

Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2014/57



ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

Šifra programa	P2-0073
Naslov programa	Reaktorska fizika
Vodja programa	8557 Andrej Trkov
Obseg raziskovalnih ur	40800
Cenovni razred	B
Trajanje programa	01.2009 - 12.2013
Izvajalci raziskovalnega programa (javne raziskovalne organizacije - JRO in/ali RO s koncesijo)	106 Institut "Jožef Stefan" 1538 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.03 Energetika
Družbeno-ekonomski cilj	05. Energija
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	2 Tehniške in tehnološke vede 2.02 Elektrotehnika, elektronika in informacijski inženiring

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

2. Povzetek raziskovalnega programa¹

SLO

Raziskovalni program 'Reaktorska fizika' je pokrival raziskovalna podpodročja moderne reaktorske fizike, ki so pomembna za varno in ekonomično delovanje jedrskih naprav, za razvoj naprednih aplikacij jedrske energije in zagotavljanje enakomerega razvoja raziskav s tega področja:

- evalvacija jedrskih podatkov,
- raziskave in razvoj metod za reaktorske preračune,
- računsko in eksperimentalno analiziranje procesov v reaktorjih,
- Monte Carlo modeliranje transporta nevtronov in fotonov v zahtevni geometriji,
- analize naprednih reaktorskih sistemov.

Področja se prepletajo: razvoj naprednih metod za reaktorske preračune omogoča napoved obnašanje reaktorja v danih okoliščinah, natančnost se preverja z analizami integralnih meritev na podobnih reaktorjih in je odvisna od vhodnih jedrskih podatkov, natančnost integralnih meritev pa od detektorskih sistemov. Izračuni doznih polj v medicini se izvajajo z enakimi orodji in so zato vključeni v področje raziskav. V sklop naprednih reaktorskih sistemov sodijo tudi fuzijski reaktorji, saj se glavnina sproščene energije odvaja preko reakcij z nevtroni.

Na področju jedrskih podatkov je eden glavnih dosežkov vključitev evaluiranih jedrskih podatkov za izotope volframa in za mangan v ameriško knjižnico ENDF/B-VII.1. Izboljšava računskih rezultatov zaradi novih podatkov za volfram je posebej izpostavljena v dokumentaciji knjižnice.

Analizirali smo možnosti uporabe kompleksnejših transportnih modelov za rutinske preračune tlačnovodnih reaktorjev, kakršen je v JE Krško, ter ovrednotili vpliv novejših jedrskih podatkov na integralne rezultate. Tovrstne posodobitve računskega sistema bodo nujne v primeru realizacije projekta JEK-2.

Z eksperimenti smo potrdili natančnost računskega modela reaktorja TRIGA in izboljšali karakterizacijo obsevalnih naprav, s čemer smo povečali konkurenčnost in pridobili nekaj naročil za obsevanje s strani zunanjih uporabnikov. Raziskave in razvoj detektorjev jedrskega sevanja z organskimi polprevodniki so potekale s teoretičnim proučevanjem vpliva omejitve električnega toka zaradi vzpostavitve prostorskega naboja v organskih polprevodnikih in z eksperimentalno izvedbo detektorja z nanašanjem tanke plasti v vakuumu po metodi curka ioniziranih skupkov organskih molekul.

Z vključitvijo v mednarodne aktivnosti analize referenčnih testnih primerov smo prispevali več evalvacij in recenzij za zbirko ICSBEP.

Pridobljene izkušnje iz modeliranja sistemov za izračune nevtronike z metodo Monte Carlo smo uporabili v sklopu sodelovanja na evropski fuzijski napravi JET. Naši izračuni so bili podlaga za ovrednotenje kalibracijskih meritev nevtronskega fluksa.

Na področju fizike plazme smo poglobljali znanje na področju teorije lebdečih elektrod, ki emitirajo elektrone, kar je zanimivo s stališča diagnostike plazme znotraj fuzijskih naprav.

Raziskave na področju medicinske fizike so bile usmerjene v slikovno vodenje zdravljenja raka na podpodročjih kvantitativnega slikanja raka, slikanja za določitev bioloških tarč za terapijo, spremljanja zdravljenja, modeliranja tumorjev in odziva na zdravljenje.

ANG

The 'Reactor Physics' research program covered the field of modern reactor physics, important for the safe and economical operation of nuclear installations and the development of advanced applications in the field of nuclear energy, thus ensuring continuous development of research in this area:

- Evaluation of nuclear data
- Research and development of methods for reactor calculations,
- Computational and experimental analysis of processes in reactors
- Monte Carlo modeling of neutron and photon transport in complex geometry,
- Analysis of advanced reactor systems.

Individual areas are intertwined: development of advanced methods for reactor calculations allows accurate prediction of the behavior of a reactor under specific conditions, the accuracy is checked by analysis of integral measurements on similar reactors. The accuracy of calculations depends on nuclear data and the accuracy of integral measurements depends on detector systems. Calculations of dose fields in medicine are carried out with the same tools. Fusion reactors are also advanced reactors since neutrons transfer the majority of energy from the system.

In the field of nuclear data one of the main achievements is the integration of evaluated nuclear data for the isotopes of tungsten and manganese into the American Library ENDF/B-VII.1. The improvement of the computational results due to new data for tungsten is particularly stressed in the documentation of the data library.

We analyzed the use of advanced transport models for routine calculations of PWR reactors, like the one at the Krško NPP and evaluated the impact of new nuclear data. This type of updates will be necessary for the JEK – 2 project.

By experiments, we confirmed the accuracy of the computational model of the TRIGA reactor and improved the characterization of irradiation devices, thus enhancing our competitiveness and gain orders for sample irradiations by external users. The investigation of nuclear radiation detectors on the basis of organic semiconductors involved theoretical studies of essential characteristic that influence the current, and the fabrication of a detector based on a thin-film vacuum deposition.

We expanded our involvement in the international activity of the analysis of benchmark experiments and contributed several evaluations and reviews for the ICSBEP handbook. The experience gained in modeling systems with the Monte Carlo method was used in our cooperation on the European JET fusion device. Our calculations were the basis for the evaluation of neutron flux calibration measurements.

In the field of plasma physics we deepened our knowledge in the theory of floating electrodes, which emit electrons. This is interesting from the standpoint of plasma diagnostics in fusion devices.

The research in the field of medical physics was focused on image-guided cancer therapy in sub field of quantitative cancer imaging, imaging for determination of biological targets for therapy, treatment monitoring, tumor modeling and response to treatment.

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem programu²

SLO

Evalvacija jedrskih podatkov

Razvoj informacijske tehnologije je odstrl nove možnosti računskih simulacij transporta delcev. Velik napredek je bil dosežen pri natančnejših meritvah jedrskih podatkov, izboljšavi jedrskih modelov in evalvacijskih postopkov za jedrske podatke in njihove kovariančne matrike, na osnovi katerih je mogoče oceniti negotovosti v izračunanih integralnih količinah.

V okviru aktivnosti programske skupine smo bistveno prispevali k evalvacijam jedrskih podatkov za W-180,182,183,184,186 in Mn-55 (poleg že prej privzetih evaluacij za Th-232 in Pa-231,233, kjer je bil koordinator z IJS). Odras kvalitete dela je privzem omenjenih evaluacij v najnovejšo knjižnico evalviranih jedrskih podatkov ENDF/B-VII.1 v ZDA, ki je izšla decembra 2011. V dokumentaciji knjižnice je izrecno izpostavljeno izboljšanje ujemanja izračunov z meritvami na osnovi novih podatkov za volfram. Delo je bilo sofinancirano iz evropskih projektov (F4E, 7. OP ANDES). Sodelovali smo tudi pri pripravi nove izdaje dozimetrijske knjižnice IRDFF in knjižnice FENDL3 za fuzijske aplikacije (sofinancirana IAEA CRP), ki sta bili izdani na IAEA.

Preučevali smo širitev negotovosti iz osnovnih jedrskih podatkov na integralne parametre. Analizirali smo efekte resonančnega samoščitenja za vzorce obsevane v reaktorju in ovrednotili uporabnost in omejitve preprostih modelov za rutinsko uporabo. Na primeru podatkov za Mn-55 smo ugotovili, da se negotovost pri močnem samoščitenju lahko zelo poveča, vendar je potrebno v izračunih uporabiti kovariančne matrike resonančnih parametrov in ne presekov. Rezultat je pomemben na primer za nevtronsko dozimetrijo. Podobne analize za druge nuklide so v teku.

