ugotovili smo, da je v obširni bazi podatkov o zanesljivosti operaterjev le nekaj ključnih človeških akcij, ki v največji meri vplivajo na rezultate.
	ANG	The objective of the project was to develop a method for updating human reliability analysis of the Krško nuclear power plant and to apply its results to the probabilistic safety assessment of the Krško NPP. The method was developed with emphasis on the dependencies between human failure events. The method was applied to the realistic models of probabilistic safety assessment of the Krško NPP, where the experience gained from the plant simulator was also considered. The key human actions were identified and proposed as candidates for training.
Šifra	F.17 Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
Objavljeno v	— M.Čepin, I.Kljenak, R.Prosen, M.Kaštelan, B.Mavko, B.Glaser, B.Krajnc, Analysis of dependencies between human failure events within human reliability analysis for nuclear power plant Krško, ESD TR-19/05, 2006. — M.Čepin, I.Kljenak, R.Prosen, M.Kaštelan, T.Bilić-Zabrc, B.Mavko, B.Glaser, B.Krajnc, Update of the human reliability analysis for nuclear power plant Krško, ESD-TR-17/05, 2007.	
Tipologija	2.13 Elaborat, predštudija, študija	

	COBISS.SI-ID	20478759
3.	Naslov	SLO Seminar "Toplotno utrujanje spojev cevodov iz nerjavnih jekel v jedrskih elektrarnah", 16.5.2006
		ANG Seminar »Thermal fatigue of stainless steel piping joints in nuclear power plants«, 16.5.2006
	Opis	SLO Cilj seminarja je bil seznaniti strokovnjake iz industrije in državne uprave z zadnjimi spoznanji s področja toplotnega utrujanja spojev nerjavnih cevodov v jedrskih elektrarnah. Pri tem smo se še posebej posvetili pojavom, ki pri načrtovanju druge in deloma tudi tretje generacije jedrskih elektrarn niso bili upoštevani, vendar bi lahko pod določenimi pogoji vodili do poškodb opreme. Med tovrstne pojave sodijo na primer razslojeni tokovi in turbulentno mešanje tekočin ter posledično tudi temperaturna in napetostna polja v cevodih in tlačnih posodah.
		ANG The goal of the seminar was to disseminate the latest research results related to thermal fatigue of stainless steel piping connections to professionals from the utility and safety administration. Special attention was given to the phenomena, which were not taken into account during the design of the second nuclear power plant generation, but could, at certain conditions, lead to damage on the equipment. Those phenomena include stratified flows and turbulent mixing of fluids, which could in turn generate temperature and stress fields in the piping and pressure vessels.
	Šifra	F.18 Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)
	Objavljeno v	— L.Cizelj, Pojavi, ki so v projektu po ASME B&PVC le deloma zajeti, IJS in FMF, 2006. — L.Cizelj, Projektiranje jedrskih cevodov na (toplotno) utrujanje po ASME B&PV code, IJS in FMF, 2006. — I.Simonovski, Toplotno utrujanje spojev cevodov iz nerjavnih jekel v jedrskih elektrarnah, IJS in FMF, 2006. — I.Simonovski, Večnivojsko modeliranje nastanka in napredovanja utrujenosti razpok, IJS in FMF, 2006.
	Tipologija	2.05 Drugo učno gradivo
COBISS.SI-ID	19862567	
4.	Naslov	SLO Primerjava odziva NEK RCS na različne seizmične vhodne podatke
		ANG Comparison of Krško nuclear power plant reactor coolant system response to different seismic input data
	Opis	SLO Opravili smo primerjalno analizo napetosti v najbolj obremenjenih komponentah hladilnega sistema reaktorja jedrske elektrarne Krško pri različnih predpostavkah o intenzivnosti potresov in pri različnih konfiguracijah dinamičnih podpor. Delo je bilo izvedeno na osnovi lastnega modela reaktorskega hladilnega sistema. Rezultati so bili namenjeni upravnemu organu za odločanje o nadzornih ukrepih.
		ANG A sensitivity analysis of the stresses in the most loaded reactor coolant system components in the Krško nuclear power plant has been performed with different assumptions on the earthquake intensity and selected configurations of dynamic supports. The model of the reactor coolant system developed by the J. Stefan Institute has been used in the analysis. The results of the analysis have been supplied to the regulatory body for implementation in surveillance activities.
	Šifra	F.17 Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso
	Objavljeno v	L.Cizelj, J.Gale, L.Fabjan, I.Simonovski, Končno poročilo projekta "Primerjava odziva NEK RCS na različne seizmične vhodne podatke", IJS-DP-9172, 2005.
Tipologija	2.13 Elaborat, predštudija, študija	
COBISS.SI-ID	19352103	
5.	Naslov	SLO Organizacija mednarodne konference "Nuclear Energy for New Europe 2005", Bled, Slovenija, 5-8 september 2005.
		ANG Organization of international conference "Nuclear Energy for New Europe 2005", Bled, Slovenia, 5-8 September 2005.
		Na mednarodni konferenci »Jedrska energija za novo Evropo 2005« je sodelovalo 197 udeležencev iz 24 držav, od tega 80 iz Slovenije in 117 iz tujine. Na konferenci je bilo predstavljenih 146 prispevkov (46 iz Slovenije in



