

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2011-1/230

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	J1-0747
Naslov projekta	Spinski kvantni biti na podlagi ogljikovih nanocevk
Vodja projekta	4544 Anton Ramšak
Tip projekta	J Temeljni projekt
Obseg raziskovalnih ur	4.650
Cenovni razred	C
Trajanje projekta	02.2008 - 01.2011
Nosilna raziskovalna organizacija	106 Institut "Jožef Stefan"
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	
Družbeno-ekonomski cilj	13. Splošni napredek znanja - RiR financiran iz drugih virov (ne iz splošnih univerzitetnih fondov - SUF)

1.1. Družbeno-ekonomski cilj¹

Šifra	13.01
Naziv	Naravoslovne vede - RiR financiran iz drugih virov (ne iz SUF)

2. Sofinancerji²

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

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega projekta³

Napredek na področju nanotehnologije je omogočil metode, s pomočjo katerih je danes možno nadzirati in upravljati z elektronskim spinom na način, ki si ga do pred kratkim sploh ni bilo možno zamisliti. Potencialna uporaba, ki sledi iz raziskav na tem področju, obeta popolnoma nove možnosti obravnave snovi na nanoskopskem nivoju. Hkrati pa nudi možnosti za testiranje obstoječih teorij in naše razumevanje kvantnih lastnosti snovi na nanometrski skali. Med različnimi možnimi uporabami sta transport elektronov in obdelava informacij s kvantnimi metodami dve področji, ki se zelo hitro razvijata tako glede teoretičnih kot tudi eksperimentalnih metod. Obe uporabi imata revolucionarni tehnološki pomen, saj na primer Moorov zakon elektronike vodi do miniaturizacije elektronskih komponent do molekularne velikosti, kjer se odprejo popolnoma novi problemi fizike, kemije, biologije in znanosti o materialih, ki jih trenutna tehnologija brez dodatnih raziskav ne obvladuje. Uspešna rešitev tehnoloških problemov na tem področju bi odprla pot k povsem novim napravam, ki bi omogočile realizacijo koncepta kvantnega računalništva.

Možnost kvantnega računanja je povzročila po svetu izbruh raziskovalnih dejavnosti, ki še vedno narašča. Problemi, ki bodo postali obvladljivi s to tehnologijo, so faktoriziranje velikih števil (kriptografija), hitro iskanje po podatkovnih bazah in kvantna simulacija procesov, hitro računanje in obdelava podatkov ter modeliranje materialov in elektronskih naprav. Spin elektronov predstavlja privlačno možnost realizacije kvantnih bitov v napravah temelječih na trdni snovi. Ena od možnosti je litografska tehnologija na polprevodnikih, druga možnost so molekularni sistemi, predvsem na osnovi ogljika. Vse kaže, da trenutno ogljikovi nanomateriali največ obetajo zaradi svoje enostavnosti dosegljive možnosti uporabe.

Glavni cilj predlagane teoretične raziskave je bil razvoj numeričnih postopkov za ustvarjanje, analizo in kontrolo spinske in nabojne kvantne prepletenosti (entanglement) elektronov v ogljikovih nanostrukturah. Poudarek je bil na analizi izvedljivosti eksperimentalne detekcije prepletenosti kvantnih bitov in to tako statičnih kot dinamičnih (letečih).

Gradniki, ki smo jih v okviru raziskovalnega projekta razvili, vsebujejo:

- (i) metodo za določevanje enoelektronskih vezanih in sipalnih stanj v linearnih sistemih kot model realističnih ogljikovih nanostruktur;
- (ii) metodo za dvoelektronski sipalni problem z možnostjo kontrole sklopitve med dvema elektronom;
- (iii) analizo kontrolirane kvantne prepletenosti med dvema in več elektroni (leteči in statični kvantni biti);
- (iv) analizo vpliva okolja na dekoherenco kvantne prepletenosti, še posebej zaradi Kondovega pojava in fononskih procesov;
- (v) formalizem za obravnavo kvantne prepletenosti qubitnih parov v strukturah, kjer so pričakovane velike fluktuacije naboja.
- (vi) razvoj novih numeričnih metod za analizo sistemov močno sklopljenih elektronov.