Raziskave in razvoj metod za reaktorske preračune

Osnovni cilj moderne reaktorske fizike je razvoj računskih metod za določitev najpomembnejših obratovalnih parametrov, kar je ključno za varno obratovanje jedrskih elektrarn. Za rutinske analize tlačnovodnih reaktorjev je bil v preteklosti razvit programski paket CORD2, ki smo ga nadgradili s podatki na osnovi ENDF/BVII.1 knjižnice. Poleg transportnega modula WIMSD smo instalirali kompleksnejša

transportna programa: deterministični DRAGON ter Monte Carlo program SERPENT. To nam bo v bodoče omogočalo nadomestitev transportnega modula z enim od obeh programov.

Kvaliteta in strokovnost našega dela je razvidna iz sodelovanja z Nuklearno elektrarno Krško, za katero z neodvisnimi projektnimi izračuni zagotavljamo dodatno varnost obratovanja, s svetovanjem pri izbiri sheme polnitve goriva pa prinašamo pozitivne ekonomske učinke. Pridobljeno znanje nam kot pooblaščenemu izvedencu za področje reaktorske fizike omogoča izvedbo neodvisnih strokovnih mnenj za potrebe Uprave Republike Slovenije za jedrsko varnost, saj smo edini v Sloveniji usposobljeni za izvajanje kompleksnih neodvisnih strokovnih pregledov s področja reaktorske fizike.

Delo je bilo izvedeno s sredstvi Programske skupine ter ob izdatni kadrovske pomoči podjetja Genenergija in deloma projektov z Nuklearno elektrarno Krško. Prijave projektov s tega področja na rednih razpisih ARRS niso dobile podpore.

Računsko in eksperimentalno analiziranje procesov v reaktorjih

Razvijali smo nove metode za analizo raziskovalnih in močnostnih reaktorjev na osnovi meritev integralnih parametrov na reaktorju TRIGA, uporabi naprednih računskih metod in analizi jedrskih podatkov, ki v takih računih nastopajo.

Obnovili smo laboratorij za gama spektroskopijo in opravili serijo meritev na reaktorju TRIGA za verifikacijo računskih modelov reaktorja, kar nam je omogočilo pridobitev več projektov za obsevanje vzorcev (CERN, National Instruments). V sklopu mednarodnega sodelovanja s CEA so na reaktorju TRIGA potekali štiri projekti preko katerih smo validirali jedrske podatke in metode za umeritev nevtronskega spektra, izboljšali poznavanje profila moči v reaktorju TRIGA, testirali nove, t.i. samonapajalne nevtronske detektorje in razvili nove načine za izračun deleža zakasnelih nevtronov, ki so bili verificirani tudi z eksperimenti.

Na področju uporabe organskih polprevodnikov za nevtronske detektorje smo: (a) izpeljali analitični izraz za difuzijski način transporta nabojev v odvisnosti od zunanjšega električnega polja, (b) pokazali, da je potrebno v literaturi dobro poznana analitična modela električnega toka, omejenega zaradi pojava prostorskega naboja, dopolniti z električnim poljem na stiku kovina/polprevodnik in (c) na tej osnovi izpeljali model mobilnost vrzeli v odvisnosti od zunanjšega električnega polja z vsemi značilnostmi, kot jih popisuje v ta namen doslej uporabljeni empirični izraz.

Monte Carlo modeliranje transporta nevtronov in fotonov v zahtevni geometriji

Natančni izračuni sevalnih doz so potrebni na različnih področjih, ki ne zajemajo le fisijskih jedrskih reaktorjev, pač pa vsa področja, kjer imamo opravka z ionizirajočim sevanjem. V okviru naših raziskav smo se ukvarjali predvsem z aplikacijami na področju jedrske fuzije in medicinske fizike.

Na področju nevtronskih transportnih preračunov s področja fuzije smo sodelovali na evropskih projektih, zlasti na skupni evropski napravi »Joint European Torus« (JET). Soodgovorni smo za vzdrževanje računskega modela JET za transportne preračune z metodo Monte Carlo. Model smo razširili tako, da sedaj obsega ves torus in omogoča preračune kalibracije nevtronskih detektorjev. Analizirali smo spremembe v nevtronskem polju zaradi zamenjave prve stene JET naprave, ki sedaj vsebuje berilij in izračunali aktivacijo komponent v prvi steni.

Izvajali smo podporne izračune za ovrednotenje negotovosti kalibracije in popravke zaradi okoliščin, ki bodo med rednim obratovanjem drugačne. Posvetili smo se predvsem modeliranju sistema za daljinsko rokovanje ter ovrednotenju in analizi njegovega vpliva na kalibracijo nevtronskih detektorjev. Rezultati izračunov so bili uporabljeni pri analizi kalibracijskih meritev s Cf-252 izvorom nevtronov, ki so bile izvedene na JET napravi spomladi 2013.

Za zaščito gama kamere na lokaciji KN3 na JET-u smo izračunali parazitski tok nevtronov skozi kolimatorje kamere. Pokazali smo, da je popravek majhen in potrdili eksperimentalne podatke iz 80ih let, na osnovi izračunov pa smo tudi ugotovili izvor in lokacije sipanih nevtronov, kar je prispevalo k boljšemu razumevanju problema sipanja skozi betonski ščit.

V okviru evropskega projekta smo opravili analizo občutljivosti in negotovosti oplajanja tritija s programom SUS3D za referenčni eksperiment, ki poteka v laboratoriju ENEA - Frascati v Italiji. Reference s področja evaluacij jedrskih podatkov in izračunov negotovosti so nam omogočile sodelovanje na več evropskih projektih, od katerih so nekateri še v teku.

Raziskave doznih polj na področju medicinske fizike so bile usmerjene v slikovno vodenje zdravljenja raka na petih podpodročjih in sicer: kvantitativno slikanje raka, slikanje za določitev bioloških tarč za terapijo, spremljanje zdravljenja, modeliranje tumorjev in odziv na zdravljenje ter razvoj odprtokodne naprave za slikanje in terapijo malih laboratorijskih živali. Ukvarjali smo se predvsem s kvantitativnim slikanjem PET, ki temelji na analizi kinetike vnosa radiofarmakov v tkiva. Kinetična analiza se vrši na nivoju volumskih elementov, kar omogoča generiranje parametričnih slik in prostorsko spremljanje poteka bolezni ter odziva na terapijo. Predmet raziskav je optimizacija metod kinetične analize, ocenjevanje negotovosti rezultatov in uporaba v kliničnih študijah. Uporaba kinetične analize slik PET nam omogoča

kvantifikacijo osnovnega procesa, katerega sledi uporabljen radiofarmak, kakor tudi kvantifikacijo stanja ožilja. Ukvarjali smo se še s slikanjem za določitev bioloških tarč za terapijo, slikanjem za spremljanje zdravljenja, modeliranje tumorjev in odziv na zdravljenje in odprtokodnimi medicinskimi pripomočki.

Napredni reaktorji

Napredni reaktorji so po definiciji sistemi z drugačnimi tehničnimi lastnostmi od obstoječih in uveljavljenih. Poraja se pomembnost drugih materialov, jedrskih reakcij in energijskih območij njihove pomembnosti. Naše delovanje je bilo usmerjeno na dve področji in sicer na evaluacije referenčnih testnih primerov za validacijo jedrskih podatkov ter na raziskave lastnosti plazme fuzijskih naprav.

Sodelovali smo na projektu evaluacije in dokumentacije starejših kritičnih eksperimentov v okviru projekta »International Criticality Benchmark Experiments« (ICSBEP), ki poteka pod okriljem OECD/NEA. Eden od neposrednih rezultatov je bila ugotovitev pomanjkljivosti podatkov za cirkonij preko analize modela reaktorja TRIGA, ki smo ga sami prispevali v to podatkovno bazo.

