

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2012/11

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	Z1-2058
Naslov projekta	Posamezni magnetni atomi in magnetne nanostrukture na površinah kovin
Vodja projekta	23567 Rok Žitko
Tip projekta	Zt Podoktorski projekt - temeljni
Obseg raziskovalnih ur	3400
Cenovni razred	B
Trajanje projekta	05.2009 - 04.2011
Nosilna raziskovalna organizacija	106 Institut "Jožef Stefan"
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	1 NARAVOSLOVJE 1.02 Fizika 1.02.01 Fizika kondenzirane materije
Družbeno-ekonomski cilj	13.01 Naravoslovne vede - RiR financiran iz drugih virov (ne iz SUF)

2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS¹

Šifra	1.03
- Veda	1 Naravoslovne vede
- Področje	1.03 Fizika

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Povzetek projekta²

SLO

Proučili smo lastnosti magnetnih nanostruktur, tako najmanjših umetno izdelanih nanostruktur iz posameznih magnetnih atomov na površinah kovin, kot skupkov polprevodniških kvantnih pik. Tovrstne nanostrukture so zanimive tako z vidika osnovnih raziskav, saj omogočajo študij tekmovanja med različnimi interakcijami, kot tudi z vidika morebitnih aplikacij za shranjevanje

in obdelavo podatkov. Projekt je združil teoretične in eksperimentalne pristope. Osrednji orodji sta bila numerična renormalizacijska grupa (NRG), implementacijo katere je razvil vodja projekta, ter teorije gostotnih funkcionalov (DFT), pri čemer smo uporabili programski paket Quantum Espresso. Eksperimentalno delo je vključevalo uporabo nizkotemperaturnega tunelskega mikroskopa (STM) ter izgradnjo novih vakuumskih sistemov in instrumentov za raziskave kovin z adsorbiranimi magnetnimi nečistočami. Proučili smo obnašanje atomov kobalta Co na površini bakra Cu(111), jih kontrolirano premikali, ter merili njihove spektralne funkcije. Z metodami DFT smo modelirali površino in proučevali vpliv defektov v podlagi na vezavo in lastnosti adsorbatov. Z metodo NRG smo obravnavali številne probleme nečistoč, denimo probleme, kjer igra pomembno vlogo magnetna anizotropija. Obdelali smo tudi probleme, kjer so magnetni atomi adsorbirani na superprevodniški kovini, kjer smo našli zanimiv razcep stanj znotraj superprevodniške energijske vrzeli, ter različne modele dvojne kvantne pike. V okviru projekta se je nadaljeval razvoj programskih paketov "SNEG" za simbolično računanje z izradi druge kvantizacije in "NRG Ljubljana" za reševanje problemov nečistoč.

ANG

We have studied the properties of magnetic nanostructure, both the smallest artificially assembled nanostructures composed of single magnetic atoms on metal surfaces, as well as the clusters of semiconductor quantum dots. Such nanostructures are interesting from the perspective of fundamental research due to the tunable competition between different interactions, as well as for possible applications for data storage and processing. The project has combined theoretical and experimental approaches. The main tools have been the numerical renormalization group (NRG), the implementation of which has been developed by the project leader, and the density functional theory (DFT), where the Quantum Espresso package has been used. Experimental work involved the use of a low-temperature scanning tunneling microscope (STM) and the construction of new vacuum systems and instruments for studying metals with adsorbed magnetic impurities. We have studied the behaviour of cobalt atoms on the surface of copper Cu(111), manipulated these atoms in a controlled way, and measured their spectral functions. DFT methods have been used to model the surface and study the role of defects embedded in the surface on the adsorption of adatoms and their properties. NRG has been applied to solve numerous impurity problems, for examples problems where the magnetic anisotropy plays an important role. We have also explored problems where the magnetic atoms are adsorbed on a superconducting metal, and which exhibit an interesting splitting of the sub-gap states, as well as various double quantum dot models. As part of the project the software packages "SNEG" (for symbolic computation with second-quantization expressions) and "NRG Ljubljana" (quantum impurity solver) have been further developed.

