

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2015/161



## ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

### A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

#### 1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

<b>Šifra projekta</b>	J2-4316
<b>Naslov projekta</b>	Novi funkcionalizirani nanomateriali za uporabo kot nano- ali biosenzorji/aktuatorji /bioodzivni dostavni sistemi
<b>Vodja projekta</b>	11517 Marjan Bele
<b>Tip projekta</b>	J Temeljni projekt
<b>Obseg raziskovalnih ur</b>	7560
<b>Cenovni razred</b>	C
<b>Trajanje projekta</b>	07.2011 - 06.2014
<b>Nosilna raziskovalna organizacija</b>	104 Kemijski inštitut
<b>Raziskovalne organizacije - soizvajalke</b>	106 Institut "Jožef Stefan"
<b>Raziskovalno področje po šifrantu ARRS</b>	2 TEHNIKA 2.04 Materiali 2.04.01 Anorganski nekovinski materiali
<b>Družbeno-ekonomski cilj</b>	07. Zdravje
<b>Raziskovalno področje po šifrantu FOS</b>	2 Tehniške in tehnološke vede 2.10 Nanotehnologija

### B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

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

SLO

Precejšen napredek v zadnjih desetih letih v znanosti nanostrukturnih materialov, inteligentnih dostavnih sistemov, matematičnega modeliranja in računske tehnike nam daje možnost načrtovanja, izdelave in optimizacije funkcionalnih materialov za zelene aplikacije.

Projekt zajema vse stopnje priprave in evalvacije magnetnih nanocevk z različnimi karakteristikami in njihovo uporabo kot dostavni sistem za ciljno dostavo zdravilnih učinkovin. Poseben primer takega sistema predstavljajo nanocevke z oblikovnim spominom, ki smo jih oplaščili s pomočjo silicijevega dioksida. Nanokompozitni material omogoča transport učinkovin in njihovo sproščanje z oddaljeno aktivacijo z magnetnim poljem, ki ga ustvari slikanje z magnetno resonanco (magnetic resonance imaging - MRI).

Za razliko od dosedanjih tehnologij za ciljno dostavo učinkovin, predlagamo dinamičen nanosistem, ki lahko pretvori magnetno energijo v mehanično delo. Fazni prehod vodi v deformacijo nanocevk, ki zlomi matrico kserogela v nadzorovanem načinu, čemur sledi sproščanje vgrajene učinkovine. Nova aplikacija tega posebnega fizikalnega fenomena omogoča resnično programiran, od učinkovine neodvisen, ciljan dostavni sistem, ki združuje znanja iz znanosti materialov, kemije, biologije, farmakologije in fizike s končno aplikacijo v onkološke namene. Pri tem je seveda potrebno poudariti, da bodo številna dognanja ključna za razvoj tudi drugih povezanih znanosti.

Poleg razvoja magnetnih nanocevk smo proučili tudi koncept nadzorovanega sproščanja modelnih učinkovin iz mezoporoznih silikatnih nanodelcev. Z našimi modelnimi sistemi smo pokazali možnosti regulacije hitrosti transporta modelne učinkovine iz nosilca v medij in vpliv velikosti funkcionalnih skupin na površini silikata na količino zadržane modelne učinkovine v porah. Pri proučevanju vpliva velikosti organskih funkcionalnih skupin na površini silikata, ki omogočajo nadzorovano sproščanje modelnih učinkovin iz por nanodelcev smo ugotovili, da so nanodelci z manjšimi funkcionalnimi skupinami bolj učinkoviti pri preprečevanju prezgodnjega sproščanja, in da lahko ob dodatku reducenta kot dejavnika ti delci sprostijo večje količine učinkovine kot delci z večji skupinami.

Nadalje smo pokazali, da lahko z izbiro primernih funkcionalnih skupin na silikatu vplivamo na hitrost sproščanja modelne učinkovine iz por ob enako močnem dejavniku. Najobetavnejši sistem smo testirali na živalskem modelu - ribah zebričah (*Danio rerio*). Testi so pokazali, da je material biokompatibilen, kar je izrednega pomena za uporabo takšnih delcev za nosilce zdravilnih učinkovin pri zdravljenju bolezni.

Nenazadnje, so razviti modelni sistemi odlična platforma za testiranje novih bodočih inteligentne dostave zdravilnih učinkovin, s čemer bodo odmevali še veliko dlje kot sprva predvideno.

ANG

Significant progress during the last decade in the science of nanostructured materials, intelligent delivery systems, mathematical modeling and computational techniques represents a huge potential to design, manufacture and optimization of functional materials for the desired application.

The project covers all stages of preparation and evaluation of magnetic nanotubes with different characteristics and their use as a delivery system for targeted delivery of active ingredients. A specific example of such a system are nanotubes with shape memory, which are coated with a layer of silicon dioxide. The nano-composite material is synthesized to be able to carry potent drugs that can be released upon remote activation by a moderate magnetic field generated by the magnetic resonance imaging (MRI).

Unlike the current technologies used for targeted drug delivery, we propose a nanodynamic system that can change magnetic energy into mechanical work. The phase transition leads to a strain in the nano-rods that breaks the silicon dioxide matrix in a controlled manner leading to a subsequent release of the incorporated drug. This novel application of a unique physical phenomenon allows for a truly programmable, drug independent, open loop, targeted delivery system exploiting the convergence of nano-scale material science, chemistry, biology, pharmacology, and physics with a final application in oncology purposes. It is of course necessary to point out that a number of scientific considerations are important for the development of other related sciences.

In addition to the development of magnetic nanotubes, we explored the concept of

controlled release of active model of mesoporous silicate nanoparticles. With tested model systems, it is shown the possibility of regulating the transport velocity of model substance from the carrier into medium solution and size impact of functional groups on the surface of the silicate on the amount of stained model substance in the pores. By studying the impact of the size of the organic functional groups on the surface of the silicate, we have found that the nanoparticles with smaller functional groups are more effective in preventing premature release. By addition of a reducing agent such particles can release greater amounts of substances as particles with larger groups.

Furthermore, it is shown that by selecting suitable functional groups in the silicate matrix the rate of release of model active ingredient from the pores can be controlled. The most promising system was tested in model live organisms - zebrafish (*Danio rerio*). Tests have shown that the material is biocompatible, which is of big importance for the use of such particles as the carriers of the active substances in the treatment of disease.

Finally, the developed model system is an excellent platform for testing new intelligent drug delivery, which will resound much longer than originally anticipated.

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

Učinek magnetnega oblikovnega spomina, vezan na fazno premeno avstenitne kubične faze v martenzitno tetragonalno fazo, je izredno občutljiv na sestavo zlitine Fe-Pd, in je omejen le na zelo ozko stehiometrijsko območje  $\text{Fe}_{68-70}\text{Pd}_{32-30}$ .