Znano je, da močna medelektronska sklopitev lahko bistveno spremeni vedenje elektronov in lahko povzroči nastanek novih zanimivih faz, ki se v splošnem kažejo s spremenjenimi medelektronskimi korelacijami. V nanoskopskih sistemih se močna elektronsko-elektronska sklopitev in kvantizacije elektronskih stanj pojavita, ker so v njih elektroni omejeni na mala območja. Močne korelacije povzročijo tudi zanimive večdelčne elektronske faze. Primer takega obnašanja je Kondov pojav v nemagnetnih kovinah z magnetnimi primesmi, ki je posledica antiferomagnetne sklopitve med magnetno nečistočo in prevodniškimi elektroni v Fermijevem morju matične kovine. V kontekstu nanoskopskih sistemov tudi pride do Kondovega pojava, pri čimer pa vlogo orbital magnetne nečistoče prevzamejo orbitale kvantne pike (oz. bolj splošno, katero koli področje, ki je omejeno v smeri vseh treh prostorskih osi), vlogo matične kovine pa kar kovinske elektrode, na katere je kvantna pika priključena.

Cilji (i)-(iii):

Endoedrični fullereni, eni izmed možnih sistemov za shranjevanje

kvantnih informacij, vsebujejo dodatni atom, ki ga objema ogljikova krogla. Poskusno pokazali, da se kovinski atomi postavijo v lego izven središča, zatostojijo v anizotropni okolici. Poleg tega so dopanti pogosto relativnotežki atomi (denimo lantanidi), pri katerih je sklopitev spin-tir pomembna.

V takšnih pogojih lahko postanejo učinki magnetne anizotropije veliki. Z uporabo metod numerične renormalizacijske grupe smo proučili relevantne spinske modele, ki vključujejo člene magnetne anizotropije. Z numeričnimi postopki smo izračunali termodinamske lastnosti (magnetno susceptibilnost, entropijo) ter dinamične lastnosti (spektralno funkcijo, dinamično spinsko susceptibilnost) za različne spine in različne vrste magnetne anizotropije. Tako smo določili splošne lastnosti celotne družine modelov, razkrili smo razlike med celošteviliškimi in polcelošteviliškimi spini, ter določili efektivno nizkoenergijsko Hamiltoniana, ki opisuje obnašanje pri nizki temperaturah. Ti rezultati so razkrili, da se planarno-anizotropni $S=3/2$ model (primeren za nečistoče kobalta) obnaša pri nizkih temperaturah kot močno anizotropen $S=1/2$ Kondov model; to je v skladu s tunelsko spektroskopijo, opravljeno nad posameznimi atomi Co, adsorbiranimi na izolatorskih otočjih na površinah kovin. Objava 6.1.

V geometrijah, kjer so nekatere izmed kvantnih pik na ogljikove nanocevice sklopljene stransko, lahko v določenih območjih parametrov postanejo relevantne energijske oz. temperaturne skale izjemno (eksponentno) nizke, zato je nesmiselno v takšnih sistemih proučevati transportne lastnosti pri temperaturi 0, kar je pogost približek. Upoštevati je treba celotni spekter vzbuditev sistema in linearno prevodnost računati iz spektralne funkcije, dobljene pri končnih temperaturah. Izkaže se, da so v sistemih z šibko sklopljenimi stranskimi pikami, rezultati pri končnih temperaturah bistveno drugačni kot pri $T=0$ in se boljje ujemajo z nedavnimi eksperimentalnimi meritvami [Phys. Rev. B 81, 115316 (2010)]. Proučili smo tudi transportne lastnosti dveh zaporedno sklopljenih kvantnih pik z zelo močno odbojno interakcijo U in ugotovili, da tudi v limiti, ko gre U proti neskončno, obstaja med pikama antiferomagnetna sklopitev, ki nastane zaradi RKKY interakcij v priključkih, ki so šestega reda po parametrih preskakovanja elektronov. Objava 6.4.