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu³

Izboljšali smo postopke za nanašanje magnetnih atomov na površine z uporabo žarnih nitk. Z vrstičnim tunelskim mikroskopom smo proučili atome Co in pare Co na površini Cu(111). Odkrili smo, da se adatom vežejo na substitucijske defekte Ag. S tunelsko spektroskopijo smo dokazali, da se magnetne lastnosti adatoms Co, vezanega na defektu, skoraj ne razlikujejo od lastnosti prostih atomov Co: v obeh primerih je vidna praktično enaka Kondova resonanca. Defekti omogočajo stabilizacijo nanostruktur, ne da bi spremenili njihove elektronske ali magnetne lastnosti [Phys. Rev. Lett. 104, 196102 (2010)]. Na podlagi izkušenj, pridobljenih s prvim tunelskim mikroskopom, nastaja nov instrument, ki bo posvečen prav sestavljanju in proučevanju nanostruktur na različnih površinah.

Na področju modeliranja površin smo pregledali metode in implementacije metode DFT in izbrali programski paket Quantum Espresso za računanje v bazi ravnih valov z uporabo psevdopotencialov. Proučili smo parametre, primerne za opis površin Cu(111) in Cu(100), kot so število plasti v substratu v "slab" geometriji, velikost supercelice, število točk v recipročnem prostoru, izbor izmed metod LDA, GGA, LDA+U in GGA+U. Zelo podrobno smo obravnavali površino Cu(111) z različnimi vgrajenimi defekti, v okolici katerih se lahko veže adatom kobalta, kar nam je omogočilo pravilno razumevanje eksperimentalnih rezultatov, dobljenih z vrstičnim tunelskim mikroskopom (STM). Primerjali smo lastnosti atomov Co in Fe na površini Cu(100) s tanko izolatorsko plastjo Cu₂N, ter proučili vpliv magnetne anizotropije in sklopitve s podlago na spektralno funkcijo nečistoče [New J. Phys. 12, 063040 (2010)]. Z uporabo metod maksimalno lokaliziranih Wannierjevih oblital smo primerjali lastnosti adatom Co adsorbiranega neposredno na Cu(100) in na Cu₂N/Cu(100) [neobjavljeno].

Z metodo NRG smo proučili modele nečistoč v velikim spinom, ki so primerni za opis magnetnih adatomov na površinah. Raziskali smo razcep Kondove resonance v zunanjem

magnetnem polju pri anizotropnih nečistočah [New J. Phys., 11, 053003 (2009)] ter dvostopenjski Kondo pojav v sistemu dveh med seboj sklopljenih nečistoč z viskom spinom [J. Phys.: Condens. Matter 22, 026002 (2010)]. Pokazal sem, da je možno z NRG izjemno natančno izračunati energijo osnovnega stanja nečistoč, torej tudi vezavno energijo adsorbatov [Phys Rev. B, 79, 233105 (2009)]. Podrobno sem proučil natančnost NRG pri računanju spektralnih funkcij [Phys. Rev. B 84, 085142 (2011)]. Natančno smo proučili lastnosti nečistoč, adsorbiranih na superprevodnikih. Znotraj energijske vrzeli obstajajo ostre resonance, ki vsebujejo pomembne informacije o magnetnih lastnostih adsorbatov: razcep vzbuditev zaradi anizotropie ali zaradi zunanega magnetnega polja, ter vpliv sklopitve med nečistočami [Phys. Rev. B 83 054512 (2011)]. Pokazal sem, da je spektralna funkcija atoma Ti na Cu₂N/Cu(100), izmerjena z STM, skladna z univerzalno Kondovo obliko v odsotnosti polja in poskusil ugotoviti, v kolikšni meri lahko opišemo tudi razcep v zunanjem magnetnem polju [Phys. Rev. B 84, 195116 (2011)].

