

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2013/102



ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	Z1-2107
Naslov projekta	Učinki zaužitih nanodelcev na organizme
Vodja projekta	24447 Anita Jemec
Tip projekta	Zt Podoktorski projekt - temeljni
Obseg raziskovalnih ur	3400
Cenovni razred	A
Trajanje projekta	08.2011 - 07.2012
Nosilna raziskovalna organizacija	104 Kemijski inštitut
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	1 NARAVOSLOVJE 1.03 Biologija 1.03.01 Zoologija in zoofiziologija
Družbeno-ekonomski cilj	13.01 Naravoslovne vede - RiR financiran iz drugih virov (ne iz SUF)

2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS¹

Šifra	1.06
- Veda	1 Naravoslovne vede
- Področje	1.06 Biologija

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Povzetek raziskovalnega projekta²

SLO

V podoktorskem projektu »Učinki zaužitih nanodelcev na organizme« smo proučevali učinke inženirsko proizvedenih nanodelcev (IND) na tri biološke sisteme, t.j. (i) nevretenčarske modelne organizme kopenske rake vrste *Porcellio scaber*, (ii) modele celične membrane ter (iii) zgodnje razvojne stopnje rib zebric (*Danio rerio*), ki so služile kot model vretenčarjev. V študijah z nevretenčarji smo proučevali vpliv IND na

prehranjevanje, biodostopnost IND ter razporeditev po telesu. Predpostavili smo, da je učinek IND na organizme odvisen od njihovih interakcij s celičnimi membranami, zato smo le te proučevali na izoliranem organu prebavne žleze rakov ter z umetnimi lipidnimi membranami. Vpliv IND smo preverili tudi na vretenčarjih, kjer nas je zanimal razvoj zgodnjih embrionalnih stopenj ter razporeditev IND po telesu. Študirali smo vpliv različnih vrst IND, in sicer SiO₂, ZnO in CuO ter mešane kovinske okside: baker-cerij (Cu-Ce) oksidi in nikelj-kobalt-cerij-cirkonij oksidi (Ni-Co-Ce-Zr) z različnimi deleži kovin.

Ugotovili smo, da imajo v skladu s hipotezo, različne fizikalno-kemijske lastnosti nanomaterialov vpliv na njihovo potencialno strupenost, vendar pa ni mogoče določiti, katera lastnost ima pri tem največjo vlogo. Izkazalo se je, da je vpliv IND na biološki sistem rezultat vzajemnega delovanja vseh lastnosti pod določenimi pogoji. Med glavne ugotovitve štejemo rezultat, da ima sam organizem veliko vlogo pri modifikaciji IND, saj vpliva na biodostopnost kovin (poveča dostopnost) iz nanodelcev kovinskih oksidov. Naši rezultati so potrdili domneve, da je eden glavnih mehanizmov delovanja IND preko spremembe lastnosti na celični membrani, kar so pokazale tako *in vitro* študije s prebavno žlezo kot tudi sistemi umetnih lipidnih membran.

Izkazalo se je, da predstavljeni trije različni testni sistemi omogočajo pridobitev zelo različnih tipov informacij o bioloških lastnostih IND, zato z enim testnim sistemom ne moremo predvideti učinkov IND, ki bi jih dobili z drugim modelom. Izbira posameznega testnega sistema je torej odvisna od tipa želenega končnega podatka (biodostopnost, membranski destabilizacijski potencial, vpliv na embrionalni razvoj,...). Testirani materiali (SiO₂, ZnO, CuO, baker-cerij mešani oksidi, nikelj-kobalt-cerij-cirkonij oksidi) v smislu strupenosti ne predstavljajo velikega tveganja za okolje, obstaja pa tveganje za dolgoročne posledice zaradi kopičenja kovin v organizmu. Izkazalo se je, da je potrebno poleg čistih oksidov testirati tudi njihove mešanice. Zato je nadaljevanje tovrstnih študij smiselno in potrebno.

ANG

In the scope of the postdoctoral project titled "The effects of ingested nanoparticles on organisms" the effects of engineered nanoparticles (ENP) on three biological systems; e.g. (i) invertebrate model organisms terrestrial isopods *Porcellio scaber*, (ii) models of cellular membranes, and (iii) early life stages of fish *Danio rerio* as a model of vertebrates, were studied. Invertebrates were used to investigate the effects of ENPs on feeding physiology, biodistribution and localization of ENPs. Based on hypothesis that ENPs interact with membranes, we studied the interaction with isolated digestive organ of isopods and artificial lipid membranes. The effects of ENPs and their body distribution were also checked on vertebrates. We focused on metallic oxides nanomaterials, namely SiO₂, ZnO, CuO and mixed oxides: copper-cerium (Cu-Ce) and nickel-cobalt-cerium-zirconium (Ni-Co-Ce-Zr).

Our results confirmed the hypothesis, that different physico-chemical properties of nanomaterials result in their different toxic potential, however it is not possible to attribute their toxicity to a single property. It is clearly a result of a combined action of all properties under certain conditions. Our main finding is, that ENPs are greatly modified inside the organism, which increases bioavailability of metals from metallic oxides. The main mechanism of action seems to be interaction of ENPs with the membranes, which was confirmed by both *in vitro* study using isolated digestive glands as well as artificial lipid membranes.