Cilj (iv):

Pri analizi električne prevodnosti skozi sisteme kvantnih pik, kjer so pomembne fononske vibracije, smo pojasnili nastanek dinamičnega zloma simetrije, ki ima za posledico drastičen upad prevodnosti in smo predlagali ustrezeni eksperiment, s katerim bi se ta napoved lahko preverila. Sistemi, pri katerih bo ta pojav še posebej pomemben, so molekule, ki lahko spreminjajo obliko in tudi take, ki lahko nihajo med kontaktoma. V primeru vibracij s spreminjanjem oblike se bo prevodnost osredotočila na področje, kjer je elektronska zasedenost molekule blizu liho-številčnemu osnovnemu naboju. Če molekula lahko niha med kontaktoma, se bo pri dovolj veliki sklopitvi med elektroni in fononi prilepila na eno od elektrod, kar ima za posledico skoraj nezvezen vpad prevodnosti. Podoben pojav pričakujemo pri drobnih nano elektronsko-mehanskih napravah, kjer deli lahko nihajo in hkrati prevajajo električni tok. Takšne naprave bodo sestavljale dele občutljivih senzorjev, kjer bo prevodnost naprave zelo občutljiva na vpliv sklopitve med elektroni in fononskimi prostostnimi stopnjami. Objava 6.2.

Cilj (v):

Obravnavali smo kvantno prepletenost spinskih kubitov v sistemih pri končni temperaturi, v zunanjem magnetnem polju in sklopljenih na okolico z izmenjavo naboja. Rezultati so pomembni za razumevanje dekoherence pri načrtovanju nano naprav, kot so visoko občutljivi senzori in spominski elementi kvantnih računalnikov. Kot poseben rezultat nam je uspelo izpeljati formulo za kvantno prepletenost dveh spinskih kubitov v sistemu, kjer se ohranja kvadrat projekcije skupne spinske vrtilne količine, kar predstavlja najsplošnejši analitično rešljiv primer prepletenosti dveh kvantnih bitov. Ta rezultat je točen tudi v področju končnih temperatur in celo v anizotropnem magnetem polju in predstavlja osnovo za naše nadaljne raziskave dekoherence kvantnih bitov. Objava 6.3.

Cilj (vi):

Pravilen opis prevodnika z močnimi korelacijami ni enostaven, saj je treba hkrati upoštevati lokalno atomsko fiziko in itinerantno naravo prevodniških elektronov. Zato smo problem obravnavali z metodo v kateri se teorija gostotnih funkcionalov

razširi s teorijo dinamičnega povprečnega polja (ang. dynamical mean-field theory, DMFT), ki omogoča hkrati realistični opis atoma in elektronskih pasov, saj je točna v limiti posamičnega atoma in v limiti brez Coulombske sklopitve. V delu, objavljenem v "J. Mravlje et al. Phys. Rev. Lett. 106, 096401 (2011)", smo z uporabo LDA+DMFT pokazali, da se močne korelacije pojavijo kljub močno zmanjšani Coulombski interakciji kot posledica Hundove sklopitve. Nepričakovano večjo renormalizacijo za xy orbitale smo povezali z bližino van-Hovejeve singularnosti. Pokazali smo tudi, da oba mehanizma zmanjšata koherentno temperaturo nad katero snov preide iz nizkotemperaturnega obnašanja značilnega za Fermijeve tekočine v visokotemperaturni nekoherentni režim za katerega so značilni Curiejev magnetni odziv in velike vrednosti upornosti nad Mottovo limito. Izračunane efektivne mase se odlično ujemajo z izmerjenimi. Izračunali smo tudi nekaj drugih opazljivk in ugotovili dobro ujemanje izračunanih spektralnih funkcij z meritvami kotno občutljive foto emisije (ARPES) in magnetnega odziva z meritvami nuklearne magnetne resonance (NMR) in neelastičnega nevtronskega sipanja. Objava 6.5.

4. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev⁴

Vsebinskih sprememb programa ni bilo potrebno narediti in vsi cilji projekta so bili izpolnjeni.

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

Sestava skupine se je spreminjala zaradi odhodov (in povratkov) dr. Jerneja Mravljeta in dr. Roka Žitka na začasno podoktorsko delo v tujino, kar pa ni vplivalo na stopnjo realizacije ciljev projekta.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁶

Znanstveni rezultat		
1.	Naslov	<i>SLO</i> Lastnosti neizotropnih magnetnih nečistoč na površinah
		<i>ANG</i> Properties of anisotropic magnetic impurities on surfaces
Opis	<i>SLO</i>	Najmanjši sistem, v katerem je možno shranjevati in obdelovati informacije z uporabo magnetnih stanj, je posamezen atom. Pri tem igra ključno vlogo magnetna anizotropija, ki določa energijsko prepreko med degeneriranimi osnovnimi spinskimi stanji. V članku smo kot prvi proučili vlogo magnetne anizotropije v posameznih magnetnih atomih, adsorbiranih na tankih izolatorskih otokih na površinah kovin. Določili smo, pod katerimi pogoji pride do Kondovega pojava.
	<i>ANG</i>	The smallest system for storing and processing information using the magnetic states is a single atom. The magnetic anisotropy plays an essential role here, since it defines the energy barrier between the degenerate ground states of the spin. We have studied for the role of the magnetic anisotropy in single magnetic atoms adsorbed on an ultra-thin insulating barrier on metal surfaces. We have established under which conditions the Kondo effect can occur.
	Objavljeno v	R. Žitko, R. Peters, Th. Pruschke, Phys. Rev. B 78, 224404 (2008).
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID	22427175
2.	Naslov	<i>SLO</i> Kondov pojav in mešanje kanalov v oscilirajočih molekulah
		<i>ANG</i> Kondo effect and channel mixing in oscillating molecules
Opis	<i>SLO</i>	Preiskovali smo transport elektronov skozi molekulo v Kondovem režimu. Oscilacije molekule med elektrodami vplivajo na prekrivanje med molekulo in elektrodami, tako da se tuneliranje v bližnjo elektrodo poveča in v oddaljeno zmanjša. Ob tem se molekularna orbitala sklopi tudi na lih prevodni kanal. Ob kritični vrednosti elektronsko-fononske sklopitve se pojavi značilna