Na področju fizike plazme smo poglobljali znanje na področju teorije lebdečih elektrod, ki emitirajo elektrone, kar je zanimivo s stališča diagnostike plazme znotraj fuzijskih naprav. Preučevali smo vpliv potencialnih struktur pred negativno elektrodo potopljeno v plazmo, zlasti prehode med temperaturno omejeno emisijo elektronov in emisijo, ki je omejena s prostorskim nabojem. Opravili smo prve simulacije z modelom emitirajoče površine v robni plazmi srednje velikih tokamakov in ga uporabili za simulacijo planarne emisijske sonde. S pomočjo delčnih simulacij smo izračunali poteke politropskega koeficienta v robni plazmi v magnetnem polju. Razvijali smo model dvotemperaturne plazme v magnetnem polju z dodatnimi emitiranimi elektroni. Raziskovali smo formiranje potenciala pred lebdečo elektrodo v plazmi, ki vsebuje dve vrsti pozitivnih ionov. Poleg izboljšav računskega modela smo uporabljali delčne simulacije za študij nasičenja potenciala ob emisiji elektronov, ki imajo temperaturo primerljivo temperaturi osnovni elektronski populaciji, kakor tudi za študij prehodov med temperaturno omejeno emisijo in emisijo omejeno s prostorskim nabojem. Odprli smo novo področje raziskav Townsendovega preboja s pomočjo teorije in delčnih simulacij za podporo raziskavam na področju plinskih prenapetostnih odvodnikov. V sodelovanju z bolgarsko fuzijsko asociacijo INRNE.BG smo začeli s serijo eksperimentov za merjenje porazdelitvenih funkcij negativnih ionov v magnetizirani plazmi naše linearne plazmenske naprave. V tej napravi smo v sodelovanju s češkim inštitutom za fiziko plazme IPP.CZ prvič merili s t.i. "ballpen" sondo. Meritve so bile namenjene kalibraciji sonde pred vgradnjo v tokamak ASDEX-UPGRADE.

4. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem programu in zastavljenih raziskovalnih ciljev³

SLO

Na področju evalvacije jedrskih podatkov s prispevki v knjižnice ENDF/BVII.1, IRDFF in FENDL3 so bili cilji v celoti doseženi.

Na področju raziskav in razvoja metod za reaktorske preračune smo ohranili nivo znanja in nadaljevali s strokovno podporo NEK in sodelovanje s podjetjem Gen-energija. Osnovni cilji so bili s tem doseženi.

Na področju računskega in eksperimentalnega analiziranja procesov v reaktorjih smo izvedli serijo bilateralnih projektov s CEA, ki so bili izredno uspešni in so dvignili konkurenčno sposobnost Reaktorskega centra za zunanje naročnike. S tem so bili cilji doseženi.

Na področju Monte Carlo modeliranja transporta nevtronov in fotonov v zahtevni geometriji in analiz naprednih reaktorjev smo nadaljevali začeto delo na modeliranju referenčnih testnih primerov, raziskavah fizike plazme in na aplikacijah sevanja v medicini, iz česar je sledilo več odmevnih objav. Zaradi možnosti pridobitve evropskih projektov smo del raziskav transporta nevtronov usmerili v raziskave fuzije, s čemer smo omogočili izobraževanje mlajših sodelavcev na tem področju ne da bi znatno zmanjšali izobraževanja na področju klasične reaktorske fizike. Zastavljeni cilji so bili doseženi.

Žal so evropski projekti s področja jedrske tehnologije samo delno financirani s strani Evropske komisije (tipično 20%), ker se predpostavlja, da bi uspešni projekti z mednarodno relevantno dobili podporo tudi v domačem okolju, vendar temu ni tako. Kljub finančnim problemom (kompenziranim interno na IJS) so bili zastavljeni cilji v celoti uresničeni.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine⁴

Razen sredstev za samo programsko skupino smo bili na vseh ARRS razpisih neuspešni, paradoksalno pa smo praviloma uspevali na evropskih razpisih. Težišče raziskav je zato bilo usmerjeno na tista področja, ki so jih pokrivali mednarodni projekti, s sredstvi programske

skupine pa smo pokrivali domači delež sofinanciranja projektov. Kljub temu so raziskave ostale znotraj začrtanih okvirov, tako da spremembe raziskovalnega programa niso bile potrebne.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁵

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	25341479	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Kovariančne matrike evaluiranih jedrskih podatkov za 232Th, 180,182,183,184,186W in 55Mn
		<i>ANG</i>	Covariances of evaluated nuclear cross section data for [^{sup} 232Th, [^{sup} 180,[^{sup} 182,[^{sup} 183,[^{sup} 184,[^{sup} 186W and [^{sup} 55Mn
	Opis	<i>SLO</i>	Opisana je metodologija priprave kovariančnih matrik evaluiranih jedrskih podatkov za izračune negotovosti, ki upošteva tako jedrske modele kot eksperimentalno izmerjene vrednosti parametrov.
		<i>ANG</i>	The article describes the methodology of generating covariance matrices of evaluated nuclear reaction data, which takes into account theoretical model calculations as well as experimentally measured values.
	Objavljeno v	Academic Press.; Nuclear data sheets; 2011; Iss. 12, Vol. 112; str. 3098-3119; Impact Factor: 3.821;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.011; A': 1; WoS: UN; Avtorji / Authors: Trkov Andrej, Capote R., Soukhovitskii E., Leal L.C., Sin M., Kodeli Ivan Aleksander, Muir D.W.đ	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
2.	COBISS ID	26263847	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Izračuni za podporo kalibraciji meritev pridelka nevtronov na JETu: sipanje nevtronov v nosilcu izvora
		<i>ANG</i>	Calculations to support JET neutron yield calibration
	Opis	<i>SLO</i>	Po zamenjavi grafitne prve stene s tako kot je predvidena za ITER (berilij/volfram/grafit) v letih 201011 bo kalibracija pridelka nevtronov zagotovljena z direktnimi meritvami z uporabo 252Cf nevtronskega izvora, vstavljenega z robotsko roko v vakumsko posodo JETA. V članku smo analizirali vpliv nosilca nevtronskega izvora na kotno porazdelitev gostote nevtronskega fluksa ter na nevtronski spekter in posledično odziv detektorjev. Nosilec izvora smo načrtovali tako, da je njegov vpliv na spekter nevtronov, kotno porazdelitev fluksa ter odziv aktivacijskih detektorjev minimalen, to je manjši od 1 %. Največjo motnjo v spektru in kotnem fluksu predstavlja samo ohišje izvora, ki je iz relativno debelega nerjavnega jekla. Slednje pomeni, da je potrebno dobiti čim več informacij o dejanski sestavi in geometriji samega nevtronskega izvora.
		<i>ANG</i>	After the coated CFC wall to ITER-Like Wall (Beryllium/Tungsten/Carbon) transition in 201011, confirmation of the neutron yield calibration will be ensured by direct measurements using a calibrated 252Cf neutron source deployed by the in-vessel remote handling boom and Mascot manipulator inside the JET vacuum vessel. The paper describes preliminary calculations and the results of numerical study of the effect of source holder on neutron detector response. The source baton was designed in such a way, that it does not significantly affect the neutron spectrum, angular neutron flux distribution or activation detector response. All effects are approximately equal to or less than 1%. The largest disturbance to the neutron flux angular distribution and to the neutron spectrum arises from the source capsule. Hence one should obtain as much information as possible about