Paket "NRG Ljubljana" je bil uporabljen tudi v številne druge namene, na primer na področju računanja lastnosti močno koreliranih sistemov v okviru približka teorije dinamičnega povprečnega polja (DMFT). Proučili smo posledice van Hovovih singularnosti na Mott-Hubbardov prehod iz kovinskega v izolatorsko stanje [Phys. Rev. B, 80, 245112 (2009)]. Proučili smo supreprednost v modelu Kondove rešetke [J. Phys.: Conf. Ser. 2000, 012162 (2010), J. Phys.: Condens. Matter 23, 094212 (2011)]. Pokazal sem, kako lahko z Broydenovo metodo pospešimo konvergenco samo-usklajene DMFT zanke in stabiliziramo meta-stabilne in nestabilne rešitve enačb DMFT [Phys. Rev. B 80, 125125 (2009)].

Z NRG smo proučili tudi lastnosti zaporedne dvojne kvantne pike, sklopljenih na navadne kovine [Phys. Rev. B, 81 121311(R) (2010)] ter superprevodnike [Phys. Rev. Lett. 105, 116803 (2010)]. V zadnjem primeru smo odkrili nepričakovano fazo v režimu, ko so vse tri interakcije (superprevodnosti, izmenjalna interakcije, Kondo senčenje) primerljivo močne. Pri problemu vzoredne dvojne kvantne pike smo pokazali, da je rešitev, dobljena z NRG, pravila, medtem ko predlagana "točna" rešitev, dobljena z metodo Bethejevega nastavka, ni ustrezna [Phys. Rev. Lett. 108, 066602 (2012)]. Opravil sem študijo transportnih lastnosti pri končnih temperaturah sistema dveh kvantnih pik v stranski (side-coupled) konfiguraciji, kjer mi je uspelo pravilno pojasniti objavljene eksperimentalne rezultate [Phys. Rev. B 81, 115316 (2010)].

Na področju fizike magnetnih nečistoč na kovinah se je odprlo z odkritjem t.i. topoloških izolatorjev čisto novo področje. Topološki izolatorji so snovi, ki so v notranjosti električni izolatorji, na površini pa imajo prevodniška površinska stanja, zato se obnašajo kot dvodimenzionalne kovine. Ker je to področje neposredno povezano s tematiko projekta, in zaradi pomembnosti potencialnih aplikacij topoloških izolatorjev na področju spintronike, sem proučil nekatere osnovne vidike tega problema. Pokazal sem, da navkljub zelo specifičnim lastnostim površinskih stanj (ta stanja tvorijo t.i. helično kovino) lahko vseeno pride do senčenja magnetnega momenta zaradi Kondovega pojava, zato so lastnosti nečistoče odvisne od temperature. Delo je bilo objavljeno v Phys. Rev. B, 81 241414(R) (2010). Proučil sem tudi obnašanje magnetne nečistoče, sklopljene na robna stanja kiralnega topološkega superprevodnika, in pokazal, da pride do podobnega obnašanja kot pri dvokanalnem Kondovem problemu, ki ga opišemo kot ne-Fermijevo tekočino [Phys. Rev. B 83, 195137 (2011)]. Določili smo tudi fazni diagram za nečistočo, sklopljeno na helični topološki superprevodnik [Phys. Rev. B 84, 195310 (2011)].

Programski paket "SNEG" je bil izboljššan, dodatno dokumentiran, in opisan v članku [Comp. Phys. Comm. 182, 2259 (2011)].

V programskem paketu "NRG Ljubljana" so bile implementirane številne novosti: paralelno računanje (MPI), dodatne simetrije, podpora kompleksnim številom, metoda full-density-matrix NRG.

5. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem in zastavljenih raziskovalnih ciljev⁴

Eksperimentalni del projekta je realiziran. Nizkotemperaturni tunelski mikroskop deluje in je v redni uporabi. Nanašanje atomov na ohlajeno površino je bilo izpopolnjeno. Na podlagi številnih izkušenj, nabranih pri projektu gradnje tega instrumenta se je že začelo sestavljati nov tunelski mikroskop, ki bo posvečen prav sestavljanju in proučevanju nanostruktur na različnih površinah, omogočal pa bo tudi vzpostavitev magnetnega polja na mestu vzorca.