			Kondovo dvo-kanalna fiksna točka. Za bolj realistične modulacije se ta fiksna točka ne pojavi, spin pa je zasenčen izključno pod vplivom sodega kanala.
		ANG	The electronic transport through a molecule in the Kondo regime is investigated. The tunneling between the electrode and the molecule is asymmetrically modulated by the oscillations of the molecule. If the molecule gets closer to one of the electrodes the tunneling to that electrode will increase and at the critical value of the electron-phonon coupling an unstable two-channel Kondo fixed point is found.
	Objavljeno v		J. Mravlje and A. Ramšak, Phys. Rev. B 78, 235416 (2008).
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		2143332
3.	Naslov	SLO	Kvantna prepletenost parov elektronov v večdelčnih sistemih
		ANG	Entanglement of electron pairs extracted from a many-body system
	Opis	SLO	Analizirali smo kvantno prepletenost dveh elektronov, pridobljenih iz mešanega večelektronskega sistema, s tem, da smo celotni sistem projicirali na dvo-spinski prostor. Kot primer uporabe dobljenih formul smo predstavili rezultate za anizotropni Heisenbergov model z dodatno sklopitvijo Dzyaloshinskii-Moriya, nehomogenim zunanjim magnetnim poljem in končno temperaturo.
		ANG	Entanglement of spins is analyzed for two electrons extracted from a mixed many electron state by projecting onto the two-electron subspace. As an example, the thermal entanglement for a qubit pair with an anisotropic Heisenberg and the Dzyaloshinskii-Moriya interactions in an inhomogeneous magnetic field is given analytically.
	Objavljeno v		A. Ramšak, J. Mravlje, T. Rejec, and A. Lautar, Europhys. Lett. 86, 40003 (2009).
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		22644775
4.	Naslov	SLO	Fano-Kondov pojav v stransko sklopljeni dvojni kvantni piki pri končnih temperaturah in vloga dvostopenjskega Kondovega senčenja
		ANG	Fano-Kondo effect in side-coupled double quantum dots at finite temperatures and the importance of the two-stage Kondo screening
	Opis	SLO	Odkloni od Fanovih resonančnih črt pri sipanju na šibko stransko sklopljenih kvantnih pika lahko nastanejo le zaradi korelacij ali zaradi termičnih učinkov; v splošnem sta oba razloga za odklone pomembna. Antiresonanco v transportnih meritvah na stransko sklopljeni dvojni kvantni piki lahko razložimo v okviru teorije dvo-stopenskega Kondovega senčenja.
		ANG	The deviations from the Fano resonance profile in scattering on weakly side-coupled quantum dots can only arise from correlation or from thermal effects; in general, both sources of deviations are important. The antiresonance in the transport experiments in side-coupled double quantum dot may be explained in terms of the two-stage Kondo screening with the experimental temperature between the two different Kondo scales.
	Objavljeno v		R. Žitko, Phys. Rev. B 81, 115316 (2010)
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		23480103
5.	Naslov	SLO	Prehod med koherentnim in nekoherentnim območjem efektivne mase v spojini Sr ₂ RuO ₄
		ANG	Coherence-Incoherence Crossover and the Mass-Renormalization Puzzles in Sr ₂ RuO ₄
	Opis	SLO	Z uporabo numeričnih metod LDA+DMFT smo pokazali, da se močne korelacije pojavijo kljub močno zmanjšani Coulombski interakciji kot posledica Hundove sklopitve. Nepričakovano večjo renormalizacijo za xy orbitale smo povezali z bližino van-Hovejeve singularnosti. Pokazali smo tudi, da oba mehanizma zmanjšata koherentno temperaturo nad katero snov preide iz nizkotemperaturnega obnašanja značilnega za Fermijeve tekočine v visokotemperaturni nekoherentni režim za katerega so značilni Curiejev magnetni odziv.

	ANG	We calculate the electronic structure of Sr ₂ RuO ₄ , treating correlations within dynamical mean-field theory. The approach successfully reproduces several experimental results and explains the key properties of this material: the anisotropic mass renormalization of quasiparticles and the crossover into an incoherent regime above a low temperature scale. While the orbital differentiation originates from the proximity of the van Hove singularity, strong correlations are caused by the Hund's coupling.
Objavljeno v		J. Mravlje, M. Aichhorn, T. Miyake, K. Haule, G. Kotliar, and A. Georges Phys. Rev. Lett. 106, 096401 (2011)
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID		24640039