		the capsule and the 252Cf source material in order to avoid additional systematic errors.				
	Objavljeno v	North Holland; Fusion Engineering and Design; 2012; Iss. 11, Vol. 87; str. 1846-1852; Impact Factor: 0.842; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.844; WoS: RY; Avtorji / Authors: Snoj Luka, Trkov Andrej, Lengar Igor, Popovichev Sergei, Conroy S., Syme B.				
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek				
3.	COBISS ID	25846567 Vir: COBISS.SI				
	Naslov	<table border="1"> <tr> <td>SLO</td> <td>Eksperiment z golimi aluminijastimi cilindri, napolnjenimi z visokoobogatenim uranom v heksagonalni mreži</td> </tr> <tr> <td>ANG</td> <td>Interaction of unreflected aluminum cylinders in a hexagonal array containing uranyl fluoride solution</td> </tr> </table>	SLO	Eksperiment z golimi aluminijastimi cilindri, napolnjenimi z visokoobogatenim uranom v heksagonalni mreži	ANG	Interaction of unreflected aluminum cylinders in a hexagonal array containing uranyl fluoride solution
SLO	Eksperiment z golimi aluminijastimi cilindri, napolnjenimi z visokoobogatenim uranom v heksagonalni mreži					
ANG	Interaction of unreflected aluminum cylinders in a hexagonal array containing uranyl fluoride solution					
	Opis	<table border="1"> <tr> <td>SLO</td> <td> <p>Evalvacija starejšega kritičnega eksperimenta, narejenega v Oak Ridge National laboratory, ZDA; dokumentirano kot poglavje v knjigi: ICSBEP/OECDNEA, Idaho Falls (2011). Število dokumentiranih kritičnih eksperimentov, pri katerih opazujemo interakcijo med vsebniki, napolnjenimi s cepljivo raztopino, je majhno. V omenjeni knjigi smo obdelali enega izmed takšnih eksperimentov, pri čemer gorivo predstavlja visokoobogatena raztopina uranovega fluorida, polnjena v aluminijaste cilindre, ti pa so med sabo postavljeni na različne razdalje. Omenjeni eksperiment je pomemben za določitev specifikacij kritičnosti pri shranjevanju in transportu visokoobogatenega fisijskega materiala, predvsem za potrebe varnega in učinkovitega rokovanja z večjimi količinami takega materiala. Ob evaluaciji eksperimenta z metodo Monte Carlo smo uspeli znižati skupno negotovost v keff na manj kot odstotek, kar je pogoj, da je bil eksperiment sprejet kot »benchmark«.</p> </td> </tr> <tr> <td>ANG</td> <td> <p>Evaluation of an older critical experiment, done at the Oak Ridge National Laboratory, USA, documented as a chapter in the book: ICSBEP / OECDNEA, Idaho Falls (2011). The number of documented critical experiments, in which the interaction of containers, filled with a fissile solution, is small. In the mentioned book, one of these experiments was treated, in which the fuel is a HEU solution of uranyl fluoride, filled into aluminum cylinders, which are positioned in a hexagonal array of varying pitch. The experiment is important for determining the critical mass for the storage and transport of highly enriched fissionable material, especially for the safe and efficient handling of large quantities of such material. By evaluating the experiment with the Monte Carlo method, we were able to reduce the total uncertainty in keff to less than one percent, which is a condition for the experiment to be adopted as a "benchmark".</p> </td> </tr> </table>	SLO	<p>Evalvacija starejšega kritičnega eksperimenta, narejenega v Oak Ridge National laboratory, ZDA; dokumentirano kot poglavje v knjigi: ICSBEP/OECDNEA, Idaho Falls (2011). Število dokumentiranih kritičnih eksperimentov, pri katerih opazujemo interakcijo med vsebniki, napolnjenimi s cepljivo raztopino, je majhno. V omenjeni knjigi smo obdelali enega izmed takšnih eksperimentov, pri čemer gorivo predstavlja visokoobogatena raztopina uranovega fluorida, polnjena v aluminijaste cilindre, ti pa so med sabo postavljeni na različne razdalje. Omenjeni eksperiment je pomemben za določitev specifikacij kritičnosti pri shranjevanju in transportu visokoobogatenega fisijskega materiala, predvsem za potrebe varnega in učinkovitega rokovanja z večjimi količinami takega materiala. Ob evaluaciji eksperimenta z metodo Monte Carlo smo uspeli znižati skupno negotovost v keff na manj kot odstotek, kar je pogoj, da je bil eksperiment sprejet kot »benchmark«.</p>	ANG	<p>Evaluation of an older critical experiment, done at the Oak Ridge National Laboratory, USA, documented as a chapter in the book: ICSBEP / OECDNEA, Idaho Falls (2011). The number of documented critical experiments, in which the interaction of containers, filled with a fissile solution, is small. In the mentioned book, one of these experiments was treated, in which the fuel is a HEU solution of uranyl fluoride, filled into aluminum cylinders, which are positioned in a hexagonal array of varying pitch. The experiment is important for determining the critical mass for the storage and transport of highly enriched fissionable material, especially for the safe and efficient handling of large quantities of such material. By evaluating the experiment with the Monte Carlo method, we were able to reduce the total uncertainty in keff to less than one percent, which is a condition for the experiment to be adopted as a "benchmark".</p>
SLO	<p>Evalvacija starejšega kritičnega eksperimenta, narejenega v Oak Ridge National laboratory, ZDA; dokumentirano kot poglavje v knjigi: ICSBEP/OECDNEA, Idaho Falls (2011). Število dokumentiranih kritičnih eksperimentov, pri katerih opazujemo interakcijo med vsebniki, napolnjenimi s cepljivo raztopino, je majhno. V omenjeni knjigi smo obdelali enega izmed takšnih eksperimentov, pri čemer gorivo predstavlja visokoobogatena raztopina uranovega fluorida, polnjena v aluminijaste cilindre, ti pa so med sabo postavljeni na različne razdalje. Omenjeni eksperiment je pomemben za določitev specifikacij kritičnosti pri shranjevanju in transportu visokoobogatenega fisijskega materiala, predvsem za potrebe varnega in učinkovitega rokovanja z večjimi količinami takega materiala. Ob evaluaciji eksperimenta z metodo Monte Carlo smo uspeli znižati skupno negotovost v keff na manj kot odstotek, kar je pogoj, da je bil eksperiment sprejet kot »benchmark«.</p>					
ANG	<p>Evaluation of an older critical experiment, done at the Oak Ridge National Laboratory, USA, documented as a chapter in the book: ICSBEP / OECDNEA, Idaho Falls (2011). The number of documented critical experiments, in which the interaction of containers, filled with a fissile solution, is small. In the mentioned book, one of these experiments was treated, in which the fuel is a HEU solution of uranyl fluoride, filled into aluminum cylinders, which are positioned in a hexagonal array of varying pitch. The experiment is important for determining the critical mass for the storage and transport of highly enriched fissionable material, especially for the safe and efficient handling of large quantities of such material. By evaluating the experiment with the Monte Carlo method, we were able to reduce the total uncertainty in keff to less than one percent, which is a condition for the experiment to be adopted as a "benchmark".</p>					
	Objavljeno v	OECD Nuclear Energy Agency; International handbook of evaluated criticality safety benchmark experiments; 2011; 93 str.; Avtorji / Authors: Lengar Igor, Snoj Luka				
	Tipologija	1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji				
4.	COBISS ID	26679079 Vir: COBISS.SI				
	Naslov	<table border="1"> <tr> <td>SLO</td> <td>Radioterapija raka glave in vratu v 2012 in v prihodnosti</td> </tr> <tr> <td>ANG</td> <td>Radiotherapy for head and neck tumours in 2012 and beyond</td> </tr> </table>	SLO	Radioterapija raka glave in vratu v 2012 in v prihodnosti	ANG	Radiotherapy for head and neck tumours in 2012 and beyond
SLO	Radioterapija raka glave in vratu v 2012 in v prihodnosti					
ANG	Radiotherapy for head and neck tumours in 2012 and beyond					
		Intenzitetno modulirana radioterapija (IMRT) je tehnika konformnega obsevanja, ki omogoča doseganje visokih doznih gradientov. Pri tumorjih glave in vratu IMRT le ti omogočajo selektivno ščitenje parotidnih žlez. Metode anatomskega in molekularnega slikanja lahko uporabljamo za selekcijo in določitev tarčnih volumnov in ščitenih organov, s hkratnim upoštevanjem specifične tumorske biologije (npr. statusa HPV).				

	Opis	SLO	Upoštevanje teh informacij omogoča adaptacijo terapije med samim zdravljenjem. Določitev prostorske porazdelitve biološkega statusa radiorezistence pa omogoča tudi t.i. dozno slikanje, kjer določimo dozo v tumorju na podlagi prostorske porazdelitve molekularnega agenta molekularnega slikanja. Natančna validacija teh metod je potrebna preden lahko varno uporabimo te napredne metode IMRT in molekularnega slikanja v klinični praksi.
		ANG	Intensity-modulated radiation therapy (IMRT) is a conformal irradiation technique that enables steep dose gradients. In head and neck tumours this approach spares parotid-gland function without compromise to treatment efficacy. Anatomical and molecular imaging modalities may be used to tailor treatment by enabling proper selection and delineation of target volumes and organs at risk, which in turn lead to dose prescriptions that take into account the underlying tumour biology (eg, human papillomavirus status). Therefore, adaptations can be made throughout the course of radiotherapy, as required. Planned dose increases to parts of the target volumes may also be used to match the radiosensitivity of tumours (so-called dose-painting), assessed by molecular imaging. For swift implementation of tailored and adaptive IMRT, tools and procedures, such as accurate image acquisition and reconstruction, automatic segmentation of target volumes and organs at risk, non-rigid image and dose registration, and dose summation methods, need to be developed and properly validated
	Objavljeno v	Lancet Oncology;Elsevier; The lancet oncology; 2012; No. 7, Vol. 13; str. e292-e300; Impact Factor: 25.117;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 4.341; A': 1;A': 1; WoS: DM; Avtorji / Authors: Grégoire Vincent, Jeraj Robert, Lee J. A., Sullivan B.	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
5.	COBISS ID	8998228	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Meritve elektronske energijske porazdelitvene funkcije z Langmuirjevo sondo v megnetizirani razelektritveni plazmi
		ANG	Langmuir probe measurements of the electron energy distribution function in magnetized gas discharge plasmas
	Opis	SLO	Skupaj s sodelavci iz Bolgarije smo testirali metodo prvega odvoda za analizo tokovno napetostnih karakteristik Langmuirjeve sonde posnetih v naši linearni magnetizirani plazemski napravi. Pokazalo se je, da daje metoda zelo natančne rezultate tudi pri nekoliko višjih magnetnih poljih.
		ANG	The first derivative probe method was tested in our linear magnetized discharge plasma device together with our Bulgarian partners. It has been shown that the method is very accurate also at elevated magnetic field values.
	Objavljeno v	IOP Publishing; Plasma sources science & technology; 2012; Vol. 21, no. 2; str. 1-10; Impact Factor: 2.515;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.939; A': 1; WoS: UF; Avtorji / Authors: Popov Tsviatko K., Ivanova Pavlina, Dimitrova Miglena, Kovačič Jernej, Gyergyek Tomaž, Čerček Milan	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati programske skupine⁶