Elektronanašanje Fe in Pd v porozne membrane smo kinetično ovrednotili. Uporabili smo Fe-Pd elektrolit z razmerjem koncentracij  $\text{FeCl}_3 : \text{PdCl}_2 = 200:3$  mM, pri pH=9. Kot porozne predloge smo izbrali aluminij oksidne membrane s premerom por 200 nm zaradi njihove visoke kemijske in temperaturne obstojnosti. Na spodnjo stran membrane smo napršili zlato ter tako zagotovili sklenjen električni tokokrog med procesom nanašanja. Aktivno površino Au smo določili s podnapetostnim izločanjem Cu. Z uporabo tehnik ciklovoltometrije pri različnih hitrostih preleta smo ugotovili, da sta nanašanja Fe in Pd ireverzibilna procesa, kajti razdalja med redukcijskimi in oksidacijskimi piki je v primeru Fe več kot 60 mV. Nanašanje Pd pa je prav tako ireverzibilno, saj je zaradi zelo pozitivnega redukcijskega potenciala naložen Pd nemogoče odtopiti. Prevladujoči režim reakcije smo preverili z Randels-Sevcikovo enačbo. Če je odvisnost katodnega toka od kvadratnega korena hitrosti preleta linearna, je reakcija nanašanja difuzijsko kontrolirana, naklon premice pa predstavlja difuzijski koeficient. Izračunana difuzijska koeficienta za  $D_{\text{Fe}} = 0.3 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{s}$ , ter za Pd,  $D_{\text{Pd}} = 1.5 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{s}$ , kar pomeni da je difuzija Pd 5x hitrejša od difuzije železa. Kinetiko obeh ionov smo preiskovali z Butler-Volmerjevim modelom, kajti druga stopnja redukcije  $\text{Fe}^{2+} + 2e \rightarrow \text{Fe}^0$ , se dogodi pri prenapetostih nižjih kot -1.0V proti Ag/AgCl elektrodi, kjer je redukcija vode in nastanek vodika že znaten. Zato vrha, ki pripada tej reakciji ne vidimo. Z omenjenim modelom pa raziščemo reakcije že v njihovem začetku z meritvijo t.i. izmenjevalnega toka  $-i_0$ , ki je sorazmeren kinetični konstanti  $k^0$ . Če je tok nizek je hitrost reakcije temu sorazmerno nizka in obratno. Izračunani izmenjevalni tok za Fe je  $i_0(\text{Fe}) = 6.5 \times 10^{-5} \text{ A}$ , ter za Pd,  $i_0(\text{Pd}) = 1.0 \times 10^{-6} \text{ A}$ , iz česar smo zaključili, da je hitrost redukcije Fe kar za en velikostni razred večja od hitrosti redukcije Pd.

Ker je učinek magnetnega oblikovnega spomina (MOS) mogoče pričakovati le v stehiometrijskem območju med 28-33 at. % Pd, smo poskuse zasnovali tako, da smo se želeni sestavi maksimalno približali. Ugotovili smo, da je mogoče na sestavo nanožic vplivati s spremenjenimi pogoji nanašanja (koncentracija soli v elektrolitu ali uporabljena napetost), odvisno od tega ali nanašanje izvajamo v masno ali kinetsko vodenem režimu. Na osnovi raziskav smo ugotovili, da želeno sestavo  $\text{Fe}_{70}\text{Pd}_{30}$  dobimo pri uporabljeni prenapetosti -1.45 V, v pulznem režimu nanašanja. V primerjavi z dosedanjimi rezultati, kjer smo izvajali nanašanje pri konstantni napetosti, zagotavlja pulzni režim kontrolirano konstantno sestavo po celotni nanožici, česar pri potenciostatskem režimu zaradi koncentracijske polarizacije in otežene nega masnega transporta, zaradi nizke omočljivosti in visokega razmerja med dolžino in širino por, ne moremo zagotoviti. Zato smo se v nadaljevanju posvetili pulznemu nanašanju nanostruktur Fe in Pd, v tem primeru najprej nanožic s konstanto sestavo kar najbližje sestavi  $\text{Fe}_{70}\text{Pd}_{30}$ , ki po faznem diagramu omogoča fazno transformacijo iz avstenitne faze v martenzitno fazo ter nazaj, kar je osnova magnetnega oblikovnega spomina.

Tako smo nanostrukture nanesli pri  $E = -1.45 \text{ V}$ , in času  $t = 2 \text{ s}$ , med pulzi pa smo sistem relaksirali pri  $E = -0.1 \text{ V}$ ,  $t = 12 \text{ s}$ , da smo ponovno vzpostavili začetno koncentracijsko razmerje med udeležanima

ionoma. Tako smo uspeli sintetizirati Fe-Pd enodimenzionalne strukture s **homogeno sestavo**  $\text{Fe}_{67,4\pm 3}\text{Pd}_{32,8\pm 3}$ , ki je zelo blizu zahtevani sestavi  $\text{Fe}_{70}\text{Pd}_{30}$ . Rentgenska praškovna difrakcija zlitine Fe-Pd takoj po nanosu, je pokazala rentgenske uklone, ki pripadajo zlatu (ki je bilo napršeno za zagotovitev prevodnosti), fazi Fe-Pd s ploskovno centrirano tetragonalno strukturo (PCT) kar je skladno z faznim diagramom Fe-Pd, ter Pd. Za zagotovitev inicialne faze s kubično ploskovno centrirano (PCK) kristalno strukturo, ki je pomembna za doseganje MOS, je potrebno tako nanosene nanostrukture še termično obdelati. Po faznem diagramu je ploskovno centrirana kubična kristalna struktura prisotna pri temperaturah nad  $780^{\circ}\text{C}$ . Tako smo vzorce termično obdelali pri  $900^{\circ}\text{C}/45$  min, v vakuumu:  $10^{-5}$  mbar. Da bi ohranili strukturo PCK, smo vzorce kalili v ledeni vodi. Z uporabo rentgenske praškovne difrakcije smo preverili kristalno strukturo zlitine po kaljenju. Rentgenski ukloni pripadajo zlatu, aluminij oksidni membrani (ki je zaradi termične obdelave kristalizirala) ter fazi Fe-Pd s strukturo PCK, kar je zelena struktura, saj predstavlja avstenitno fazo, ki je osnova za doseganje MOS. Za preverjanje MOS je potrebno PCK strukturo z ohlajanjem transformirati v PCT. V literaturi [Wang F. in sodelavci. *Electrochimica Acta* 51 (2006) 4250-4254] so fazno transformacijo iz avstenita v martenzit opazili pri temperaturah  $-233\text{K}$  in nižje, čemur so sledili z uporabo rentgenske praškovne difrakcije ter magnetnimi meritvami pri znižanih temperaturah. Tako smo tudi v našem primeru fazno transformacijo preverili z meritvami histerezne zanke pri sobni temperature ter pri znižanih temperaturah (50K). Izmerjena magnetizacija nasičenja, kot tudi koercitivnost sta višji za martenzit [avstenit<sub>sobna T</sub>;  $H_c=14$  Oe, martenzit<sub>T=50K</sub>,  $H_c=16$  Oe] v primeru nižje temperature, kar je v skladu z literaturo, kjer so prav tako opazili feromagnetno naravo Fe-Pd zlitine pri sobni in znižani temperaturi, kot tudi višje vrednosti magnetizacije nasičenja in koercitivnosti v primeru martenzitne faze.