Opis	SLO	100 iz tujine). Zastopana so bila naslednja področja jedrske energije: - reaktorska fizika, - jedrska fuzija, - mehanika tekočin in prenos toplote, - jedrska termohidravlika, varnostne analize in resne nezgode, - verjetnostne varnostne analize, - obratovanje jedrskih elektrarn, - ravnanje z jedrskimi odpadki, - upravljanje z jedrskim znanjem.
	ANG	The conference "Nuclear Energy for New Europe 2005" was attended by 197 participants from 24 countries (80 from Slovenia and 117 from abroad). At the conference, 146 papers were presented (46 from Slovenia and 100 from abroad). The following topics related to nuclear energy were represented: - reactor physics, - nuclear fusion, - fluid mechanics and heat transfer, - nuclear thermal-hydraulics, safety analyses and severe accidents, - probabilistic safety assessment, - nuclear power plant operation, - radioactive waste management, - nuclear knowledge management.
Šifra	B.01 Organizator znanstvenega srečanja	
Objavljeno v	Proceedings of International Conference "Nuclear Energy for New Europe 2005", Editors: B.Mavko, I.Kljenak, Nuclear Society of Slovenia and Jozef Stefan Institute, 2005, ISBN: 961-6207-25-3.	
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
COBISS.SI-ID	225157888	

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

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

SLO

Raziskave na področju termo-hidravličnih varnostnih analiz so pomembne za razvoj znanosti na naslednjih področjih:

- določitev toplotnih obremenitev tlačnih posod in cevovodov zaradi hitrih temperaturnih sprememb v tekočini,
- napovedovanje vodnega udara zaradi kondenzacije pare na hladni kapljevini v razslojenem vodoravnem toku,
- interakcija med tekočino in strukturami (sklopitev enačb hidromeh. in elastomehanike),
- porazdelitev toplotnega toka in masni tok uparjanja pri podhlajenem vrenju v cevi,
- sklopitev popisov dvofaznega dispergirane toka na različnih krajevnih skalah,
- lokalni mehanizmi kritičnega toplotnega toka in prehod v krizo vrenja,
- interakcija turbulentnih in vzgonskih efektov pri mešanju večkomponentne atmosfere,
- vpliv snovskih lastnosti na jakost parne eksplozije,
- določanje negotovosti rezultatov simulacij kompleksnih pojavov.

Raziskave na področju trdnostnih varnostnih analiz prispevajo k reševanju naslednjih tematik:

- povezava med makroskopskim obnašanjem materiala ter zakonitostmi in lastnostmi na nižjih nivojih strukture,
- napredovanje mikrostrukturno kratkih razpok v polikristalnih materialih,
- procesi utrujanja v kovinah in zlitinah.

Raziskave na področju verjetnostnih varnostnih analiz bodo omogočile naslednje napredke pri razvoju znanosti:

- vrednotenje človeškega dejavnika z integriranjem matematičnih modelov in izmerjenih podatkih o učinkovitosti človeka pri vodenju določenega procesa,
- vrednotenje vzročnih povezav med zanesljivostjo elektroenergetskega sistema in varnostjo jedrske elektrarne,
- združitev verjetnostnih varnostnih analiz in optimizacijskih metod, kar je osnova za odločanje z upoštevanjem tveganja.

ANG

Research in the field of thermal-hydraulic safety analyses will contribute to the following

developments of science:

- prediction of thermal loads of pressure vessels and pipings due to fast temperature variations in liquids,
- prediction of water hammer caused by steam condensation on cold liquid in horizontally stratified flow,
- fluid-structure interaction (coupling of fluid mechanics and elasto-mechanics equations),
- heat flux partitioning and evaporation mass flow rate in subcooled convective boiling in heated tubes,
- coupling of descriptions of two-phase dispersed flow on different length scales,
- local mechanisms of critical heat flux and transition to boiling crisis,
- interaction of turbulent and buoyancy effects in the mixing of a multi-component atmosphere,
- influence of material properties on steam explosion intensity,
- assessment of uncertainty of simulation results of complex phenomena.