	Družbeno-ekonomski dosežek		
1.	COBISS ID	25363751	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	ENDF/BVII.1 jedrski podatki za znanost in tehnologijo

		ANG	ENDF/B-VII.1 nuclear data for science and technology
Opis		SLO	Podan je pregled nove izdaje knjižnice jedrskih podatkov s poudarkom na glavnih izboljšavah v primerjavi s prejšnjimi izdajami in z drugimi knjižnicami. Glavne izboljšave so: večji nabor nuklidov, kovariančni podatki, Rmatrična analiza za lahka jedra, resonančni podatki, popravki termičnih presekov za fisijske produkte, izboljšani podatki za manj pomembne aktinide, evaluacije sproščene energije pri cepitvi, podatki za pridelke cepitvenih produktov in knjižnica podatkov radioaktivnih razpadov. Velike izboljšave so opazne zlasti za podatke Ti, Mn, Cr, Zr in W.
		ANG	An overview of the new release of the nuclear data library given with highlights of the major improvements compared with previous releases and other recently released libraries. The main improvements are: extended scope of nuclides, covariance data, Rmatrix analysis of light nuclei, resonance parameters, modifications to thermal cross sections of fission products, improved minor actinide data, fission energy release evaluations, fission product yields and decay data sublibrary. Improved performance is noted particularly for Ti, Mn, Cr, Zr and W.
Šifra	F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
Objavljeno v	Academic Press.; Nuclear data sheets; 2011; No. 12, Vol. 112; str. 2887-2996; Impact Factor: 3.821; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.011; A': 1; WoS: UN; Avtorji / Authors: Chadwick M.B., Trkov Andrej		
Tipologija	1.02	Pregledni znanstveni članek	
2.	COBISS ID	25846823	Vir: COBISS.SI
Naslov		SLO	Fizikalni testi na ničelni moči za cikel 26, Nuklearna elektrarna Krško
		ANG	Report on the zero power physics tests for cycle 26 of the Krško NPP
Opis		SLO	Vodenje Zagonskih testov na ničelni moči v Nuklearni elektrarni Krško s strani IJS Po vsakem remontu v Nuklearni elektrarni Krško je potrebno, v skladu z zahtevami URSJV, pred zagonom na moč, opraviti testiranje obnašanja reaktorja na ničelni moči. Pri tem primerjamo odzive reaktorja na vstavitve kontrolnih svežnjev, temperaturne spremembe in koncentracijo borove kisline v hladilu s predhodno izračunanimi vrednostmi. Od prvega cikla leta 1981 smo sodelavci programske skupine, kot predstavniki Instituta Jožef Stefan, izvajalci omenjenih testov. Vsakokrat smo teste uspešno izvedli in tako soomogočili pridobitev obratovalnega dovoljenja NEK za naslednji cikel.
		ANG	Performing the startup zero power physics tests in the Nuclear Power Plant Krško After each outage in the Krško NPP it is necessary, in accordance with the requirements of the SNSA, to perform the testing of the reactor on zero power before the increase of its power. In doing so, the responses to the insertion of the reactor control assemblies, temperature changes and the concentration of boric acid in the coolant are compared with the previously calculated values. Since the first cycle in 1981 members of our group, as experts from the Jožef Stefan Institute, were performing the said tests. Each time the tests were performed successfully and thus the permission for the operation for the next cycle was granted.
Šifra	F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
Objavljeno v	2012; 30 str.; Avtorji / Authors: Lengar Igor, Kromar Marjan, Snoj Luka, Čalič Dušan, Radulović Vladimir, Žefran Bojan		

	Tipologija	2.13 Elaborat, predštudija, študija	
3.	COBISS ID	22019623	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Naprava za radioterapijo malih curkov
		ANG	Small field intensity modulated radiation therapy machine
	Opis	SLO	Naprava za intenzitetno modulirano radioterapijo z majhnimi polji, ki bi lahko bistveno poenostavila in izboljšala natančnost dovajanja manjših doznih polj za posebne klinične aplikacije (npr. obsevanje dojke), kakor tudi eksperimentalnem obsevanju malih živali.
		ANG	This apparatus for intensity modulated radiation therapy simplifies and enables accuracy of treatment delivery with small fields for specific clinical applications (e.g., breast radiotherapy), as well as small animal irradiation.
	Šifra	F.32 Mednarodni patent	
	Objavljeno v	2009; A'': 1;A': 1; Avtorji / Authors: Mackie T.R., Becker S., Jeraj Robert	
	Tipologija	2.24 Patent	
4.	COBISS ID	23563559	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Strokovna ocena dokumenta "NPP Krško Cycle 24 Reload Safety Evaluation"
		ANG	Independent evaluation of the NPP Krško cycle 24
	Opis	SLO	V poročilu je predstavljena neodvisna strokovna ocena dokumenta "NPP Krško Cycle 24 Reload Safety Evaluation". Dokument predvideva spremembe izpopolnjenega varnostnega poročila in tehničnih specifikacij glede meje vstavitve kontrolnih palic, sheme gorivnega elementa z 80 IFBA palic in vpliva usločenja gorivnih elementov na razmerje krize vrenja. Dodatno je pregledano tudi varnostno presejanje projektnih sprememb regulacijskih palic. Zaključki dokumenta in predlagane spremembe so bile ocenjene kot sprejemljive. NEK je s pridobljenim pozitivnim mnenjem lahko pristopila k vlogi za opravljeno modifikacijo na Upravo RS za jedrsko varnost.
		ANG	Independent evaluation of the report "NPP Krško Cycle 24 Reload Safety Evaluation" is presented in this document. USAR and Technical Specifications changes regarding rod cluster control assembly insertion limits, 80 IFBA rods pattern and rod bow DNBR penalty are suggested. In addition to this report, safety evaluation screening of the EPRCCA design changes has been reviewed as well. Safety evaluation findings and proposed changes have been found acceptable. With acceptable evaluation NPP Krško was able to proceed with the modification request at Slovenian Nuclear Safety Administration.
	Šifra	F.34 Svetovalna dejavnost	
	Objavljeno v	2009; 12 str.; Avtorji / Authors: Kromar Marjan, Ravnik Matjaž, Glumac Bogdan	
	Tipologija	2.13 Elaborat, predštudija, študija	
5.	COBISS ID	25760551	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Organizacija mednarodne konference z naslovom "International Conference Nuclear Energy for New Europe, Portorož, 2010" in uredništvo posebne številke Nuclear Engineering and Design
		ANG	Organisation of the "International Conference Nuclear Energy for New Europe, Portorož, 2010" and editorial of a special issue of the journal Nuclear Engineering and Design
			Predsedstvo programskega in organizacijskega odbora mednarodne konference z naslovom "International Conference Nuclear Energy for

Opis	SLO	New Europe, Portorož, 2010", ki smo jo organizirali člani programske skupine in Društva jedrskih strokovnjakov Slovenije. Konferenca je potekala od 6. do 9. septembra 2010 v Portorožu in se je udeležilo 160 mednarodnih in slovenskih strokovnjakov in raziskovalcev z jedrskega področja. Izbrane konferenčne članke smo, kot koeditorji, objavili v posebni številki revije Nuclear Engineering and Design.
	ANG	Chairing of the program and organizing committee of the "International Conference Nuclear Energy for New Europe, Portorož, 2010", which was organized by members of the Reactor physics group and the Nuclear Society of Slovenia. The conference was held from 6 to 9 September 2010 in Portorož, and was attended by 160 experts and researchers from the nuclear field from Slovenian and abroad. Selected papers were, under our coeditorship, published in a special issue of the Nuclear Engineering and Design journal.
Šifra	C.01 Uredništvo tujega/mednarodnega zbornika/knjige	
Objavljeno v	Elevier; 2012; 306 str.; Avtorji / Authors: Trkov Andrej, Lengar Igor	
Tipologija	2.31 Zbornik recenziranih znanstvenih prispevkov na mednarodni ali tuji konferenci	

8. Drugi pomembni rezultati programske skupine⁷

Spoznanja do katerih smo prišli tekom projekta kalibracije detektorjev nevtronov na tokamaku JET so izjemnega pomena pri načrtovanju nevtronske kalibracije na fuzijskem reaktorju ITER. Dva sodelavca s CCFE, ki kot svetovalca sodelujeta pri projektu ITER sta jim že sporočila naša opažanja in prve rezultate, ki so bili zelo pozitivno sprejeti.