Eksperimenti s sestavljanjem nanostruktur iz atomov Co na površinah bakra (111) so opravljeni, tehnika merjenja tunelskih spektrov pa je izpopolnjena. Sestavljanje magnetnih nanostruktur iz posameznih atomov je postalo rutinska operacija.

Teoretični del ("enodelčna fizika") je realiziran. Pridobljene so bile številne izkušnje z uporabo metod gostotnih funkcionalov, s katerimi se je proučevalo lastnosti čistih površin in posameznih adsorbiranih atomov. Določeni so bili parametri, primerni za računanje površin. Obravnavali smo čiste površine in določili smo vezavne energije adsorbatov. Ugotovljeno je bilo, da je dejansko potrebno upoštevati orbitalne efekte pri adsorbiranih atomih, ter da opis magnetnih nečistoč s preprostimi spinskimi modeli ni vedno primeren. Proučil sem problematiko obravnave sklopitve spin-tir, površinske magnetne anizotropije in giromagnetnih tenzorjev: izkaže se, da je računanje z uporabo DFT za zdaj še neprimerno, saj gre za majhne povpravke k velikim vrednostim, zato je še vedno bolj primerno uporabljati fenomenološke modele, pri katerih so parametri določeni iz eksperimenta.

Teoretični del ("večdelčna fizika") je realiziran. Programska paketa SNEG in NRG Ljubljana sta bila izpopolnjena. V reviji Comp. Phys. Comm. je bil objavljen članek o paketu SNEG, kar je prva objava o tem orodju. Nastale so številne objave, pri katerih je paket NRG Ljubljana imel ključno vlogo pri pridobivanju rezultatov.

6. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine⁵

Ni pomembnih sprememb.

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁶

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	23629351	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Pripetje adsorbiranih atomov kobalta na defektih, vgrajenih v površino bakra (111)
		<i>ANG</i>	Pinning of adsorbed cobalt atoms by defects embedded in copper (111) surface
	Opis	<i>SLO</i>	Substitucijske defekti srebra v skrajno zgornji atomski plasti bakra (111) delujejo kot centri pripenjanja za atome Co, ne da bi pri tem vplivali na njihove elektronske ali magnetne lastnosti (Kondo resonanca ostane praktično nespremenjena). Nečistoče srebra so komaj zaznavne pri topografskem slikanju, saj ne povzročajo vzorca stojnega valovanja in spekter dI/dV, posred nad njimi, ni dosti drugačen kot nad čisto površino.
		<i>ANG</i>	Substitutional Ag defects in the top-most atomic layer of the Cu(111) act as pinning centers for Co adatoms without affecting their electronic nor magnetic properties (the Kondo resonance remains essentially the same). The Ag impurities are hardly detectable in topographic imaging as they produce no standing-wave pattern and the dI/dV recorded above them is hardly different from that of the clean surface.
	Objavljeno v	American Physical Society.; Physical review letters; 2010; Vol. 104, no. 19; str. 196102-1-196102-4; Impact Factor: 7.621; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.582; A'': 1; A': 1; WoS: UI; Avtorji / Authors: Zupanič Erik, Žitko Rok, Midden Herman J. P. van, Muševič Igor, Prodan Albert	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
2.	COBISS ID	23965735	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Josephsonov tok v močno koreliranem sistemu dveh kvantnih pik
		<i>ANG</i>	Josephson current in strongly correlated double quantum dots
		Določili smo fazni diagram faz 0-stika in pi-stika za Josephsonov supertok v dvojni kvantni piki, priključeni na superprevodne priključke.	