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine⁶

Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat			
1.	Naslov	SLO	Vpliv sklopitve Dyzalošinskii-Moriya na kvantno prepletenost dveh elektronov
		ANG	The influence of the Dyzalošinskii-Moriya interaction on quantum entanglement of two electrons
	Opis	SLO	A. Ramšak je bil mentor pri diplomskem delu, kjer je kandidat Tilen Čadež obravnaval sisteme, ki sodijo v okvir raziskovalnega programa in so tudi sestavni del raziskav v okviru usposabljanja Tilna Čadeža kot MR pod mentorstvom A. Ramšaka.
		ANG	A. Ramšak was supervisor at diploma thesis, where the candidate Tilen Čadež has investigated a system relevant to the current research project and this research are included the framework of his MR study under the supervision of A. Ramšak.
	Šifra		D.09 Mentorstvo doktorandom
	Objavljeno v		Fakulteta za matematiko in fiziko, Univerza v Ljubljani, Ljubljana 2008.
	Tipologija		2.11 Diplomsko delo
	COBISS.SI-ID		2108772
2.	Naslov	SLO	
		ANG	
	Opis	SLO	
		ANG	
	Šifra		
	Objavljeno v		
	Tipologija		
	COBISS.SI-ID		
3.	Naslov	SLO	
		ANG	
	Opis	SLO	
		ANG	
	Šifra		
	Objavljeno v		
	Tipologija		
	COBISS.SI-ID		
4.	Naslov	SLO	
		ANG	
	Opis	SLO	
		ANG	
	Šifra		

	Objavljeno v	
	Tipologija	
	COBISS.SI-ID	
5.	Naslov	SLO
		ANG
	Opis	SLO
		ANG
	Šifra	
	Objavljeno v	
	Tipologija	
	COBISS.SI-ID	

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁸

--

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁹

9.1. Pomen za razvoj znanosti¹⁰

SLO

Projekt je pomembno pripomogel k razumevanju magnetnih pojavov v najmanjših nanostrukturah, ki so namenjene shranjevanju in procesiranju kvantnih informacij, saj smo kot prvi proučili prepletanje učinkov magnetne anizotropije in sklopitve magnetnega momenta s prevodniškimi elektroni. Do sedaj so namreč prevladovali modeli, v katerih se je privzelo izotropnost v spinskem prostoru, navkljub dejstvu, da so v sistemih z majhno simetrijo (kar velja za posamezne magnetne atome na površinah prevodnih materialov ali v notranjosti nanostruktur), učinki magnetne anizotropije zelo veliki. Izračuni se dobro ujemajo z nedavnimi meritvami magnetnih lastnosti posameznih atomov s pomočjo tunelskih mikroskopov, ki jih opravljajo v razvojnih laboratorijih IBM Almaden v ZDA. Boljše razumevanje učinkov magnetne anizotropije v posameznih atomih daje vpogled v magnetizem nanostruktur, kar je ključnega pomena za nadaljnjo miniaturizacijo elektronskih naprav; če bi uspelo povečati magnetno anizotropijo še za kakšen velikostni red, denimo z izmenjalnim sklapljanjem med posameznimi močno anizotropnimi atomi, bi bilo možno opravljati poskuse tudi pri temperaturah blizu sobne temperature (danes potekajo v kriogenem okolju).

ANG

The project has contributed in an important way to the understanding of the magnetic properties of the smallest nanostructures for the storage and processing of quantum information. We have namely explored the interplay of the magnetic anisotropy effects and the coupling of the magnetic moment with the conduction-band electrons. Formerly, the majority of theoretical models were derived assuming isotropy in the spin space, in spite of the fact that in systems with strongly reduced symmetry (which is the case for single magnetic atoms on surfaces of conducting materials and in the interior of nanostructures) the magnetic anisotropy effects are very large. The results of our calculations are in good agreement with recent measurements of magnetic properties of single atoms using tunneling microscopes, performed in the facilities of IBM Research, Almaden, USA. Better understanding of the magnetic anisotropy in single atoms sheds new light on the magnetism of nanostructures, which is of major importance for continued miniaturization of electronic devices; if the magnetic anisotropy would be increased for another order of magnitude, for example by exchange coupling between strongly anisotropic atoms, it would be conceivable to perform experiments at temperatures approaching the room temperature (today the experiments are performed in cryogenic environment).

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹¹

SLO

Rezultati projekta so pomembni za razpoznavnost Slovenije, saj postavljajo Slovenijo na zemljevid držav z razvitimi metodami in postopki za raziskovanje najzahtevnejših problemov s področja fizike spinskih stanj v nanostrukturah.