Tako pridobljene nanostrukture-nanožičke zlitine Fe-Pd smo za naknadno funkcionalizacijo najprej izolirali iz poroznih predlog z uporabo 10 M NaOH. Za namene stabilizacije pripravljenih nanostruktur in njihove nadaljnje uporabe za pripenjanje in vgradnjo zdravnih učinkovin in označevalnih molekul, smo uporabili postopek oplaščenja s pomočjo silicijevega dioksida. Slednji ne samo, da omogoča pripravo v relativno milih pogojih, ki ne morejo poškodovati ogrodja kot tudi ne prisotnih (pogosto nestabilnih) zdravnih učinkovin, temveč prestavlja odlično površino, ki služi kot sidrišče za nadaljnje pripenjanje raznovrstnih funkcionalnih delov. Oplaščenje smo izvedli z bazično kataliziranim ( $\text{NH}_3$ ) sol-gel postopkom, pri čemer smo pripravili več različnih debelin oblog (v intervalu nekaj nm do nekaj deset nm). Vse pripravljene vzorce smo okarakterizirali z uporabo energijske disperzijske analize rentgenskih žarkov primerjave površin nanožičk pred in po funkcionalizaciji s  $\text{SiO}_2$ . Kot modelno zdravilno učinkovino smo uporabili rodamin B, test sproščanja v vodnem mediju je pokazal nadzorovano sproščanje modelne učinkovine iz silikatnega ovoja v okoliško raztopino. Tak sistem je na eni strani bio-odziven (torej se "aktivira" po dostavi na tarčno mesto), hkrati pa je odlično izhodišče za optimizacijo dostavnega sistema za pogosto zelo drage protitumorske učinkovine.

Mezoporozni silikati so obetaven material za uporabo v biomedicinske namene. Zanje je značilna biokompatibilnost in velika poroznost, kar je mogoče izkoristiti za vgradnjo molekul zdravnih učinkovin. Porozna silikatna obloga okoli magnetnih delcev bi tako združila možnost dostave različnih zdravnih učinkovin in magnetne lastnosti v enem nosilcu. V ta namen smo se najprej posvetili študiju samih poroznih silikatnih delcev. Sintetizirali smo več naprednih sistemov, ki omogočajo sproščanje modelnih učinkovin s točno določenimi dejavniki (pH oz. dodatek reducentov), kar je ključno za ciljano (in varno za zdravo tkivo) dostavo. Najprej smo se posvetili študiju vpliva velikosti organskih funkcionalnih skupin na površini silikata, ki omogočajo nadzorovano sproščanje modelnih učinkovin iz por nanodelcev. Ugotovili smo, da so nanodelci z manjšimi funkcionalnimi skupinami bolj učinkoviti pri preprečevanju prezgodnjega sproščanja, in da lahko ob dodatku reducenta kot dejavnika ti delci sprostijo večje količine učinkovine kot delci z večji skupinami. Tovrsten nadzor nad lastnostmi je ključen, saj je danes (še posebej pri bolnikih za rakom) individualizirana bolnikova terapija, vse bolj pomembna pri načrtovanju in izvajanju zdravljenja.

V drugi seriji eksperimentov smo pokazali, da lahko z izbiro primernih funkcionalnih skupin na silikatu vplivamo na hitrost sproščanja modelne učinkovine iz por ob enako močnem dejavniku. Najobetavnejši sistem smo testirali na živalskem modelu - ribah zebrih (*Danio rerio*). Testi so pokazali, da je material biokompatibilen, kar je izrednega pomena za uporabo takšnih delcev za nosilce zdravnih učinkovin pri zdravljenju bolezni. V naslednji stopnji smo se osredotočili na oplaščenje Fe-Pd nanožičk s porozno silikatno oblogo. Zebrice so namreč pogosto uporabljen

model, saj imajo nekatere fiziološke podobnosti s človekom, ki omogočajo enostavno primerjavo. Hkrati zebrice predstavljajo modelni sistem za vrednotenje vpliva na okolje. Danes, ko je vse večjega pomena, da poskušamo zmanjšati potencialne negativne vplive na okolje, ki so pogosto zelo izraziti tako v kemični kot farmacevtski industriji, je vrednotenje nano-eko-toksičnosti ključno za upravičenje razvoja tovrstnih kompleksnih sistemov.

Ker je mogoče nanožice funkcionalizirati z različnimi molekulami preko močne kovalentne vezi z biokonjugacijo smo nadalje Fe-Pd nanožice funkcionalizirali z Au, tako da smo vzpostavili segmentno sestavo nanopalčk z izmenjujočimi se feromagnetnimi (Fe-Pd) in Au segmenti. Ker je možno Au funkcionalizirati z različnimi funkcionalnimi skupinami kot so tiolne, disulfidne, cianidne in pa karboksilne, smo se odločili za slednjo funkcionalizacijo. In sicer smo več-segmentne nanožice funkcionalizirali z uporabo citronske kisline, prisotnost karboksilnih vezi na palčkah pa smo potrdili z uporabo FTIR analize. Tako smo nanopalčkam Fe-Pd še povečali uporabnost za biomedicinske aplikacije, saj smo združili tako magnetne kot tudi bio-aplikativne lastnosti. Povečali pa smo tudi nabor možnosti za dodatne funkcionalizacije, saj imamo sedaj pod nadzorom pripenjanje tako hidroksilnih skupin, ki so rezultat oblačenja s siliko, ter vseh ostalih, ki se lahko vežejo na zlato površino.

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

Raziskovalni projekt je potekal v skladu z zastavljenimi mejniki in postavljenimi rezultati. Ker smo ugotovili, da potenciostatsko nanašanje ni popolnoma ustrezno za sintezo nanopalčk, po drugi strani pa je nujno potrebno za sintezo nanocevk, katere smo nadalje funkcionalizirali z modelno učinkovino paracetamol, katero smo uspeli tudi kontrolirano sproščati [Publikacija K. Žužek Rožman, Mater. Chem. Phys. 2012], smo pričeli z raziskavami v smeri pulznega nanašanja. Z izvedeno študijo masnega transporta ter kinetskih parametrov nanašanja Fe in Pd smo ugotovili, da je mogoče na sestavo nanožic vplivati s spremembo osnovne koncentracije kovinske soli oz. uporabljene napetosti, odvisno od reakcijskega režima v danem napetostnem območju. Tako smo uspeli v sintezi nanožic s *homogeno sestavo*  $Fe_{67,4\pm 3}Pd_{32,8\pm 3}$  [N. Kostevšek Electrochim. Acta, 2014, D. Pečko, J. Electroanal. Chem. 2015] in ustrezno ploskovno centrirano tetragonalno kristalno strukturo, ki smo jo uspeli s termično obdelavo spremeniti v ploskovno centrirano kubično kristalno strukturo, ki je osnova za magnetni oblikovni spomin. Le-tega smo spremljali z meritvami magnetnih lastnosti pri sobni in nižanih temperaturah, kjer smo v skladu s podatki iz literature na osnovi izmerjenih razlik v magnetnih lastnostih sklepali na fazno transformacijo, ki pa jo moramo še potrditi z uporabo presevne elektronske mikroskopije, kjer bomo Fe-Pd nanopalčke na mestu ohlajali ter spremljali fazno transformacijo z meritvami celičnih parametrov osnovne kristalne celice.

Zaradi načrtovane uporabe v biomedicinske namene smo se posvetili tudi sintezi in študiju poroznih silikatnih nanodelcev, ki so obetaven dostavni sistem zdravih učinkovin. Sintetizirali smo napredne dostavne sisteme, ki modelno učinkovino sprostijo le v določenih pogojih. [P. Nadrah in ost., Phys Chem Chem Phys, 2013]. Poleg tega smo pokazali tudi možnost regulacije sproščanja modelne učinkovine iz mezoporoznih silikatov in z *in vivo* testiranjem na zebricah potrdili biokompatibilnost materiala. [P. Nadrah, ACS Appl Mater Interf, 2013]. Z združitvijo poroznih silikatov in Fe-Pd nanožičk bo tako mogoče dodati magnetne lastnosti naprednemu dostavnemu sistemu.