Opis	SLO	Otok pi-faze se pojavi na območju parametrov, kjer so vse tri interakcije (superizmenjalna, Kondovo senčenje, superprevodnost) enako močne.
	ANG	Phase diagram of 0- and pi-junction regimes of Josephson supercurrent is established for a double quantum dot in contact with two superconducting leads. An island of pi-phase appears in the range where all three competing interactions (superexchange, Kondo screening, superconductivity) are equally strong.
Objavljeno v	American Physical Society.; Physical review letters; 2010; Vol. 105, no. 11; str. 116803-1-116803-4; Impact Factor: 7.621; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.582; A": 1; A': 1; WoS: UI; Avtorji / Authors: Žitko Rok, Lee Minchul, López Rosa, Aguado Ramón, Choi Mahn-Soo	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
3. COBISS ID	25585703	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Osnovno stanje vzporedne dvojne kvantne pike
	ANG	Ground state of the parallel double quantum dot system
Opis	SLO	Pokažemo, da se rezultati metode NRG ujema s točno simulacijo z metodo kvantni Monte Carlo, medtem ko se rezultati metode Bethe Ansatz ne ujema. Predlagamo, da je singularno obnašanje posledica prisotnosti "temnega stanja", ki je asimptotsko razklopljeno od preostalega sistema.
	ANG	We show that the results of the NRG method agree with an exact simulation using the Quantum Monte Carlo method, while the Bethe Ansatz results do not agree. We propose that the singular behavior is the consequence of the "dark state" which is asymptotically decoupled from the rest of the system.
Objavljeno v	American Physical Society.; Physical review letters; 2012; Vol. 108, no. 6; str. 066602-1-066602-5; Impact Factor: 7.621; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.582; A": 1; A': 1; WoS: UI; Avtorji / Authors: Žitko Rok, Mravlje Jernej, Haule Kristjan	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine²

Družbenoekonomsko relevantni dosežki		
1. COBISS ID	24690727	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Magnetizacijske krivulje za anizotropne magnetne nečistoče, adsorbirane na kovinskih substratih
	ANG	Magnetization curves for anisotropic magnetic impurities adsorbed on a normal metal substrate
Opis	SLO	V predavanju sem opisal, kako lahko metodo NRG uporabimo za proučevanje različnih problemov s področja fizike magnetnih adsorbatov na površinah. V spremljujočem objavljenem članku sem se osredotočil na magnetilne krivulje in pokazal, da se kvantne nečistoče obnašajo drugače kot klasične nečistoče v preprostih približkih.
	ANG	In the lecture I have describe how the NRG method can be applied to study various problems in the field of magnetic adsorbates on surfaces. In the accompanying published paper I focus on the magnetization curves and I show that quantum impurities behave different as classical impurities within simple approximation.
Šifra	B.04 Vabljen predavanje	

Objavljeno v	Springer; NATO Public Diplomacy Division; Physical properties of nanosystems; 2011; Str. 247-257; Avtorji / Authors: Žitko Rok
Tipologija	1.06 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci (vabljeni predavanja)

9. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁸

Skupaj več kot 20 objavljenih člankov s področij, povezanih s tematiko projekta, objavljenih v obdobju trajanja projekta in po njem.

Številni seminarji na tujih univerzah in raziskovalnih inštitutih: Universitat de les Illes Balears, Palma de Mallorca; Rutgers University, Piscataway, ZDA; Ludwig-Maximilians-Universitaet Muenchen, Nemčija; Uni. of Goettingen, Nemčija; SISSA, Trst, Italija; LPS, Orsay, Pariz; Max Planck Institute for Solid State Research (MPI FKF), Stuttgart, Nemčija; NTH School for Contacts in Nanosystems Workshop, Hannover, Nemčija.

10. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁹

10.1. Pomen za razvoj znanosti¹⁰

SLO

V preteklih letih se je izkazal izjemen pomen in uporabnost metod numerične renormalizacijske grupe (NRG) za proučevanje problemov kvantnih nečistoč. Implementacija metode v obliki programskega paketa NRG Ljubljana je bila namreč aplicirana na številne naloge, tako neposredno s področja tematike raziskovalnega projekta kot tudi mnogo širše. Na področju fizike magnetnih atomov in nanostruktur na površinah kovin smo z metodami NRG pokazali, kako je možno zelo natančno proučevati magnetne nečistoče, če so te adsorbirane na superprevodnikih, saj se pri nizkih energijah v spektru pojavijo zelo ostre resonance, ki jih je možno zaznati pri nizkotemperaturni tunelski spektroskopiji. Takšne resonance so že bile zaznane, vendar so bile v objavljenih delih nepravilno interpretirale. V spregi z numeričnimi izračuni bi bilo mogoče iz meritev sklepati o osnovnih lastnostih nečistoč, kot je njihov spin, anizotropija, in izmenjalna interakcije. Ta postopek bi se lahko razvil v novo spektroskopsko tehniko. Na širšem področju fizike kvantnih nečistoč je bil poudarjen pomen proučevanja transportnih lastnosti kvantnih pik pri končnih temperaturah (namesto idealiziranih problemov pri temperaturi 0, ko je sistem v osnovnem stanju), ter pomen opravljanja izračunov za modele, ki vključujejo vse fizikalne interakcije (ki lahko med seboj tekmujejo). Tudi tu se je metoda NRG izkazala kot eno izmed redkih orodij, ki to omogočajo, zato je bilo možno priti do pravih rezultatov pri številnih problemih, kjer druge metode dajo napačne in zavajajoče rezultate. Pomemben prispevek projekta za razvoj znanosti je torej razvoj metode in njene implementacije, ki lahko da dokončne odgovore namesto približnih (za katere se pogosto izkaže, da niso zadostni).

ANG

During the past years, the exceptional role and applicability of the numerical renormalization group (NRG) methods for solving quantum impurity problems was demonstrated. The implementation of this technique in the form of the NRG Ljubljana package has been namely applied to a number of problems; in addition to the problems within the specific scope of this particular research project also some more general problems have been tackled. In the field of magnetic atoms and nanostructures on metal surfaces, the NRG method has been applied to show that it is possible to very accurately study magnetic impurities if they are adsorbed on superconductor surfaces, since at low energies the spectra exhibit sharp resonances which may be detected using the low-temperature tunneling spectroscopy. Such resonances have in fact already been detected, but they have been incorrectly interpreted in published works. Combining experimental results and numerical calculations, it should be possible to extract such fundamental properties of the impurities as their spin, magnetic anisotropy and exchange interactions. This procedure could well be developed into a new spectroscopic technique. In the wider field of quantum impurity physics, the role of the finite

temperature effects in the transport properties of quantum dots has been emphasized (which can change the transport characteristics as compared to the zero temperature), as well as the importance of taking into account all the physical interactions which might be in competition. Here as well, the NRG method has proved to be one of the very few tools which make it possible to perform such computations, therefore it was possible to obtain correct results for a number of problems where competing methods provide wrong or misleading results. An important contribution to the science is thus the development of the method and its implementation which may give definitive answers rather than approximate ones (which later often turn out to be insufficient).

10.2. Pomen za razvoj Slovenije¹¹

SLO

Rezultati, ki so nastali v okviru projekta, so bili objavljeni v prestižnih mednarodnih znanstvenih revijah, kar prispeva k promociji države. Sodeč po zanimanju iz tujine se je povečala uporaba paketov "SNEG" in "NRG Ljubljana", kar je vodilo tudi že v vzpostavitev več mednarodnih sodelovanj, pri katerih so igrali ključno vlogo ravno izračuni, opravljeni z omenjenima paketoma. To seveda krepi vpetost Slovenije v mednarodni raziskovalni prostor.

ANG

The results established within the scope of the projects have been published in prestigious international scientific journals, which contributes to the promotion of the country. The increased interest from abroad indicates more widespread use of the packages "SNEG" and "NRG Ljubljana", which has furthermore lead to several international cooperation, in which calculations based on the mentioned packages played a key role. This strengthens the position of Slovenia in the international research community.