Research in the field of structural safety analyses will contribute to the resolution of the following issues:

- relation between macroscopic behaviour of material and laws and properties on lower structure scales,
- micro-structurally short cracks propagation in polycrystalline materials,
- ageing processes in metals and alloys.

Research in the field of probabilistic safety assessment will enable the following advancements in the development of science:

- evaluation of human factor by integrating mathematical models and measured data on human effectiveness,
- evaluation of causal relationship between power system reliability and nuclear power plant safety,
- integration of optimization methods and probabilistic safety assessment, which is the standpoint for risk-informed decision-making.

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

*SLO*

Rezultati vseh treh pristopov in predlaganih sklopov raziskav in njihova medsebojna povezava ter dopolnjevanje so nujna teoretična osnova za varnostne analize, povezane z varnim in stabilnim obratovanjem JE Krško ter za izpeljavo najzahtevnejših strokovnih nalog za JE Krško in Upravo RS za jedrsko varnost. Rezultati tako prispevajo neposredno in posredno h krepitvi nivoja varnostne kulture v Sloveniji.

Podrobneje: raziskave na področju termo-hidravličnih varnostnih analiz, tudi v kombinaciji s trdnostnimi in verjetnostnimi analizami so pomembne predvsem za interdisciplinarne analize in strokovne naloge, ki zadevajo prehodne pojave in hipotetične nezgode. S tem prispevajo k trajnostnemu zagotavljanju stabilne dobave konkurenčne in okolju prijazne električne energije, ter varovanju okolja in prebivalcev. Dodatne raziskave na področju trdnostnih varnostnih analiz omogočajo natančnejšo napoved življenjske dobe pomembnih komponent JE Krško, kar ima prav tako neposreden vpliv na zagotavljanje dobave električne energije. Hkrati so cilji raziskave zastavljeni tako, da omogočajo tudi neposreden prenos novega znanja v podporo podaljšanju obratovanja obstoječe in predvideni gradnji nove jedrske elektrarne v Sloveniji. Pridobljeno znanje bo uporabno tudi širše v procesni industriji in splošni strojogradnji.

K vpeljavi verjetnostnih metod na osnovi tveganja v procese odločanja in k razvoju predpisov na osnovi analiz tveganja pa bodo ključno prispevale raziskave na področju verjetnostnih varnostnih analiz in tveganja.

*ANG*

The results of the three aspects and proposed fields of research and their mutual interrelation and complementarity are a necessary theoretical basis for safety analyses, related with the safe and stable operation of the Krško nuclear power plant, as well as for the execution of the most demanding expert tasks for the Krško NPP and the Slovenian Nuclear Safety Administration. The results thus directly and indirectly contribute to the level of the safety culture in Slovenia.

In more detail: Research in the field of thermal-hydraulic safety analyses, including combined research with structural and probabilistic safety analyses, are especially important for interdisciplinary analyses and expert tasks that involve transient phenomena and hypothetical accidents. In this way, the research contributes to the long-term availability of competitive

electrical energy, and to the protection of the population and the environment.

Research in the field of structural safety analyses enables a more accurate prediction of the lifetime of important components of the Krško NPP, which has a direct influence on the availability of electricity. At the same time, the purposes of the research are set to enable direct knowledge transfer in support of the life-time extension of the existing plant and the planned construction of the new nuclear plant in Slovenia. The acquired knowledge will also be useful in the process and mechanical industries.

Research in the field of probabilistic safety assessment and risk contributes to the establishment of risk-informed decision-making and accelerates the development of regulations and standards based on risk analyses.

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

Vrsta izobraževanja	Število mentorstev	Od tega mladih raziskovalcev
- magisteriji	3	
- doktorati	4	4
- specializacije		
<b>Skupaj:</b>	7	4

#### 9. Zaposlitev vzgojenih kadrov po usposabljanju

Organizacija zaposlitve	Število doktorjev	Število magistrov	Število specializantov
- univerze in javni raziskovalni zavodi		2	
- gospodarstvo	3		
- javna uprava	1	1	
- drugo			
<b>Skupaj:</b>	4	3	0

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

	Ime oz. naslov publikacije, podatkovne informacijske baze, korpusa, zbirke z virom (ID, spletna stran)	Število *
1.	Proceedings of International Conference "Nuclear Energy for New Europe 2005", Editors: B.Mavko, I.Kljenak, Nuclear Society of Slovenia and Jozef Stefan Institute, 2005, ISBN: 961-6207-25-3	146 referatov
2.	Pojmovnik izrazov iz jedrske tehnike in varstva pred sevanji (Društvo jedrskih strokovnjakov Slovenije, 2005) 2. prenovljena in razširjena izdaja (2005)	V letu 2006 dodanih 213 novih gesel.
3.	Nuclear Engineering and Design Skupni urednik za Evropo (B.Mavko)	
4.	Science & Technology of Nuclear Installations Član uredniškega odbora (B.Mavko)	
5.	Int. J. Nuclear Energy Science & Technology Član uredniškega odbora (B.Mavko)	
6.	Int. J. Mechanics and Solids Član uredniškega odbora (L.Cizelj)	