Zaradi sodelovanja na tem projektu smo v letu 2012 začeli sodelovanju tudi pri evropskih (EFDA) aktivnostih za projekt prve demonstracijske fuzijske elektrarne, DEMO ter ITER. V sodelovanju z Politehniko v Milanu sodelujemo pri razvoju detektorjev žarkov gama v tokamaku ITER. Za projekt DEMO pa delamo izračune ščitenja ter produkcije He v različnih komponentah reaktorja.

V sklopu priprav na projekt DEMO se bodo na tokamaku JET, testirali detektorji fuzijske moči ter nevtronski detektorji za meritev položaja plazme za DEMO. Ti detektorji bodo morali biti čim bolj enostavni in zanesljivi. Zaradi referenc in sodelovanje pri kalibraciji obstoječih detektorjev na tokamaku JET smo v letu 2013 dobili manjši evropski (EFDA) projekt z naslovom identifikacija potencialnih detektorjev za meritve vertikalnega položaja in profila plazme za DEMO. Z izračuni smo testirali, kako se različni nevtronski detektorji odzivajo na položaj in profil plazme ter izbrali nekaj najbolj občutljivejših. Le-te bodo potem eksperimentalno testirali na tokamaku JET.

Na podlagi znanj pridobljeni v tem projektu smo v konzorciju Eurofusion kandidirali na razpisu v okviru programa Horizon 2020 in pridobili projekt z naslovom Izračun za podporo DT kalibracij tokamaka JET, ki se vsebinsko močno naslanja na zgoraj omenjeni projekt. Vrednost evropskega projekta je 306.000 EUR v leti 2014 - 2018.

9. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Nadaljnje obratovanje tokamaka JET bo med drugim odvisno tudi od dobrih meritev pridelka nevtronov, ki mora biti v obratovalnih mejah. Vsi znanstveni projekti zahtevajo smiselne rezultate meritev nevtronskega pridelka za karakterizacijo posameznih pulzov. Verifikacija nevtronskih meritev je pomembna tudi za bodoče obratovanje v D-D in D-T načinu. Uporaba in razvoj eksperimentalnih in računskih metod, ki jih bomo razvili, se bo kasneje razširila tudi na

bodoče delovanje v D-T načinu ter bo pomembno prispevala k načrtovanim aktivnostim tokamaka JET.

Celoten proces razumevanja in poglobljanja znanja o meritvah nevtronskega pridelka je pomemben tudi za bodoči fuzijski reaktor ITER, kjer bo potrebno metode za kalibracijo nevtronskih detektorjev še določiti. Natančno poznavanje fuzijske moči reaktorja, ki se jo izmeri lahko le preko meritev nevtronov, je izjemno pomembno za razvoj fuzije kot trajnostnega in okolju prijaznega vira energije.

Evalvirani rezultati eksperimenta bodo služili kot referenčni eksperiment za verifikacijo in validacijo računskih metod in jedrskih podatkov v fuzijskih tokamakih ter ostalih podobnih sistemih, kot so klasični cepitveni reaktorji, ki imajo podobne materiale in praktično enake detektorje. Referenčni model bomo uporabili za verifikacijo in validacijo Monte Carlo računskih metod redukcije variance ter za validacijo knjižnic jedrskih podatkov.

ANG

Future operation of the JET tokamak depends, amongst other factor, also on proper measurement of neutron yield, which has to be within the operational range. All scientific projects require meaningful results of the neutron yield measurements for the characterization of individual pulses. Verification of neutron measurement is important also for the future operation in the D-D and D-T mode. Application and development of experimental and computational methods that we are going to develop will be later extended to the future operation of the D-T mode and will contribute significantly to the activities planned in JET tokamak.

The whole process of understanding and improving the knowledge of the neutron yield measurements is also important for the future fusion reactor ITER, where the methods for the calibration of neutron detectors are yet to be determined. Accurate knowledge of the reactor's fusion power, which can be measured only through the neutron measurements, is extremely important for the development of fusion as a sustainable and environmentally friendly source of energy.

Evaluated results of the experiment will serve as a reference experiment for the verification and validation of computational methods and nuclear data in fusion tokamaks and other similar systems, such as conventional fission reactors, which have similar materials and virtually the same detectors. Reference model will be used for the verification and validation of Monte Carlo variance reduction methods and for the validation of nuclear data libraries.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Pridobljeno znanje in izkušnje bomo lahko neposredno uporabili v slovenski jedrski elektrarni v Krškem. Rezultati naših raziskav bodo uporabni za:

- izračun odzivne funkcije nevtronskih detektorjev v klasičnih cepitvenih reaktorjih, kar je pomembno za natančno in zanesljivo obratovanje reaktorja ter za meritve fizikalnih parametrov reaktorja,
- izboljšanje natančnosti in zanesljivosti izračunov obsevanosti reaktorske posode, ki je ključnega pomena za določanje življenjske dobe jedrske elektrarne in morebitno podaljšanje njenega obratovanja,
- izboljšanje natančnosti izračunov aktivacije materialov izven reaktorske posode, kar je pomembno za natančno določanje količine in vrste radioaktivnih odpadkov ob razgradnji reaktorja.

V energetskih reaktorjih so nevtronske kalibracije z dobro definiranimi izvori (npr. Cf-252) praktično nemogoče zaradi praktičnih in finančnih omejitev. Raziskovalni reaktorji so premajhni in premalo kompleksni ter zato niso reprezentativni za takšne meritve. Zato so znanje in izkušnje pridobljeno na eksperimentalnih fuzijskih reaktorjih neprecenljive ter pomembne tudi za klasične cepitvene reaktorje.

ANG

The knowledge obtained and the experience gained will be directly applicable to the Slovenian Nuclear Power Plant Krško. The results of our research will be used for:

- determination of the nuclear detectors response function in classical fission reactors, which is

important for accurate and reliable reactor operation and determination of reactor measured parameters,

- accuracy improvements in the determination of the vessel irradiation fluence, which is of paramount importance for the determination of reactor life time and possible life extension,
- accuracy improvements in the determination of material activation outside the reactor vessel, which is important for the determination of radioactive waste during the plant decommissioning.

In power reactors the direct calibration of thermal power with well-defined sources (such as Cf-252) is nearly impossible because of practical and financial limitations. Research reactors are too small and not simple to be a representative substitute. Therefore knowledge and experience gained on experimental fusion reactors are invaluable also for classical fission reactors.

10. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov v obdobju 1.1.2009-31.12.2013¹¹

10.1. Diplome¹²

vrsta usposabljanja	število diplom
bolonjski program - I. stopnja	
bolonjski program - II. stopnja	1
univerzitetni (stari) program	16

10.2. Magisterij znanosti in doktorat znanosti¹³

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	MR	
27819	Luka Snoj	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
29546	Gašper Žerovnik	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
28575	Alberto Milocco	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
30680	Jernej Kovačič	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
32163	Vladimir Radulović	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
27760	Urban Simončič	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10401	Tomaž Gyergyek	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	

Legenda:

- Mag.** - Znanstveni magisterij
Dr. - Doktorat znanosti
MR - mladi raziskovalec

11. Pretok mladih raziskovalcev – zaposlitev po zaključenem usposabljanju¹⁴

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	Zaposlitev	
29546	Gašper Žerovnik	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi	
32163	Vladimir Radulović	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	E - Tujina	
27760	Urban Simončič	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi	

Legenda zaposlitev:

- A** - visokošolski in javni raziskovalni zavodi
B - gospodarstvo
C - javna uprava
D - družbene dejavnosti

E - tujina
F - drugo

12. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, doktorandov ter študentov iz tujine, daljše od enega meseca, v obdobju 1.1.2009-31.12.2013

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Sodelovanje v programski skupini	Število mesecev	
28575	Alberto Milocco	C - študent - doktorand	24	

Legenda sodelovanja v programski skupini:

- A - raziskovalec/strokovnjak iz podjetja
- B - uveljavljeni raziskovalec iz tujine
- C - študent - doktorand iz tujine
- D - doktorand iz tujine

13. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v obdobju 1.1.2009-31.12.2013 z vsebinsko obrazložitvijo porabe dodeljenih sredstev iz naslova dodatnega letnega sofinanciranja mednarodnega sodelovanja na podlagi pozivov za EU vpetost.¹⁵