Poleg zastavljenih ciljev smo uspeli tudi v sintezi segmentnih Fe-Pd nanožic v kombinacij z Au, kar nadalje omogoča še širšo biofunkcionalizacijo z različnimi biomolekulami.

Pridobljene rezultate smo predstavili v vabljenem predavanju na biomedicinski konferenci, na tuji univerzi, v obliki prispevkov na konferencah, v z odliko zagovarjanem diplomskem delu, ter v dveh doktorskih disertacijah [D. Pečko, 2014 in P. Nadrah, 2013].

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

Ni bilo sprememb programa raziskovalnega projekta.

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

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	25576999	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Elektrokemijska sinteza in karakterizacija nanocevk Fe <sub>70</sub> Pd <sub>30</sub> za tarčno dostavo zdravil
		ANG	Electrochemical synthesis and characterization of Fe[sub](70)Pd[sub](30) nanotubes for drug-delivery applications
	Opis	SLO	Poročamo o uspešni neposredni elektrokemijski sintezi Fe <sub>70</sub> Pd <sub>30</sub> nanocevk v polikarbonatne membrane. Sistem Fe <sub>70</sub> Pd <sub>30</sub> izkazuje potencial magnetnega spomina oblike, zato je zelo zanimiv za uporabo v medicinske namene, npr. kot sprožilec zdravilne učinkovine. Zato v dosežku poročamo tudi o uspešni funkcionalizaciji Fe-Pd nanocevk s paracetamolom. Študije sproščanja zdravilne učinkovine so nakazale na dvostopenjsko sproščanje le-te, kar je najverjetneje pogojeno z morfologijo nanocevk. S površine se učinkovina naglo, kinetično sprosti, sproščanje učinkovine iz notranjosti nanocevk pa je kontrolirano preko difuzije.
		ANG	Fe <sub>70</sub> Pd <sub>30</sub> system possesses magnetic shape memory-effect, which can be used in medicine purposes for triggering the drugs, for example. We report on successful direct electrochemical synthesis of Fe-Pd nanotubes. The tubes are ferromagnetic with high Ms=170 emu/g. For the application in medicine, the nanotubes were functionalized with the model drug paracetamol. The proposed type of release, with an initial burst and a slower release of the remaining drug, could be suitable for applications where a fast action is required, which then has to be maintained for a certain time period.
	Objavljeno v	Elsevier Sequoia S.A.; Materials chemistry and physics; 2012; Vol. 133, issue 1; str. 218-224; Impact Factor: 2.072; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.402; A': 1; WoS: PM; Avtorji / Authors: Žužek Rožman Kristina, Pečko Darja, Šturm Sašo, Maver Uroš, Nadrah Peter, Bele Marjan, Kobe Spomenka	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
2.	COBISS ID	27452967	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Primerjalna študija kinetike nanašanja zlitin Fe-Pd na ravno elektrodo ter v porozno aluminij oksidno predlogo
		ANG	A comparative study of the electrochemical deposition kinetics of iron-palladium alloys on a flat electrode and in a porous alumina template
	Opis	SLO	Ovrednotili smo masni transport in kinetiko reakcije elektrokemijskega nanašanja zlitin Fe-Pd. Podali smo pogoje nanašanja za doseganje zelene stehiometrije blizu 70at.% Fe, ki je pomembna za doseganje magnetnega oblikovnega spomina.
		ANG	Mass transport and kinetic parameters of the Fe-Pd electrodeposition were evaluated and plating conditions for achieving the composition of Fe <sub>70</sub> at%, important for magnetic shape memory effect were proposed.
	Objavljeno v	Pergamon Press; Electrochimica Acta; 2014; Vol. 125; str. 320-329; Impact Factor: 4.086; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.367; A': 1; WoS: HQ; Avtorji / Authors: Kostevšek Nina, Žužek Rožman Kristina, Pečko Darja, Pihlar Boris, Kobe Spomenka	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
3.	COBISS ID	28199975	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Elektrokemijska študija nanašanja Fe in Pd ter njun vpliv na so-nanašanje zlitine Fe-Pd

	ANG	Electrochemical studies of Fe and Pd deposition and their influence on the co-deposition of the Fe-Pd alloy
Opis	SLO	Elektrokemijska študija Fe-Pd elektrolita je pokazala, da se elektrokemijsko nanašanje zlitine Fe-Pd razlikuje od nanašanja posameznih kovin, Fe in Pd. Nanašanje Fe iz Fe-Pd elektrolita se vrši pri $-0.6$ V (več kot 500 mV bolj pozitivni napetosti kot nanašanje Fe iz posameznega elektrolita) zaradi katalitičnih lastnosti prvo nanosenega Pd sloja. Ugotovili smo tudi, da je za realni vpogled v sistem potrebno ponavljanje CV ciklov elektrokemijskega nanašanja, saj se pogoji nanašanja spremenijo takoj, ko so prvi Fe ali Pd sloji nanoseni. Rezultati so pomemben prispevek k razumevanju nanašanja zlitin Fe-Pd ter nadaljnjemu krojenju sestave in končnih magnetnih lastnosti.
	ANG	The electrochemical study of the Fe-Pd electrolyte showed that the electrodeposition of Fe-Pd alloy behaves differently than the deposition of single metal. It was found out that CV cycling is necessary in order to understand real-time behaviour during the electrodeposition, since the conditions in the electrodeposition change as soon as the first layers of Fe or Pd are deposited. Deposition of Fe from Fe-Pd electrolyte was found to start at $-0.6$ V (more than 500 mV more positive in comparison to Fe from single electrolyte). This can be attributed to the catalytic behaviour of Pd-layer which deposited prior to Fe. These results contribute to the understanding of the binary alloy Fe-Pd deposition behavior which is of importance for further tailoring of the composition and the final magnetic properties.
Objavljeno v		Elsevier Sequoia; Journal of electroanalytical chemistry; 2015; Vol. 738; str. 51-60; Impact Factor: 2.871; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.155; WoS: EA, HQ; Avtorji / Authors: Pečko Darja, Kostevšek Nina, Pihlar Boris, Samardžija Zoran, Kobe Spomenka, Žužek Rožman Kristina
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID	26701351 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Vpliv sterično oviranih disulfidnih vezi na kinetiko sproščanja modelne učinkovine iz mezoporoznih silikatov
	ANG	Hindered disulfide bonds to regulate release rate of model drug from mesoporous silica
Opis	SLO	Z razvojem dostavnih sistemov na osnovi mezoporoznih silikatnih nanodelcev (MSN) se pojavlja potreba po enostavnem in učinkovitem načinu regulacije kinetike sproščanja učinkovine. Razvili smo redoks-odzivne sisteme s tremi nivoji steričnih ovir okoli disulfidne vezi. Mezoporozne prostore MSN smo napolnili z modelno učinkovino (barvilom rodamin B) in difuzijo iz pore preprečili z zaprtjem por z $\beta$ -ciklodekstrinom. Sistemi so izkazovali zanemarljivo sproščanje barvila v odsotnosti reducenta, medtem ko je dodatek ditionitritola povzročil cepitev disulfidnih vezi in omogočil sproščanje barvila. Večje sterične ovire okoli disulfidne vezi so zmanjšale hitrost sproščanja in količino sproščenega barvila v večji meri kot manjše. Tako smo pokazali zmožnost mezoporoznega sistema, da intrinzično določi hitrost in obseg sproščanja modelne učinkovine z majhnimi strukturnimi spremembami. In vivo eksperiment na zebrih (Danio rerio) je potrdil neteratogenost sintetiziranega modelnega dostavnega sistema.
		With the advancement of drug delivery systems based on mesoporous silica nanoparticles (MSNs), a simple and efficient method regulating the drug release kinetics is needed. We developed redox-responsive release systems with three levels of hindrance around the disulfide bond. A model drug (rhodamine B dye) was loaded into MSNs' mesoporous voids. The pore