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

7.	The Open Material Science Journal Član uredniškega odbora (L.Cizelj)	
8.	European Safety and Reliability Association Newsletter Član uredniškega odbora (M.Čepin)	
9.	Science & Technology of Nuclear Installations Gostujoči urednik posebne izdaje »Nuclear Energy for New Europe 2007« (I.Kljenak)	14 člankov
10.		

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

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

Sodelovanje v programski skupini	Število
- raziskovalci-razvijalci iz podjetij	12
- uveljavljeni raziskovalci iz tujine	
- podoktorandi iz tujine	
- študenti, doktorandi iz tujine	4
<b>Skupaj:</b>	16

### 12. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v obravnavanem obdobju<sup>11</sup>

<p>5. Okvirni program EU:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– ENEN: European Nuclear Education Network (2001-2005)</li> <li>– WAHALoads: Two-Phase Water Hammer Transients and Loads Induced on Materials and Structures of Nuclear Power Plants (2000-2004)</li> <li>– THENPHEBISP: Thematic Network for a Phebus FPT-1 International Standard Problem (2002-2004)</li> <li>– PLINIUS - Izvedba eksperimenta na platformi CEA Cadarache (Francija) (2006)</li> <li>– FENET – A Thematic Network for Promoting Best Practice Industrial Application of Finite Element Method (2001-2005)</li> <li>– THERFAT - Thermal Fatigue Evaluation of Piping System Tee-Connections (2002-2004)</li> </ul> <p>6. Okvirni program EU:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– ENEN II - European Nuclear Education Network II (2006-2008)</li> <li>– NEPTUNO - Nuclear European Platform of Training and University Organisations (2004-2005)</li> <li>– CA SNF-TP – Coordinated Action Sustainable Nuclear Fission - Technological Platform (2006-2008)</li> <li>– NURESIM - Nuclear Reactor Simulations (2005-2008)</li> <li>– SARNET - Network of Excellence for a Sustainable Integration of European Research on Severe Accident Phenomenology (2004-2008)</li> <li>– NULIFE - Nuclear Plant Life Prediction (2006-2011)</li> <li>– SAFERELNET - Thematic Network on Safety and Reliability of Industrial Products, Systems and Structures (2002-2006)</li> </ul> <p>Drugi večstranski mednarodni projekti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– CAMP - Code Application and Maintenance Programme (US NRC, 2002-2007)</li> <li>– Condensation-Induced Water Hammer in Vertical Vessel (EU INTAS, 2007-2009)</li> <li>– BEPU - Contributions to Best Estimate Plus Uncertainty Analysis (IAEA, 2006 – 2009)</li> <li>– SMAP - Safety Margins Action Plan (OECD/NEA, 2003-2006)</li> <li>– International Standard Problem No.47 on Containment Thermal-Hydraulics TOSQAN, MISTRA, THAI (OECD, 2002-2005)</li> <li>– PHEBUS Fission Products Agreement (IRSN, Francija, 2003-2008)</li> <li>– Mechanisms for thermal fatigue initiation and crack propagation in NPP components (EC Directorate General, JRC, 2003-2005)</li> <li>– SETH-2 - Senior Group of Experts on Safety Research Thermal-Hydraulics II (OECD, 2007-</li> </ul>
---