SLO

Zaradi omejitve obrazca so za vpetost navedeni samo okrajšani naslovi programov. Podrobnosti so v priponki "Tocka9-ARRS-porocilo-Progsk-seznam-mednarodnih-projektov-jun2013.doc"

EU projekti

- Missions of Staff under the Agreement on the Prom...
- Nuclear Data: Benchmark Experiments to validate EFF/EAF Data
- RU - FU: »Research Unit - Administration and services«, 6. OP,
- Hydrogen / Deuterium Molecule Wall Interaction - 1.4.1. FU
- Upgrade of Gamma-Ray Cameras: Neutron Attenuators"
- Neutron Calculations for Fusion Reactors ...
- Development of Composites with Advanced / Alternative ...
- Fusion Expo Support Action, Task Agreemen
- Permanent Fusion Exposition
- Nuclear Data Studies / Experiments in Support of TBM ...
- Improvement of Nuclear Data, Development of ...
- Accurate Nuclear Data for Nuclear Energy Sustainability...
- Neutron Calculations for Fusion Reactor - JET MCNP Model
- Neutron Calculations for Fusion Reactor - Neutron Source
- Improvement of Diagnostics in Edge Plasmas of Fusion Devices
- Neutron Calculation for Fusion Reactor - Neutron Source
- Neutron Calculations for Fusion Reactor - JET MCNP Model
- Neutron Calculation for Fusion Reactor - JET Neutron ...
- Neutron Calculations for Fusion Reactor - JET MCNP Model
- Neutron Calculations for Fusion Reactor - Upgrade of Octant...
- Assessment of ANSYS Workbench hybrid platform
- Neutronic Studies for DEMO
- Assessment of ANSYS Workbench hybrid platform
- Measurements of SOL Transport by Probes in H-mode during inter...
- Measurements of SOL Transport by Probes in H-mode during ELM ...
- He Production - Upper Vertical Port
- Emissive Probes for AUG Class Tokamaks and Beyond
- Neutron Calculations for Fusion Reactor - JET ...
- Neutron Calculations for Fusion Reactor - Activities
- F4E - Action 2, Nuclear Data Experiments and Techniques
- F4E - Nuclear Data Improvements and Development ...
- EURADOS, European Union Coordinated Network for ...

Drugi mednarodni projekti:

- Evaluation and Validation of Prompt Fission Neutron ...
- Improvement of Evaluated Nuclear Data Files with ...
- Integral Measurements for the Validation of ...
- Reports on Thermal Neutron Induced SEU Susceptibility ...
- Screening a Selection of Evaluations of Structural ...
- Feasibility Study and Installation of Thermal Neutron...

Bilateralni projekti:

- Razvoj postopkov za karakterizacijo nevtronskega ...
- Razvoj in validacija metodologije propagacije ...
- Razvoj izboljšane podatkovne baze za karakterizacijo ...
- Analiza termične umeritve moči ter skupno eksperimental ...

- Eksperimentalna verifikacija kinetičnih parametrov ...
- Experimental verification of neutron flux form factors and ...
- Design of irradiation device for FT – TIMS Method at...
- Diagnostika plazme z emisijskimi in Langmuirjevimi sondami
- Diagnostika energijske porazdelitvene funkcije ...
- Raziskave robne plazme in razvoj diagnostičnih metod z ...
- Raziskave in razvoj plazemskih diagnostičnih metod ...

14. Vključenost v projekte za uporabnike, ki v so obdobju trajanja raziskovalnega programa (1. 1. 2009 – 31. 12. 2013), potekali izven financiranja ARRS¹⁶

SLO

- Projektiranje sredice NE Krško - 24. ciklus, naročnik JE Krško, št. pogodbe POG-3524, naročnik NE Krško, nosilec dr. M. Kromar, obseg 53.000,00 EUR + DDV.
- Izdelava neodvisnega strokovnega mnenja za dokument NEK RSE cikel 24, št. naročilnice DNS-9311, naročnik NE Krško, nosilec dr. M. Kromar, obseg 5.500,00 EUR + DDV.
- Izdelava "Programa za optimizacijo polnitve vsebnikov z izrabljenim jedrskim gorivom iz NEK glede na največjo dovoljeno toplotno moč", št. pogodbe ARAO 083-08 in Aneks št.1 k tej pogodbi, naročnik ARAO, delavec, nosilec prof. M. Ravnik., obseg 15.218,00 EUR + DDV
- Projektiranje sredice NE Krško - 25. ciklus, naročnik JE Krško, št. pogodbe POG-3573, naročnik NE Krško, nosilec dr. M. Kromar, obseg 53.800,00 EUR + DDV.
- Independent Evaluation of the Documentation Supporting Supply and Erection of Ex-Vessel Neutron Dosimetry in the NPP Krško, št. naročilnice DNS-10227, naročnik NE Krško, nosilec dr. M. Kromar, obseg 5.500,00 EUR + DDV
- Independent Evaluation of the Documentation Supporting NPP Krško Reactor Vessel Closure Head Replacement, št. naročilnice 97/10, naročnik IMT, nosilec dr. M. Kromar, obseg 7.000,00 EUR + DDV
- Projektiranje sredice NE Krško - 26. ciklus, naročnik JE Krško, št. pogodbe POG-3658, naročnik NE Krško, nosilec dr. M. Kromar, obseg 63.286,00 EUR + DDV.
- Analiza kritičnosti v odlagališču za izrabljeno jedrsko gorivo iz NEK pri normalnih pogojih, naročnik ARAO, št. Pogodbe ARAO-025-11, nosilec dr. M. Kromar, obseg 15.000,00 EUR + DDV.
- Pregled Safety Evaluation Screening in Safety Evaluation in JV3, naročilo št. 124/12, naročnik Institut za kovinske materiale in tehnologije, nosilec dr. M. Kromar, obseg 10.000,00 EUR + DDV.
- Projektiranje sredice NE Krško - 27. ciklus, naročnik JE Krško, št. pogodbe 3130346, naročnik NE Krško, nosilec dr. M. Kromar, obseg 72.197,00 EUR + DDV.
- Independent Expert Review Of The Analysis And Testing Report For Capsule T From The Krško Reactor Vessel Irradiation Surveillance Program, naročnik JE Krško, št. pogodbe 3130548, naročnik NE Krško, nosilec dr. M. Kromar, obseg 29.650,00 EUR + DDV.

15. Ocena tehnološke zrelosti rezultatov programa in možnosti za njihovo implementacijo v praksi (točka ni namenjena raziskovalnim programom s področij humanističnih ved)¹⁷

SLO

Rezultati raziskav s področja evalvacije jedrskih podatkov predstavljajo infrastrukturo, ki je uporabna na mnogih področjih, kjer imamo opravka s transportom delcev. Privzem evalvacij jedrskih podatkov za izbrane nuklide v ameriško knjižnico ENDF/BVII.1 izkazuje tehnološko zrelost. Podatki se uporabljajo v ZDA in drugod po svetu. Ti podatki so od Ženevskega vrha leta 1955 prosto dostopni, zato je njihova tržna vrednost posredna (v njihovi uporabi).

Raziskave in razvite metode za reaktorske preračune so izrazito praktično usmerjene. Njihov končni cilj je uporaba za projektne izračune sredice Nuklearne elektrarne v Krškem (NEK). Delo za implementacijo rezultatov v rutinske postopke je v teku. Za raziskave in nadaljnji razvoj obstaja interes v Slovenskem gospodarstvu, pri čemer sta NEK in Gen-energija pripravljena prispevati del sredstev. NEK je v letih 2009-2013 v omenjene raziskave neposredno vložila 339.500 Eur. Gen-energija je raziskave podprla posredno s kadrovsko podporo v celotnem obsegu 3 FTE, ki se bo predvidoma povečal še za 1.5 FTE na leto.

Monte Carlo modeliranje fuzijskega reaktorja JET ima prav tako zelo praktičen pomen in prispeva k skupnemu cilju izgradnje mednarodnega fuzijskega reaktorja ITER. Ob naraščajoči grožnji podnebnih sprememb predstavlja uspeh reaktorja ITER in s tem razvoj fuzije kot enega izmed maloštevilnih možnih nizkoogljičnih virov energije v prihodnje. Sodelavci skupine sodelujemo na projektih za JET, s kasnejšo implementacijo na ITER. Vrednost celotnega ITER projekta je 16 milijard EUR. Prispevek slovenskih raziskovalcev je vreden 1,75 MEUR letno (od tega 20 % povrne Evropska komisija). Delež Programske skupine za reaktorsko fiziko je približno 18 %.