		opening was capped with beta-cyclodextrin in order to prevent leakage of drug. Indeed, in absence of a reducing agent the systems exhibited little leakage, while the addition of dithiothreitol cleaved the disulfide bonds and enabled the release of cargo. The release rate and the amount of released dye were tuned by the level of hindrance around disulfide bonds, with the increased hindrance causing a decrease in the release rate as well as in the amount of released drug. Thus, we demonstrated the ability of the present mesoporous systems to intrinsically control the release rate and the amount of the released cargo by only minor structural variations. Furthermore, an in vivo experiment on zebrafish confirmed that the present model delivery system is nonteratogenic.
	ANG	
Objavljeno v		American Chemical Society; ACS applied materials & interfaces; 2013; Vol. 5, issue 9; str. 3908-3915; Impact Factor: 5.900; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.554; A': 1; WoS: NS, PM; Avtorji / Authors: Nadrah Peter, Maver Uroš, Jemec Anita, Tišler Tatjana, Bele Marjan, Dražić Goran, Benčina Mojca, Pintar Albin, Planinšek Odon, Gaberšček Miran
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
5.	COBISS ID	5234714 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Poli(propilen iminski) dendrimeri na mezoporoznih silikatnih nanodelcih za redoks-odvisno sproščanje: manjše je boljše
		ANG Poly(propylene imine) dendrimer caps on mesoporous silica nanoparticles for redox-responsive release
	Opis	SLO Proučili smo vpliv velikosti zapiralnih molekul v z dejavnikom pogojenih sistemih za sproščanje učinkovin na osnovi mezoporoznih silikatnih nanodelcev (MSN). V ta namen smo preučevali učinkovitost poli(propilen iminskih) dendrimerov za nadzor sproščanja modelne učinkovine. Sintetizirali in okarakterizirali smo tip MCM-41 MSN. Porozno strukturo MSN smo napolnili s fluorescenčnima spojinama (dinatrijeva sol fluoresceina in karboksifluorescein) in nato pore zaprli z vezavo dendrimerov generacij od I do V preko disulfidnih vezi na površino nanodelcev. Nadzorovano sproščanje modelnih učinkovin smo preučevali v prisotnosti ditiotreitola (DTT). Dendrimeri generacij I in II so se izkazali za bolj učinkovite v zadrževanju in sledečemu sproščanju kot višje generacije. Poleg tega je modifikacija MSN z večjo količino dendrimerov zmanjšala obseg sproščanja modelne učinkovine. Ta odkritja so pomembna za optimizacijo dostavnih sistemov na osnovi MSN, saj kažejo na možnost uravnavanja količine sproščene učinkovine z izbiro zapiralne molekule primerne velikosti.
		ANG To elucidate the importance of the size of capping agents in stimulus-induced release systems from mesoporous silica nanoparticles (MSNs), the effectiveness of poly(propylene imine) dendrimers in controlling the model drug release was studied. MCM-41-type MSNs were synthesized and characterized. Fluorescent compounds (fluorescein disodium salt and carboxyfluorescein) were loaded in the porous structure of the MSNs and entrapped in the silica matrix with the dendrimers of generations I through V by anchoring dendrimers on the MSN surface through disulfide bonds. Stimulus-induced release of the cargo was studied in the presence of dithiothreitol (DTT). Dendrimers of generations I and II were found to be more effective in model drug retention and subsequent release than higher generations. Moreover, MSNs modified with larger amounts of dendrimers lowered the cargo release in the presence of DTT. These findings are of importance for optimizing drug delivery systems based on responsive MSNs as they enable tuning of the amount of the released cargo by choosing the capping agent of appropriate size.
		Royal Society of Chemistry; PCCP. Physical chemistry chemical physics; 2013; Vol. 15, issue 26; str. 10740-10748; Impact Factor: 4.198; Srednja



Objavljeno v	vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.414; A': 1; WoS: EI, UH; Avtorji / Authors: Nadrah Peter, Porta Fabiola, Planinšek Odon, Kros Alexander, Gaberšček Miran
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek

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

Družbeno-ekonomski dosežek																							
1.	<table border="1"> <tr> <td>COBISS ID</td> <td>27800871</td> <td>Vir: COBISS.SI</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Naslov</td> <td><i>SLO</i></td> <td>Nanostrukturirani materiali : od sinteze do končne uporabe</td> </tr> <tr> <td><i>ANG</i></td> <td>Nanostructured materials: from synthesis to end use</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Opis</td> <td><i>SLO</i></td> <td>V vabljenem predavanju smo v okviru delavnice »Nanomateriali v okoljevarstvu in energetiki« predstavili delo na področju sinteze magnetnih nanomaterialov, krojenje njihovih lastnosti kot tudi njihovo uporabnost. Med drugim smo poročala tudi o dosežkih na področju sinteze in uporabe zlitin Fe-Pd za biomedicinske namene.</td> </tr> <tr> <td><i>ANG</i></td> <td>In the invited lecture in the frame of the workshop Nanoscience, we have presented the work on synthesis and applications of different nanostructured magnetic materials. We have reported also on the successful work we did on the Fe-Pd system for biomedical applications.</td> </tr> <tr> <td>Šifra</td> <td colspan="2">B.04 Vabljeno predavanje</td> </tr> <tr> <td>Objavljeno v</td> <td colspan="2">Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo; 2014; Avtorji / Authors: Žužek Rožman Kristina, Pečko Darja, Arshad Muhammad Shahid, Kostevšek Nina, Šturm Sašo, McGuinness Paul J., Kobe Spomenka</td> </tr> <tr> <td>Tipologija</td> <td colspan="2">3.14 Predavanja na tuji univerzi</td> </tr> </table>	COBISS ID	27800871	Vir: COBISS.SI	Naslov	<i>SLO</i>	Nanostrukturirani materiali : od sinteze do končne uporabe	<i>ANG</i>	Nanostructured materials: from synthesis to end use	Opis	<i>SLO</i>	V vabljenem predavanju smo v okviru delavnice »Nanomateriali v okoljevarstvu in energetiki« predstavili delo na področju sinteze magnetnih nanomaterialov, krojenje njihovih lastnosti kot tudi njihovo uporabnost. Med drugim smo poročala tudi o dosežkih na področju sinteze in uporabe zlitin Fe-Pd za biomedicinske namene.	<i>ANG</i>	In the invited lecture in the frame of the workshop Nanoscience, we have presented the work on synthesis and applications of different nanostructured magnetic materials. We have reported also on the successful work we did on the Fe-Pd system for biomedical applications.	Šifra	B.04 Vabljeno predavanje		Objavljeno v	Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo; 2014; Avtorji / Authors: Žužek Rožman Kristina, Pečko Darja, Arshad Muhammad Shahid, Kostevšek Nina, Šturm Sašo, McGuinness Paul J., Kobe Spomenka		Tipologija	3.14 Predavanja na tuji univerzi	
COBISS ID	27800871	Vir: COBISS.SI																					
Naslov	<i>SLO</i>	Nanostrukturirani materiali : od sinteze do končne uporabe																					
	<i>ANG</i>	Nanostructured materials: from synthesis to end use																					
Opis	<i>SLO</i>	V vabljenem predavanju smo v okviru delavnice »Nanomateriali v okoljevarstvu in energetiki« predstavili delo na področju sinteze magnetnih nanomaterialov, krojenje njihovih lastnosti kot tudi njihovo uporabnost. Med drugim smo poročala tudi o dosežkih na področju sinteze in uporabe zlitin Fe-Pd za biomedicinske namene.																					
	<i>ANG</i>	In the invited lecture in the frame of the workshop Nanoscience, we have presented the work on synthesis and applications of different nanostructured magnetic materials. We have reported also on the successful work we did on the Fe-Pd system for biomedical applications.																					
Šifra	B.04 Vabljeno predavanje																						
Objavljeno v	Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo; 2014; Avtorji / Authors: Žužek Rožman Kristina, Pečko Darja, Arshad Muhammad Shahid, Kostevšek Nina, Šturm Sašo, McGuinness Paul J., Kobe Spomenka																						
Tipologija	3.14 Predavanja na tuji univerzi																						
2.	<table border="1"> <tr> <td>COBISS ID</td> <td>276909568</td> <td>Vir: COBISS.SI</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Naslov</td> <td><i>SLO</i></td> <td>Elektrokemijska karakterizacija in sinteza feromagnetnih nanožic Fe-Pd za bodoče magnetne aplikacije</td> </tr> <tr> <td><i>ANG</i></td> <td>Electrochemical study and synthesis of Fe-Pd ferromagnetic nanowires for future magnetic applications</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Opis</td> <td><i>SLO</i></td> <td>Uspeli smo razviti kontroliran in ponovljiv sistem za elektrokemijsko sintezo Fe-Pd nanožic s konstantno sestavo ter tako nadalje omogočili uporabo slednjih v številnih bodočih magnetnih aplikacijah. Poleg tega, da je elektrokemijska metoda cenovno ugodna, omogoča tudi nanašanje številnih nanopalčk naenkrat v primerjavi s preostalimi metodami.</td> </tr> <tr> <td><i>ANG</i></td> <td>With the electrodeposition method we were able to construct a controllable and reproducible system that resulted in Fe-Pd nanowires with consistent composition and can be thus applied in many future magnetic applications. Further on, among many methods, electrodeposition methods is the most cost efficient method and it enables the deposition of many nanowires at the same time in contrast to others methods, and also it resulted in the highest magnetic properties for the Fe-Pd alloys.</td> </tr> <tr> <td>Šifra</td> <td colspan="2">D.09 Mentorstvo doktorandom</td> </tr> <tr> <td>Objavljeno v</td> <td colspan="2">[D. Pečko]; 2014; XII, 126 str.; Avtorji / Authors: Pečko Darja</td> </tr> <tr> <td>Tipologija</td> <td colspan="2">2.08 Doktorska disertacija</td> </tr> </table>	COBISS ID	276909568	Vir: COBISS.SI	Naslov	<i>SLO</i>	Elektrokemijska karakterizacija in sinteza feromagnetnih nanožic Fe-Pd za bodoče magnetne aplikacije	<i>ANG</i>	Electrochemical study and synthesis of Fe-Pd ferromagnetic nanowires for future magnetic applications	Opis	<i>SLO</i>	Uspeli smo razviti kontroliran in ponovljiv sistem za elektrokemijsko sintezo Fe-Pd nanožic s konstantno sestavo ter tako nadalje omogočili uporabo slednjih v številnih bodočih magnetnih aplikacijah. Poleg tega, da je elektrokemijska metoda cenovno ugodna, omogoča tudi nanašanje številnih nanopalčk naenkrat v primerjavi s preostalimi metodami.	<i>ANG</i>	With the electrodeposition method we were able to construct a controllable and reproducible system that resulted in Fe-Pd nanowires with consistent composition and can be thus applied in many future magnetic applications. Further on, among many methods, electrodeposition methods is the most cost efficient method and it enables the deposition of many nanowires at the same time in contrast to others methods, and also it resulted in the highest magnetic properties for the Fe-Pd alloys.	Šifra	D.09 Mentorstvo doktorandom		Objavljeno v	[D. Pečko]; 2014; XII, 126 str.; Avtorji / Authors: Pečko Darja		Tipologija	2.08 Doktorska disertacija	
COBISS ID	276909568	Vir: COBISS.SI																					
Naslov	<i>SLO</i>	Elektrokemijska karakterizacija in sinteza feromagnetnih nanožic Fe-Pd za bodoče magnetne aplikacije																					
	<i>ANG</i>	Electrochemical study and synthesis of Fe-Pd ferromagnetic nanowires for future magnetic applications																					
Opis	<i>SLO</i>	Uspeli smo razviti kontroliran in ponovljiv sistem za elektrokemijsko sintezo Fe-Pd nanožic s konstantno sestavo ter tako nadalje omogočili uporabo slednjih v številnih bodočih magnetnih aplikacijah. Poleg tega, da je elektrokemijska metoda cenovno ugodna, omogoča tudi nanašanje številnih nanopalčk naenkrat v primerjavi s preostalimi metodami.																					
	<i>ANG</i>	With the electrodeposition method we were able to construct a controllable and reproducible system that resulted in Fe-Pd nanowires with consistent composition and can be thus applied in many future magnetic applications. Further on, among many methods, electrodeposition methods is the most cost efficient method and it enables the deposition of many nanowires at the same time in contrast to others methods, and also it resulted in the highest magnetic properties for the Fe-Pd alloys.																					
Šifra	D.09 Mentorstvo doktorandom																						
Objavljeno v	[D. Pečko]; 2014; XII, 126 str.; Avtorji / Authors: Pečko Darja																						
Tipologija	2.08 Doktorska disertacija																						
3.	<table border="1"> <tr> <td>COBISS ID</td> <td>26694951</td> <td>Vir: COBISS.SI</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Naslov</td> <td><i>SLO</i></td> <td>Nanocevke Fe-Pd za uporabo v medicini</td> </tr> <tr> <td><i>ANG</i></td> <td>Fe-Pd-based nanotubes for drug-delivery applications</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	COBISS ID	26694951	Vir: COBISS.SI	Naslov	<i>SLO</i>	Nanocevke Fe-Pd za uporabo v medicini	<i>ANG</i>	Fe-Pd-based nanotubes for drug-delivery applications														
COBISS ID	26694951	Vir: COBISS.SI																					
Naslov	<i>SLO</i>	Nanocevke Fe-Pd za uporabo v medicini																					
	<i>ANG</i>	Fe-Pd-based nanotubes for drug-delivery applications																					