<p>2010)</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– SERENA-2 - Fuel-Coolant Interaction Mechanisms and their Effect on Ex-Vessel Steam Explosion Energetics (OECD, 2007-2011)</li><li>– CSARP - Coordinated Severe Accidents Research Programme (US NRC, 2000-2005)</li><li>– Use of Probabilistic Safety Assessment for Evaluation of Ageing Effects to the Safety of Energy Facilities (APSA European Network, 2006-2011)</li><li>– WE-DEVELOP-STAFF: Workplace Europe - Delivering Educational and Vocational Experience by Learning on Placement Staff (Leonardo da Vinci Programme, 2006)</li><li>– Modeliranje hlajenja divertorja s helijem (EFDA, 2008-2009)</li></ul> <p>Bilateralni projekti:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– Multidimensional Modeling of Turbulence and Bubble Dynamics in Boiling Flows (Slovenija – ZDA, 2004-2006),</li><li>– Development and Validation of Turbulent Two-Phase Wall Function for Subcooled Boiling Flow (MVZT-CEA, 2006-2007)</li><li>– Use of CFD Approach for Safety Analysis of Nuclear Reactor Systems (MVZT-CEA, 2007-2008)</li><li>– Simulation of Thermal-Hydraulic Phenomena in the Atmosphere of a Nuclear Power Plant Containment at Accident Conditions (MVZT-CEA, 2006-2007)</li><li>– Simulation of MISTRA Containment Tests with Computational Fluid Dynamics and Lumped-Parameter Codes (MVZT-CEA, 2007-2008)</li><li>– Influence of Corium Composition on Steam Explosion (MVZT-CEA, 2006-2007)</li><li>– Prediction of Ex-Vessel Steam Explosion Pressure Loads in Reactor Cavity (MVZT-CEA, 2007-2008)</li><li>– The Influence of Microstructural Features on the Short Cracks (MVZT-CEA, 2007-2008)</li><li>– The Production of Large Monocrystals of Austenitic Stainless Steel (Slovenija-Češka R., 2006-2007)</li><li>– Evaluation of Existing and Optimisation of Future Generation in Small Electric Power Systems Considering Economic Analysis and Environmental Impacts (Slovenija-Makedonija, 2006-2007)</li><li>– Risk and Cost Limited Optimization of the Maintenance Based on Semi-Analytic Stochastic Modelling (Slovenija - Češka R., 2005-2006)</li><li>– Modelling of Intergranular Damage in Polycrystalline Metals (ARRS in British Council, 2008)</li></ul> <p>Podoktorski mednarodni projekt:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– Mechanisms for Thermal Fatigue Initiation and Crack Propagation in NPP Components (EU JRC Petten, 2003-2004)</li></ul>
---

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

<ul style="list-style-type: none"><li>– Nuclear Power Plant Threat Analysis (EPRI, ZDA, 2004)</li><li>– Večplastni protiprebojni kompoziti na osnovi SiC (MORS in MŠZŠ, 2004)</li><li>– Strokovno mnenje o predlogu funkcionalnega preiskovanja blažilnikov sunkov ("Snubbers") v 20. gorivnem ciklu (NE Krško, 2004)</li><li>– Strokovno mnenje za modifikacijo 432-AS-L "Zamenjava centralnega alarmnega sistema" (NE Krško, 2004)</li><li>– Strokovno mnenje za poročilo "NEK Periodic Safety Review-Summary Report" (NE Krško, 2004)</li><li>– Strokovna ocena remontnih del, posegov in preizkusov med zaustavitvijo Nuklearne elektrarne Krško zaradi menjave goriva (Remont 2004, Elektroinstitut Milan Vidmar, Ljubljana)</li><li>– Razvoj kvantitativnih in kvalitativnih kriterijev za uporabo verjetnostnih varnostnih analiz pri odločanju (URSJV, 2003-2004)</li><li>– Realistične analize za letno verifikacijo KFSS po ANSI/ANS in analize po akcijskem planu NE Krško za odgovor na odprta vprašanja misije RAMP (NE Krško, 2004-2005)</li><li>– Vpliv mezoskopskih nehomogenosti materialov na življenjsko dobo za varnost pomembnih komponent jedrske elektrarne (NE Krško, 2003-2006)</li><li>– Izboljšava in posodobitev analize zanesljivosti človeka v verjetnostnih varnostnih analizah Nuklearne elektrarne Krško (NE Krško, 2004-2007)</li><li>– Primerjava odziva NEK RCS na različne seizmične vhodne podatke (URSJV, 2005)</li><li>– Strokovna ocena remontnih del, posegov in preizkusov med zaustavitvijo Nuklearne elektrarne Krško zaradi menjave goriva (Remont 2006, Elektroinstitut Milan Vidmar, Ljubljana)</li><li>– Inženirske podporne aktivnosti po obdobjem varnostnem pregledu, Reševanje odprtih varnostnih vprašanj – Generično pismo 82-16 – NUREG-0737 Tehnične specifikacije (NE Krško, 2006-2007)</li><li>– Inženirske podporne aktivnosti po obdobjem varnostnem pregledu, Reševanje odprtih varnostnih vprašanj – Izguba sistema bistvene oskrbne vode v lahkodvodnih reaktorjih (NE Krško, 2006-2007)</li><li>– Inženirske podporne aktivnosti po obdobjem varnostnem pregledu, Nekondenzibilni plini v</li></ul>
--

zadrževalnem hramu (NE Krško, 2006-2007)