11. Samo za aplikativne projekte!

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

Cilj		
F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE

	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.19	Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.20	Ustanovitev novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.21	Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.22	Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	

	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.25 Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev		
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.26 Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev		
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.27 Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine		
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.28 Priprava/organizacija razstave		
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.29 Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete		
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.30 Strokovna ocena stanja		
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.31 Razvoj standardov		
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.32 Mednarodni patent		
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.33 Patent v Sloveniji		
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>

	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

Komentar

12.Samo za aplikativne projekte!

Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visoko-šolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.12.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.04.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01.	Dvig kvalitete življenja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.06.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete					
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj					
G.07	Razvoj družbene infrastrukture					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva					
G.09.	Drugo:					

Komentar

--

13.Pomen raziskovanja za sofinancerje¹²

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

C. IZJAVE

Zaključno poročilo o rezultatih raziskovalnega projekta - 2012

Podpisani izjavljam/o, da:

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

Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba
raziskovalne organizacije:*

in

vodja raziskovalnega projekta:

Institut "Jožef Stefan"

Rok Žitko

ŽIG

Kraj in datum:

Ljubljana	3.3.2012
-----------	----------

Oznaka prijave: ARRS-RPROJ-ZP-2012/11

¹ Zaradi spremembe klasifikacije je potrebno v poročilu opredeliti raziskovalno področje po novi klasifikaciji FOS 2007 (Fields of Science). Prevaljalna tabela med raziskovalnimi področji po klasifikaciji ARRS ter po klasifikaciji FOS 2007 (Fields of Science) s kategorijami WOS (Web of Science) kot podpodročji je dostopna na spletni strani agencije (<http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/sifranti/preslik-vpp-fos-wos.asp>). [Nazaj](#)

² Napišite povzetek raziskovalnega projekta (največ 3.000 znakov v slovenskem in angleškem jeziku) [Nazaj](#)

³ Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega projekta in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁴ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11) [Nazaj](#)

⁵ V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega projekta, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega projekta oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine v zadnjem letu izvajanja projekta (obrazložitev). V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁶ Znanstveni in družbeno-ekonomski dosežki v programu in projektu so lahko enaki, saj se projektna vsebina praviloma nanaša na širšo problematiko raziskovalnega programa, zato pričakujemo, da bo večina izjemnih dosežkov raziskovalnih programov dokumentirana tudi med izjemnimi dosežki različnih raziskovalnih projektov.

Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A" ali A'. [Nazaj](#)

⁷ Znanstveni in družbeno-ekonomski dosežki v programu in projektu so lahko enaki, saj se projektna vsebina praviloma nanaša na širšo problematiko raziskovalnega programa, zato pričakujemo, da bo večina izjemnih dosežkov raziskovalnih programov dokumentirana tudi med izjemnimi dosežki različnih raziskovalnih projektov.

Družbeno-ekonomski rezultat iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A" ali A'.

Družbenoekonomski 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 ekonomsko relevantnega 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. v preteklem letu vodja meni, da je izjemen dosežek to, da sta se dva mlajša sodelavca zaposlila v gospodarstvu na pomembnih raziskovalnih nalogah, ali ustanovila svoje podjetje, ki je rezultat prejšnjega dela ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)

⁸ Navedite rezultate raziskovalnega projekta iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 7 in 8 (npr. ker se ga v sistemu COBISS ne vodi). Največ 2.000

Zaključno poročilo o rezultatih raziskovalnega projekta - 2012

znakov vključno s presledki. [Nazaj](#)

⁹ Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://sicris.izum.si/> za posamezen projekt, ki je predmet poročanja [Nazaj](#)

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

¹¹ Največ 4.000 znakov vključno s presledki [Nazaj](#)

¹² Rubrike izpolnite / prepisite skladno z obrazcem "izjava sofinancerja" <http://www.arrs.gov.si/sl/progproj/rproj/gradivo/>, ki ga mora izpolniti sofinancer. Podpisan obrazec "Izjava sofinancerja" pridobi in hrani nosilna raziskovalna organizacija – izvajalka projekta. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-RPROJ-ZP/2012 v1.00

11-51-36-28-BE-AF-81-38-E7-A4-62-51-72-E3-8B-BC-29-93-9B-92