	Opis	SLO	Prispevek na konferenci BioNanoMed, kjer smo predstavili tematiko elektrokemijskega nanašanja Fe-Pd nanostruktur tako cevčik kot palčk, njihovo funkcionalizacijo s paracetamolom ter s SiO <sub>2</sub> . Fe-Pd nanopalčke z ustrežno kristalno strukturo –avstenit smo uspešno vgradili v mikroporozne kserogele skupaj s modelno obarvano učinkovino rodamin –B. Uspeli smo v kontroliranem sproščanju modelne učinkovine s spreminjanjem količine dodanega reducenta.	
		ANG	On biomedical conference BioNanoMed we have reported on achievements with regards to the electrochemical deposition of Fe-Pd based nanostructures including tubes and wires. Tubes were successfully modified with a model drug paracetamol while Fe-Pd nanowires with the avstenite crystal structure necessary for potential magnetic shape memory effect were successfully incorporated into silica xerogels together with a model drug rhodamine B-dye. A controlled release rates were achieved with addition of reducing agent.	
	Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci		
	Objavljeno v	Donau Universität; Congress documentation; 2013; Avtorji / Authors: Žužek Rožman Kristina, Pečko Darja, Kostevšek Nina, Šturm Sašo, Maver Uroš, Nadrah Peter, Bele Marjan, Kobe Spomenka		
	Tipologija	1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci		
4.	COBISS ID	27455015	Vir: COBISS.SI	
	Naslov	SLO	Feromagnetne nanostrukture za različne aplikacije, nanesene z elektronanašanjem	
		ANG	Electroplated ferromagnetic nanostructures for different applications	
	Opis	SLO	Poročali smo o kemijsko urejenih nanostrukturah Co-Pt in Fe-Pd uporabnih v magnetnem zapisovanju ter kot mikro ali nanoakuatorji, kot npr. zlitine Fe-Pd z magnetnim oblikovnim spominom, kater smo izdelali v obliki nanocevčik ali nanopalčke. Študirali smo pogoje nanašanja, ki so nam zagotovili sestavo v zelo ozkem območju Fe <sub>70</sub> Pd <sub>30</sub> , ter vplivali na fazno sestavo nanopalčk s termično obdelavo. Biokompatibilnost FePd nanopalčk smo preverili z eksperimentom in-vivo na ribah cebricah.	
		ANG	We reported on chemically ordered and disordered Co-Pt and Fe-Pd nanostructures which represent a promising magnetic storage media and potential as nano- and micro-magnets which can be used in micro- and nano-systems. Co-Pt and Fe-Pd-based nanotubes and nanowires produced via template assisted electroplating were discussed from the magnetic properties point of view, with the emphasis on the composition, morphology and the crystal structure influence, with a successful transformation to avstenite achieved via thermal training. Furthermore the magnetic shape memory Fe <sub>70</sub> Pd <sub>30</sub> nanostructures were assessed as a potential smart drug delivery system, which was tested in-vivo on zebra fish models.	
	Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci		
Objavljeno v	National Institute of Chemistry; Centre of Excellence for Low-Carbon Technologies; Jožef Stefan Institute; Program & book of abstracts; 2013; Str. 78; Avtorji / Authors: Žužek Rožman Kristina, Pečko Darja, Kostevšek Nina, Maver Uroš, Nadrah Peter, Zorko Lidija, Bele Marjan, Kobe Spomenka			
	Tipologija	1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci		
5.	COBISS ID	36964101	Vir: COBISS.SI	
	Naslov	SLO	Ciljanje tumorskih celic in sproščanje učinkovine z dejavnikov iz mezoporoznih silikatnih nanodelcev	
		ANG	Targeting tumor cells and stimulus-induced delivery of drug with mesoporous silica nanoparticles-based system	

Opis	SLO	Pripravili smo nov tip funkcionaliziranih mezoporznih silikatnih nanodelcev (MSN), ki lahko sproščajo modelno učinkovino ob pojavu zunanega dejavnika z aktivacijo nanovrat. Sintetizirali smo MSN (100 nm v premeru) in pore napolnili z fluorescenčno modelno učinkovino. Nato smo na površino silikata vezali dendrimere, ki so prevzeli vlogo nanovrat, ki preprečujejo odpuščanje modelne učinkovine iz por. Ob dodatku reducenta so se dendrimeri odcepili s površini in tako omogočili sproščanje modelne učinkovine. Sintetizirali smo MSN, ki imajo sposobnost, da varno transportirajo modelno učinkovino brez prezgodnjega sproščanja. Modeln učinkovina se sprostí ob pojavu biološko relevantnega dejavnika.
	ANG	Drug delivery systems based on mesoporous silica nanoparticles (MSNs) have received much attention recently. Biocompatibility, chemical stability, ease of functionalization and porosity have attributed to the popularity of MSNs. Functional groups on surface allow stimulus-induced release of the cargo with zero premature release. In this regard glutathione is an important stimulus since the difference between intracellular and extracellular concentration allow drug release only inside cells. Moreover, the ability to deliver a significant amount of drug in a specific environment is an important prerequisite to prevent severe side effects. Selective targeting of delivery systems towards cancer cells is possible via their overexpressed folate receptors. Herein we present a novel type of functionalized MSNs able to incorporate targeting ability towards specific cells and release the drug upon endogenous stimulus with activation of the nanovalve. We synthesized fluorescent dye loaded MSNs (100 nm). Next, dendrimers were attached to the mesopore openings to act as a stopper and prevent leakage of the dye. The outer surface of particles was decorated with folic acid moieties providing affinity to folate receptors. Upon the addition of reducing agent the dendrimers detached and released the dye. In conclusion we have synthesized target selective MSNs with the ability to safely transport drug avoiding its premature release. Drug release is enabled only upon biological stimulus.
Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci	
Objavljeno v	European Materials Research Society; Functional Biomaterials; 2012; Avtorji / Authors: Nadrah Peter, Porta Fabiola, Planinšek Odon, Kros Alexander, Gaberšček Miran	
Tipologija	1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci	

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

Relevantnost projektne študije med drugim dokazuje dejstvo, da so bili rezultati študije v tuji literaturi citirani že več kot 25 krat (čeprav so bili članki objavljeni šele v zadnjih 2 letih, dva članka pa šele pred nekaj meseci).

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

### 9.1. Pomen za razvoj znanosti<sup>9</sup>

SLO

Področje nanostrukturiranih materialov je pomembno za razvoj medicine, katalize in remediacije okolja. V projektu smo se osredotočili na razvoj nanostrukturiranih materialov iz mezoporoznega silikata in FePd nanocevk za medicinske aplikacije. Ti materiali omogočajo razvoj naprednih dostavnih sistemov, ki bolj natančno ciljajo tarčna tkiva in nadzorovano sproščajo zdravilne učinkovine. Na tak način lahko bistveno zmanjšamo neželene učinke zdravila in povečamo učinkovitost zdravilne učinkovine, saj jo lahko dostavimo na tarčno mesto. Z našimi raziskavami smo med drugim pokazali možnosti za nadzor hitrosti sproščanja molekul

iz por modelnega dostavnega sistema in proučili vpliv velikosti molekul, ki zapirajo pore, na sproščanje molekul iz teh por. Naša izsledke smo objavili v več mednarodnih znanstvenih publikacijah visoke kakovosti, med drugim v: ACS applied materials & interfaces, Physical chemistry chemical physics, Materials chemistry and physics, Electrochimica Acta in Journal of electroanalytical chemistry.

ANG

The field of nanostructured materials is important in the development of medicine, catalysis and environmental remediation. In this project we focus on the development of nanostructured materials of mesoporous silicate and FePd nanotubes for medical applications. These materials enable the development of advanced delivery systems that target more accurately target tissues and controlled release of the active substance.