- Modeliranje posledic eksplozije na opremo in objekte (MORS, 2006-2007)
- Uporaba verjetnostnih varnostnih analiz pri obvladovanju staranja (URSJV, 2003-2004)
- Strokovna ocena remontnih del, posegov in preizkusov med zaustavitvijo Nuklearne elektrarne Krško zaradi menjave goriva (Remont 2007, Elektroistitut Milan Vidmar, Ljubljana)
- Verjetnostne varnostne analize za načine delovanja od obratovanja na moči do vroče zaustavitve (NE Krško, 2007-2008)

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

**SODELOVANJE PROGRAMSKE SKUPINE**

- ENEN (European Nuclear Education Network) Association (od 2003)
- SNE (Sustainable Nuclear Energy) Technology Platform (od 2007)
- US NRC (Zvezna jedrska upravna komisija ZDA): sodelovanje v programu CAMP
- Uprava RS za jedrsko varnost: programska skupina sodeluje pri aktivnostih IJS kot pooblaščen organizacije za jedrsko in sevalno varnost

**SODELOVANJE ČLANOV PROGRAMSKE SKUPINE**

- ENEN – European Nuclear Education Network Association (B.Mavko, Board of Directors, član od 2004; L.Cizelj, Committee for industrial projects and training, predsednik; Executive committee, član)
- OECD/NEA - Nuclear Energy Agency (B.Mavko, član Committee on the Safety of Nuclear Installations; A.Prošek, član Task Group on Safety Margins Action Plan (2003-2006)
- SARNET – Severe Accident Research Network of Excellence (B.Mavko: Governing Board, podpredsednik od 2004; I.Kljenak: vodja delovnega sklopa Containment Atmosphere Mixing od 2006)
- EAES – European Atomic Energy Society (B.Mavko, bivši predsednik, 2006/07).
- IRSN – Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire, Fontenay-Aux-Roses, Francija (B.Mavko, Source Term Scientific Committee, član)
- OECD/NEA program SERENA (M.Leskovar, podpredsednik skupine za program in vodja skupine za analitične aktivnosti)
- ESRA – European Safety and Reliability Association (M.Čepin, vodja Technical Committee on Quantitative Risk Assessment)
- Jedrska elektrarna Krško, Komite za jedrsko varnost (B.Mavko, član od 1984)
- Uprava RS za jedrsko varnost, Strokovna komisija za preverjanje strokovne usposobljenosti (B.Mavko, član in bivši predsednik od 1980); Strokovni svet za jedrsko varnost (B.Mavko, član od 2006); Strokovna skupina za analizo jedrskih nesreč (člani B.Mavko, L.Fabjan, I.Kljenak, M.Leskovar in A.Prošek)
- Sklad za financiranje razgradnje NEK in za odlaganje radioaktivnih odpadkov iz NEK (R.Jordan Cizelj, predsednica upravnega odbora)
- ARRS – Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS, Strateški svet CRP »Konkurenčnost Slovenije« (B.Mavko, član); Strateški svet CRP "Znanje za varnost in mir 2006-2010" (B.Mavko, član); Znanstveni svet za tehniške vede (L.Cizelj, član)
- SAZU – Slovenska akademija znanosti in umetnosti, Svet za energetiko (B.Mavko, član)
- RS – Služba Vlade za razvoj, Svet za konkurenčnost (B.Mavko, član razvojne skupine za energetiko in trajnostne vire)
- Agencija za radioaktivne odpadke (B.Končar, član upravnega odbora od 2006)
- Društvo jedrskih strokovnjakov Slovenije (B.Končar, predsednik od 2006; J.Gale, član upravnega odbora)
- GEN Energija, d.o.o. (L.Fabjan, član nadzornega sveta)
- Elektro Slovenija d.o.o. (L.Cizelj, namestnik predsednika nadzornega sveta)
- Strateški svet vlade RS za Lizbonsko strategijo (L.Cizelj, član)
- OECD/NEA program SETH2 (I.Kljenak, podpredsednik skupine za program in vodja skupine za analitične aktivnosti)

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

<b>Naslov</b>	Razvoj kriterijev tveganja za trajne spremembe v jedrski elektrarni
	Določitev kvantitativnih kriterijev tveganja za trajne spremembe v jedrski