Pomembno vlogo imamo tudi pri varnem obratovanju NEK. Po vsakem remontu v NEK je potrebno opraviti testiranje obnašanja reaktorja, predvsem odzive na vstavitve kontrolnih svežnjev. Že od prvega cikla leta 1981, naša skupina vodi omenjene teste. Dolgoročno uspešno sodelovanje z NEK nam je omogočilo tudi razvoj metode, s katero smo čas testov skrajšali z nekaj dni na 14 ur, kar je povezano tudi z velikim finančnim prihrankom.

Sodelavci skupine smo imeli pomembno vlogo pri ustanavljanju magistrskega študija medicinske fizike na Fakulteti za matematiko in Fiziko Univerze v Ljubljani (FMF), sedaj pa smo dejavno vključeni v njegovo izvajanje s predavanjem, vodenjem vaj in mentorstvom pri magistrskih nalogah. Sistematsko izobraževanje medicinskih fizikov bo zagotovilo višjo učinkovitost pri uporabi ionizirajočega sevanja v zdravstvene namene.

Fizijske celice in ostalo opremo, ki smo jih uporabljali pri eksperimentih meritve moči v sodelovanju s CEA smo že začeli uporabljati za izobraževalne namene. Izvajali smo praktično vajo meritve profila moči v reaktorju TRIGA za bodoče operaterje v jedrski elektrarni Krško ter študente FMF. Pri nakupu potrebne opreme je finančno pomagala NEK, kar kaže kako pomembne so te vaje za industrijo.

16. Ocenite, ali bi doseženi rezultati v okviru programa lahko vodili do ustanovitve spin-off podjetja, kolikšen finančni vložek bi zahteval ta korak ter kakšno infrastrukturo in opremo bi potrebovali

--	--

možnost ustanovitve spin-off podjetja	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
potrebni finančni vložek	
ocena potrebne infrastrukture in opreme ¹⁸	

17. Izjemni dosežek v 2013¹⁹

17.1. Izjemni znanstveni dosežek

V letu 2013 smo sodelovali pri eksperimentalni kalibraciji nevtronskih detektorjev na tokamaku JET v Veliki Britaniji. To je bila prva kalibracija aktivacijskih detektorjev ter druga kalibracija fizijskih celic po 30 letih. Pri tem projektu smo predvsem nudili računsko podporo pri načrtovanju eksperimenta in analizi rezultatov. Rezultati se zelo pomembni saj smo ugotovili, da je moč tokamaka JET 13.5 % večja, kot je bilo izračunano prej, kar pomeni, da se je trud z eksperimentalno kalibracijo obrestoval. Sam postopek kalibracije in rezultati so zelo pomembni za ITER in ostale tokamake, saj smo v okviru tega projekta postavili osnove za eksperimentalno absolutno kalibracijo detektorjev moči na tokamakih.

17.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

Člani programske skupine so imeli številna medijsko odmevna poljudna pojavljanja v medijih s področju jedrske energije in s tem prispeval k popularizaciji znanosti in širjenju znanstvenih vrednot. Pojavljanja so naštetja spodaj (podrobnosti so v COBISS bazi):

Etika in vrednote v vzgoji in izobraževanju", Inštitut za etiko in vrednote, v domeni "Znanje in modrost".

Predavanje o energiji v vrtcu Mladi Rod, 11.3. 2014,

RTV Slovenija 1, TV dnevnik. 4. 12. 2013.

RTV Slovenija 1, Dobra ura z Boštjanom : intervju. 5. 12. 2013.

SNOJ, Luka (intervjuvanec). Dnevnik, 22. 7. 2013

Predavanje o fuziji na dnevih IJS

Predavanje " Ustvarjanje zvezd na Zemlji" v okviru projekta Znanost na cesti

Radio Slovenija 3, oddaja Glasovi svetov. 9. 5. 2013.

Prvi dnevnik RTV SLO 1, 30.5.2013.

Znanost, 15. 9. 2011, letn. 53, št. 127, str. 26.

Eppur si muove: 4.2.2013. RTV Ljubljana, 2013.

Oddaj Studio 12, 10. 5. 2009.

Energetika.net. [Tiskana izd.], 2011

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 in obdelavo teh podatkov za evidence ARRS
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v papirnati obliki
- so z vsebino poročila seznanjeni in se strinjajo vsi izvajalci raziskovalnega programa

Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba JRO
in/ali RO s koncesijo:*

in

vodja raziskovalnega programa:

Institut "Jožef Stefan"

Andrej Trkov

ŽIG

Kraj in datum:

Ljubljana	14.4.2014
-----------	-----------

Oznaka prijave: ARRS-RPROG-ZP-2014/57

¹ Napišite povzetek raziskovalnega programa v slovenskem jeziku (največ 3.000 znakov vključno s presledki – približno pol strani, velikost pisave 11) in angleškem jeziku (največ 3.000 znakov vključno s presledki – približno pol strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

² Napišite kratko vsebinsko poročilo, v katerem predstavite raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega programa in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

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

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

⁵ Navedite znanstvene dosežke (največ pet), ki so nastali v okviru tega programa. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja programa (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](#)

⁶ Navedite družbeno-ekonomske dosežke (največ pet), ki so nastali v okviru tega programa. Družbeno-ekonomski dosežek iz obdobja izvajanja programa (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 programa ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)

⁷ Navedite rezultate raziskovalnega programa iz obdobja izvajanja programa (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 6 in 7 (npr. ker se ga v sistemu COBISS ne vodi). Največ 2.000 znakov vključno s presledki (približno 1/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

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

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

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

¹¹ Upoštevajo se le tiste diplome, magisteriji znanosti in doktorati znanosti (zaključene/i v obdobju 1. 1. 2009 – 31. 12. 2013), pri katerih so kot mentorji sodelovali člani programske skupine. [Nazaj](#)

¹² Vpišite število opravljenih diplom v času trajanja raziskovalnega programa glede na vrsto usposabljanja. [Nazaj](#)

¹³ Vpišite šifro raziskovalca in/ali ime in priimek osebe, ki je v času trajanja raziskovalnega programa pridobila naziv

magister znanosti in/ali doktor znanosti ter označite doseženo izobrazbo. V primeru, da se je oseba usposabljala po programu Mladi raziskovalci, označite MR. [Nazaj](#)

¹⁴ Za mlade raziskovalce, ki ste jih navedli v tabeli 11.2. točke (usposabljanje so uspešno zaključili v obdobju od 1. 1. 2009 do 31. 12. 2013), ustrezno označite, kje so se zaposlili po zaključenem usposabljanju. [Nazaj](#)

¹⁵ Navedite naslove projektov in ime člana programske skupine, ki je bil vodja/koordinator navedenega projekta. Točko izpolnijo tudi izvajalci raziskovalnega programa, prejemniki sredstev iz naslova dodatnega letnega sofinanciranja raziskovalnega programa zaradi mednarodnega sodelovanja (sodelovanja v projektih okvirnih programov Evropske unije). Izvajalec, ki je na podlagi pogodbe prejel sredstva iz navedenega naslova, vsebinsko opiše porabo prejetih sredstev za financiranje stroškov blaga in storitev ter amortizacije, nastalih pri izvajanju tega raziskovalnega programa. V primeru, da so bili v okviru raziskovalnega programa prejemniki sredstev različni izvajalci, vsak pripravi vsebinsko poročilo za svoj delež pogodbenih sredstev. Vodja raziskovalnega programa poskrbi, da je vsebinsko poročilo, ločeno za vsakega izvajalca, vključeno v navedeno točko poročila. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁶ Navedite naslove projektov, ki ne sodijo v okvir financiranja ARRS (npr: industrijski projekti, projekti za druge naročnike, državno upravo, občine idr.) in ime člana programske skupine, ki je bil vodja/koordinator navedenega projekta. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁷ Opišite možnosti za uporabo rezultatov v praksi. Opišite izdelke oziroma tehnologijo in potencialne trge oziroma tržne niše, v katere sodijo. Ocenite dodano vrednost izdelkov, katerih osnova je znanje, razvito v okviru programa oziroma dodano vrednost na zaposlenega, če jo je mogoče oceniti (npr. v primerih, ko je rezultat izboljšava obstoječih tehnologij oziroma izdelkov). Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁸ Največ 1.000 znakov vključno s presledki (približno 1/6 strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)

¹⁹ Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega programa v letu 2013 (največ 1000 znakov, vključno s presledki, velikost pisave 11). 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-RPROG-ZP/2014 v1.00a

2D-DB-3B-26-1B-B2-6B-34-9C-80-FF-81-E5-E7-53-70-F7-E1-C9-A1