In this way, it is possible to significantly reduce adverse drug reactions and increase the effectiveness of the drug, as it can be delivered to the target site.

With our research we have also proved the possibility to control the rate of release of molecules from the pores of the model delivery system and examine the impact of the size of molecules, which closes the pores, to release molecules from these pores.

Results were published in several international scientific publications of high quality, including: ACS Applied Materials & Interfaces, Physical Chemistry Chemical Physics, Materials chemistry and physics, Electrochimica Acta and the Journal of electroanalytical chemistry.

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

SLO

Z našim delom na področju nanostrukturiranih materialov smo povečali prepoznavnost slovenske znanosti na tem področju. Z našimi rezultati, ki so bazične narave, smo povečali znanje o kompozitnih in mezoporoznih materialih za biomedicinske aplikacije v slovenskem prostoru. Naše znanje smo širili tako med slovensko kot tudi tujo strokovno javnostjo z udeležbo na mednarodnih konferencah (European Materials Research Society 2012 Spring Meeting, Slovenski kemijski dnevi 2011, 1st International Symposium on Nanomedicine in Drug Delivery and Cancer Diagnosis, 2012, 4th International Congress Nanotechnology, 2013) in z objavami v znanstvenih publikacijah.

ANG

With our work in the field of nanostructured materials, we increase the visibility of Slovenian science in this area. With our results, which are basic in nature, we have increased the knowledge of the composite and mesoporous materials for biomedical applications in the Slovenian area. Our expertise has been expanded between Slovenian and foreign professional public attendance at international conferences (European Materials Research Society 2012 Spring Meeting, Slovenian Chemical Days 2011, 1st International Symposium on Nanomedicine and Drug Delivery and Cancer Diagnosis, 2012, 4th International Congress Nanotechnology, 2013) and with publications in scientific journals.

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

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

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

<b>F.03</b>	<b>Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.04</b>	<b>Dvig tehnološke ravni</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.05</b>	<b>Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.06</b>	<b>Razvoj novega izdelka</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.07</b>	<b>Izboljšanje obstoječega izdelka</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.08</b>	<b>Razvoj in izdelava prototipa</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.09</b>	<b>Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.10</b>	<b>Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.11</b>	<b>Razvoj nove storitve</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.12</b>	<b>Izboljšanje obstoječe storitve</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE

	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.13</b>	<b>Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.14</b>	<b>Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.15</b>	<b>Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.16</b>	<b>Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.17</b>	<b>Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.18</b>	<b>Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.19</b>	<b>Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.20</b>	<b>Ustanovitev novega podjetja ("spin off")</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.21</b>	<b>Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>

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

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

**Komentar**

--

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

	<b>Vpliv</b>	<b>Ni vpliva</b>	<b>Majhen vpliv</b>	<b>Srednji vpliv</b>	<b>Velik vpliv</b>	
<b>G.01</b>	<b>Razvoj visokošolskega izobraževanja</b>					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.02</b>	<b>Gospodarski razvoj</b>					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	



G.02.07.	Večji delež izvoza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.12.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.03</b>	<b>Tehnološki razvoj</b>					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.04</b>	<b>Družbeni razvoj</b>					
G.04.01	Dvig kvalitete življenja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.06.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.05.</b>	<b>Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete</b>					
<b>G.06.</b>	<b>Varovanje okolja in trajnostni razvoj</b>					
<b>G.07</b>	<b>Razvoj družbene infrastrukture</b>					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.08.</b>	<b>Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva</b>					
<b>G.09.</b>	<b>Drugo:</b>					

**Komentar**

--

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

	Sofinancer	
1.	Naziv	
	Naslov	

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

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

#### 13.1. Izjemni znanstveni dosežek

Ovrednotili smo masni transport in kinetiko reakcije elektrokemijskega nanašanja zlitin Fe-Pd. Podali smo pogoje nanašanja za doseganje želene stehiometrije blizu 70at.% Fe, ki je pomembna za doseganje magnetnega oblikovnega spomina. O dosežku smo poročali v publikaciji *Electrochimica Acta*.

#### 13.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

V okviru doktorskega dela Darje Pečko smo razvili kontroliran in ponovljiv sistem za elektrokemijsko sintezo Fe-Pd nanožic s konstantno sestavo ter tako nadalje omogočili uporabo slednjih v številnih bodočih magnetnih aplikacijah. Poleg tega, da je elektrokemijska metoda cenovno ugodna, omogoča tudi nanašanje številnih nanopalčk naenkrat v primerjavi s preostalimi metodami.

## C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

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

### Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba  
raziskovalne organizacije:*

in

*vodja raziskovalnega projekta:*

Kemijski inštitut

Marjan Bele

**ŽIG**

Kraj in datum:

Ljubljana

16.3.2015

## Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2015/161

---

- <sup>1</sup> Napišite povzetek raziskovalnega projekta (največ 3.000 znakov v slovenskem in angleškem jeziku) [Nazaj](#)
- <sup>2</sup> Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega projekta in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)
- <sup>3</sup> Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)
- <sup>4</sup> V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega projekta, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega projekta oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine v zadnjem letu izvajanja projekta, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikost pisave 11). [Nazaj](#)
- <sup>5</sup> Navedite znanstvene dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'. [Nazaj](#)
- <sup>6</sup> Navedite družbeno-ekonomske dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Družbeno-ekonomski rezultat iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'.
- Družbeno-ekonomski dosežek je po svoji strukturi drugačen kot znanstveni dosežek. Povzetek znanstvenega dosežka je praviloma povzetek bibliografske enote (članka, knjige), v kateri je dosežek objavljen.
- Povzetek družbeno-ekonomskega dosežka praviloma ni povzetek bibliografske enote, ki ta dosežek dokumentira, ker je dosežek sklop več rezultatov raziskovanja, ki je lahko dokumentiran v različnih bibliografskih enotah. COBISS ID zato ni enoznačen, izjemoma pa ga lahko tudi ni (npr. prehod mlajših sodelavcev v gospodarstvo na pomembnih raziskovalnih nalogah, ali ustanovitev podjetja kot rezultat projekta ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)
- <sup>7</sup> Navedite rezultate raziskovalnega projekta iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 6 in 7 (npr. ni voden v sistemu COBISS). Največ 2.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)
- <sup>8</sup> Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://sicris.izum.si/> za posamezen projekt, ki je predmet poročanja [Nazaj](#)
- <sup>9</sup> Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)
- <sup>10</sup> Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)
- <sup>11</sup> Rubrike izpolnite / prepisite skladno z obrazcem "izjava sofinancerja" <http://www.arrs.gov.si/sl/progproj/rproj/gradivo/>, ki ga mora izpolniti sofinancer. Podpisan obrazec "Izjava sofinancerja" pridobi in hrani nosilna raziskovalna organizacija – izvajalka projekta. [Nazaj](#)
- <sup>12</sup> Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega projekta v letu 2014 (največ 1000 znakov, vključno s presledki). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost pisave najmanj 16, približno pol strani) in opis izjemnega dosežka (velikost pisave 12, približno pol strani). Diapozitiv/-a priložite kot priponko/-i k temu poročilu. Vzorec diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/>. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-RPROJ-ZP/2015 v1.00a  
91-FB-45-76-B3-CE-C9-46-F7-0C-36-7B-BC-D4-03-2B-AE-DD-9B-0E