<b>Opis</b>	elektrarni pomeni določitev kriterijev, ki bodo na podlagi verjetnosti določenih dogodkov in njihovih posledic omogočili ločiti, katere trajne spremembe v jedrski elektrarni je varno narediti in katere ne. Spremembe, ki tveganje zmanjšajo, so lahko sprejemljive. Spremembe, ki znatno povečajo tveganje, ne morejo biti sprejemljive. Določitev kriterijev tveganja omogoča proces sprejemanja odločitev z upoštevanjem tveganja, ki je ena izmed prioriteta na področju verjetnostnih varnostnih analiz.
<b>Objavljeno v</b>	M.Čepin, Razvoj kriterijev tveganja za trajne spremembe v jedrski elektrarni, Elektrotehniški vestnik, letn. 73, št. 2-3, str. 149-154, 2006.
<b>COBISS.SI-ID</b>	20090151

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

<b>Naslov</b>	Vizualizacija medkristalnih napetostno korozijskih razpok
<b>Opis</b>	Povzetek eksperimentalnih dosežkov angleških projektnih partnerjev na področju trdnostnih varnostnih analiz v reviji Science, ter navezava na raziskave programske skupine.
<b>Objavljeno v</b>	L.Cizelj, I.Simonovski, Korak k trajnejšim jedrskim elektrarnam : vizualizacija medkristalnih napetostno korozijskih razpok, Delo (Ljubljana), 11.12.2008, letn. 50, št. 287, str. 17.
<b>COBISS.SI-ID</b>	22282535

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

1.	<b>Naslov predmeta</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reaktorska tehnika</li> <li>• Tehnologija jedrskih naprav</li> <li>• Varnost in zanesljivost jedrskih naprav</li> <li>• Mehanika konstrukcij</li> <li>• Mehanika loma</li> <li>• Mehanika fluidov</li> <li>• Regulacija in instrumentacija jedrskih elektrarn</li> </ul>
	<b>Vrsta študijskega programa</b>	Podiplomski študij "Jedrski tehnika"
	<b>Naziv univerze/fakultete</b>	Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
2.	<b>Naslov predmeta</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Varnostni vidiki jedrskih objektov in naprav</li> <li>• Verjetnostne analize varnosti, zanesljivosti in tveganj</li> <li>• Obvladovanja staranja energetske opreme</li> <li>• Modeliranje in simulacije jedrskih energetskih sistemov</li> </ul>
	<b>Vrsta študijskega programa</b>	Doktorski program "Energetika"
	<b>Naziv univerze/fakultete</b>	Univerza v Ljubljani in Univerza v Mariboru, Fakulteta za energetiko, Krško
3.	<b>Naslov predmeta</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zanesljivost in varnost v procesni tehniki</li> </ul>
	<b>Vrsta študijskega programa</b>	Podiplomski študij "Varstvo okolja"
	<b>Naziv univerze/fakultete</b>	Univerza v Ljubljani
	<b>Naslov predmeta</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mehanika v logistiki</li> </ul>

4.	<b>Vrsta študijskega programa</b>	Univerzitetni in visokošolski strokovni študij
	<b>Naziv univerze/fakultete</b>	Univerza v Mariboru, Fakulteta za logistiko, Celje
5.	<b>Naslov predmeta</b>	• Postroji za transformacijo in prenos
	<b>Vrsta študijskega programa</b>	Univerzitetni študij
	<b>Naziv univerze/fakultete</b>	Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana
6.	<b>Naslov predmeta</b>	
	<b>Vrsta študijskega programa</b>	
	<b>Naziv univerze/fakultete</b>	
7.	<b>Naslov predmeta</b>	
	<b>Vrsta študijskega programa</b>	
	<b>Naziv univerze/fakultete</b>	

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

	<b>Vpliv</b>	<b>Ni vpliva</b>	<b>Majhen vpliv</b>	<b>Srednji vpliv</b>	<b>Velik vpliv</b>	
<b>G.01</b>	<b>Razvoj visoko-šolskega izobraževanja</b>					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input 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 checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij		<input checked="" 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 checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave		<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe		<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.06.	Drugo: preskrba z elekt. energ. po nižjih cenah		<input checked="" 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 checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.07.03.	Energetska infrastruktura		<input checked="" 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> Energetska neodvisnost RS		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

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

Rezultati raziskav so teoretična osnova za varnostne analize, povezane z varnim in stabilnim obratovanjem JE Krško ter strokovne naloge za JE Krško in Upravo RS za jedrsko varnost. Raziskave prispevajo k ustvarjanju, ohranjanju in krepitvi lastnega strokovnega znanja ter omogočajo neodvisnost od tujine pri izdelavi ekspertiz v podporo gospodarjenju in varnemu obratovanju JE Krško in pri pomoči upravnemu organu pri nadzoru vzdrževanja in obratovanja elektrarne.