ANG

The results of the project are significant for the perception of Slovenia in the international community, as they have established Slovenia's position among the countries with well developed methods and procedures for studying some of the most demanding problems in the field of spin physics in nanostructures.

10. Samo za aplikativne projekte!

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

Cilj		
F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>

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

F.18	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/varovanju naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE

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

Komentar

11. Samo za aplikativne projekte!

Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visoko-šolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.12.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.04.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01	Dvig kvalitete življenja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.06.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete					
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	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.09.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

Komentar

--

12. Pomen raziskovanja za sofinancerje, navedene v 2. točki [12](#)

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

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

C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

- so vsi podatki, ki jih navajamo v poročilu, resnični in točni
- se strinjamo z obdelavo podatkov v skladu z zakonodajo o varstvu osebnih podatkov za potrebe ocenjevanja, za objavo 6., 7. in 8. točke na spletni strani <http://sicris.izum.si/> ter obdelavo teh podatkov za evidence ARRS
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v pisni obliki
- so z vsebino zaključnega poročila seznanjeni in se strinjajo vsi soizvajalci projekta

Podpisi:

Anton Ramšak	in	
podpis vodje raziskovalnega projekta		zastopnik oz. pooblaščenca oseba RO

Kraj in datum:

Ljubljana

20.4.2011

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2011-1/230

¹ Zaradi spremembe klasifikacije družbeno ekonomskih ciljev je potrebno v poročilu opredeliti družbeno ekonomski cilj po novi klasifikaciji. [Nazaj](#)

² Samo za aplikativne projekte. [Nazaj](#)

³ Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja ter rezultate in učinke raziskovalnega projekta. Največ 18.000 znakov vključno s presledki (približno tri strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

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 Navedite največ pet najpomembnejših znanstvenih rezultatov projektne skupine, ki so nastali v času trajanja projekta v okviru raziskovalnega projekta, ki je predmet poročanja. Za vsak rezultat navedite naslov v slovenskem in angleškem jeziku (največ 150 znakov vključno s presledki), rezultat opišite (največ 600 znakov vključno s presledki) v slovenskem in angleškem jeziku, navedite, kje je objavljen (največ 500 znakov vključno s presledki), izberite ustrezno šifro tipa objave po Tipologiji dokumentov/del za vodenje bibliografij v sistemu COBISS ter napišite ustrezno COBISS.SI-ID številko bibliografske enote.

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

PRIMER (v slovenskem jeziku):

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

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

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

Tipologija: 1.01 - Izvirni znanstveni članek

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

⁷ Navedite največ pet najpomembnejših družbeno-ekonomsko relevantnih rezultatov projektne skupine, ki so nastali v času trajanja projekta v okviru raziskovalnega projekta, ki je predmet poročanja. Za vsak rezultat navedite naslov (največ 150 znakov vključno s presledki), rezultat opišite (največ 600 znakov vključno s presledki), izberite ustrezen rezultat, ki je v Sifrantu raziskovalnih rezultatov in učinkov (Glej: <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/sifranti/sif-razisk-rezult.asp>), navedite, kje je rezultat objavljen (največ 500 znakov vključno s presledki), izberite ustrezno šifro tipa objave po Tipologiji dokumentov/del za vodenje bibliografij v sistemu COBISS ter napišite ustrezno COBISS.SI-ID številko bibliografske enote.

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

⁸ Navedite rezultate raziskovalnega projekta v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 6 in 7 (npr. ker se ga v sistemu COBISS ne vodi). Največ 2.000 znakov vključno s presledki. [Nazaj](#)

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

Obrazec: ARRS-RPROJ-ZP/2011-1 v1.01

2D-3F-EF-EC-02-56-A2-20-00-99-4C-37-AB-D5-47-EE-C1-24-03-45