Raziskave na področju termo-hidravličnih varnostnih analiz neposredno prispevajo k trajnostnemu zagotavljanju stabilne dobave konkurenčne in okolju prijazne električne energije. Osnovne raziskave se neposredno vključujejo v izpopolnjevanje simulacijskih modelov JE Krško. Raziskave na področju resnih nezdod predstavljajo teoretično osnovo za preveritev ustreznosti postopkov v primeru resne nezdode v jedrski elektrarni. Raziskave na področju trdnostnih varnostnih analiz omogočajo natančnejšo napoved življenjske dobe pomembnih komponent JE Krško. Rezultati raziskav so neposredno koristni za širok krog

industrijskih procesov, pri katerih nastopata utrujanje ali lom materiala.

Raziskave na področju verjetnostnih varnostnih analiz prispevajo k načrtovanju obrambe pred posledicami neželenih dogodkov, k vpeljavi verjetnostnih metod na osnovi tveganja v procese odločanja in k pospeševanju razvoja predpisov na osnovi analiz tveganja. Raziskave so potencialno uporabne za vse industrijske procese, pri katerih sta pomembni ocena tveganja in zanesljivost obratovanja, in omogočajo izboljšanje zanesljivosti varnostnih sistemov ter večjo varnost obratovanja kompleksnih tehnologij.

Raziskave na vseh treh področjih soizvajajo učitelji in študentje podiplomskega študija "Jedrska tehnika" na Fakulteti za matematiko in fiziko (FMF) Univerze v Ljubljani. FMF in IJS sta polnopravna člana mreže evropskih podiplomskih šol jedrske tehnike (ENEN).

### C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

- so vsi podatki, ki jih navajamo v poročilu, resnični in točni
- se strinjamo z obdelavo podatkov v skladu z zakonodajo o varstvu osebnih podatkov za potrebe ocenjevanja, za objavo 5., 6. in 7. točke na spletni strani <http://sicris.izum.si/> ter obdelavo teh podatkov za evidence ARRS
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v pisni obliki

#### Podpisi:

vodja raziskovalnega programa		zastopniki oz. pooblašcene osebe raziskovalnih organizacij in/ali koncesionarjev
Borut Mavko	in/ali	Institut "Jožef Stefan"

Kraj in datum:

Ljubljana

15.4.2009

#### Oznaka poročila: ARRS\_ZV\_RPROG\_ZP\_2008/325

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

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

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

<sup>4</sup> Navedite največ pet najpomembnejših znanstvenih rezultatov programske skupine, ki so nastali v času trajanja programa v okviru raziskovalnega programa, ki je predmet poročanja. Za vsak rezultat navedite naslov v slovenskem in angleškem jeziku (največ 150 znakov vključno s presledki), rezultat opišite (največ 600 znakov vključno s

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

presledki) v slovenskem in angleškem jeziku, navedite, kje je objavljen (največ 500 znakov vključno s presledki), izberite ustrezno šifro tipa objave po Tipologiji dokumentov/del za vodenje bibliografij v sistemu COBISS ter napišite ustrezno COBISS.SI-ID številko bibliografske enote.

Navedeni rezultati bodo objavljeni na spletni strani <http://sicris.izum.si/>.

**PRIMER** (v slovenskem jeziku):

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

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

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

**Tipologija:** 1.01 - Izvirni znanstveni članek

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

<sup>5</sup> Navedite največ pet najpomembnejših družbeno-ekonomsko relevantnih rezultatov programske skupine, ki so nastali v času trajanja programa v okviru raziskovalnega programa, ki je predmet poročanja. Za vsak rezultat navedite naslov v slovenskem in angleškem jeziku (največ 150 znakov vključno s presledki), rezultat opišite (največ 600 znakov vključno s presledki) v slovenskem in angleškem jeziku, izberite ustrezen rezultat, ki je v Šifrantu raziskovalnih rezultatov in učinkov (Glej: <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/sifranti/sif-razisk-rezult.asp>), navedite, kje je rezultat objavljen (največ 500 znakov vključno s presledki), izberite ustrezno šifro tipa objave po Tipologiji dokumentov/del za vodenje bibliografij v sistemu COBISS ter napišite ustrezno COBISS.SI-ID številko bibliografske enote.

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

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

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

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

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

<sup>10</sup> Vpisuje se uredništvo revije, monografije ali zbornika v skladu s Pravilnikom o kazalcih in merilih znanstvene in strokovne uspešnosti (Uradni list RS, št. 39/2006,106/2006 in 39/2007), kar sodi tako kot mentorstvo pod sekundarno avtorstvo, in delo (na zlasti nacionalno pomembnim korpusu ali zbirki) v skladu z 3. in 9. členom istega pravilnika. Največ 1000 znakov (ime) oziroma 150 znakov (število) vključno s presledki. [Nazaj](#)

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

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

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

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

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

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