Three model systems employed in the project were shown to provide completely different types of information regarding the hazard of ENPs. Therefore, it is not possible to use one model to predict the results which would be gained by another model. The choice of a certain test model depends on the type of information required, e.g. bioavailability, membrane destabilization potential or embrional development. Tested nanomaterials (SiO₂, ZnO, CuO and Cu-Ce and Ni-Co-Ce-Zr mixed oxides) were shown not to be severely hazardous to the environment, but the risk of long term effects due to metal

accumulation in the organisms remains. The need for testing mixed-oxides of metallic ENPs besides pure oxides was showed. It is therefore sound and crucial that these kinds of studies are continued in the future.

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu³

V projektu smo proučevali učinke inženirsko proizvedenih nanodelcev (IND) na tri modelne biološke sisteme. Najprej smo proučili učinke IND na nevretenčarske modelne organizme kopenske rake vrste *Porcellio scaber*. Ker smo predpostavili, da je učinek IND na organizme odvisen od njihovih interakcij z membranami, smo v nadaljevanju proučevali njihovo interakcijo na modelu umetnih membran. Rezultate smo primerjali s pridobljenimi podatki o interakciji IND z dejanskimi membranami celic prebavne žleze rakov *P. scaber*. V zadnji stopnji naloge smo preverili, ali se podatki o strupenosti IND za nevretenčarje skladajo z rezultati dobljenimi s standardnim vretenčarskim modelom, ki se pogosto uporablja v oceni tveganja kemikalij. V ta namen smo opazovali razvoj zgodnjih razvojnih stopenj rib zebrič (*Danio rerio*). Proučevali smo vpliv različnih vrst IND, in sicer SiO_2 , ZnO in CuO ter mešane kovinske okside: Baker-cerij (Cu-Ce) oksidi in nikelj-kobalt-cerij-cirkonij oksidi (Ni-Co-Ce-Zr) z različnimi deleži kovin.

Proučevali smo vpliv IND na prehranjevanje modelnih organizmov kopenskih rakov vrste *Porcellio scaber* in biodostopnost ter razporeditev po njihovem telesu. Prehranjevanje smo spremljali z opazovanjem različnih parametrov: stopnje hranjenja, stopnje iztrebljanja, količine asimilirane hrane (učinkovitost asimilacije hrane) ter spremembe mase živali. Po izpostavitvi smo določili koncentracije kovin (Zn^{2+} in Cu^{2+}) v celem telesu organizma ter v posameznih delih (prebavna žleza, črevo, preostanek). Kopičenje kovin v primeru hranjenja z IND smo primerjali z njihovimi ionskimi oblikami (ZnCl_2 in $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$). Delci ZnO, CuO ter mešani oksidi bakra in cerija (Ce) z različnimi deleži Cu (CuCe10- 10% Cu, CuCe15- 15% Cu in CuCe20- 20% Cu) niso vplivali na stopnjo hranjenja, se je pa zato zmanjšalo iztrebljanje teh živali in na ta način povečalo zadrževanje hrane v telesu. Domnevamo, da na povečano zadrževanje vpliva dejstvo, da se delci zadržijo na površini prebavnega sistema.

Pri vseh testiranih materialih smo opazili povečano kopičenje obeh kovin (Zn^{2+} in Cu^{2+}) v primerjavi s kontrolo. Razporeditev obeh kovin v različnih delih telesa je bila v skladu s pričakovanji: največ v prebavni žlezi, za katero je poznano, da kopiči kovine; majhen delež v črevesju; v preostanku živali pa ni bilo kovin. Potencial kopičenja Zn^{2+} in Cu^{2+} je bil neodvisen on njegovega izvora, torej enak v primeru nanodelcev, makrodelcev in njihovih ionskih raztopin kovin. To potrjuje našo hipotezo, da se Zn in Cu raztapljata iz IND, nerealno bi bilo namreč pričakovati, da je vzorec porazdelitve teh dveh kovin v primeru IND enak kot v primeru, da žival zaužije ionski obliki, t.j. (ZnCl_2 in $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$). V tem primeru bi namreč Cu in Zn nanodelci prehajali v organe z enako kinetiko kot Cu^{2+} in Zn^{2+} , kar pa ni pričakovano (slednje so pokazale sorodne mikroskopske študije z Ag nanodelci; Pipan-Tkalec, Ž; Drobne, D.; Vogel-Mikuš in sod., *Nucl. Instrum. Methods B* 2011, 269, 2286–2291). Dobljeni rezultati so zanimivi s tega stališča, da je količina raztopljenih Cu in Zn ionov, ki smo jih določili v suspenziji, ki smo jo nanесли na liste, zelo nizka (manj kot 1% vse dodanih kovin), vendar pa je njihova količina v telesu precej višja. Določili smo, da se kar 99.6 % pomejenih kovin (npr. v primeru bakra) raztopi znotraj organizma. To pomeni, da se biodostopnost kovin iz nanodelcev kovinskih oksidov v organizmu zaradi delovanja elementov črevesne raztopine močno poveča. To odkritje je eno ključnih v projektu in smo ga temu primerno objavili tudi v reviji z zelo visokim faktorjem vpliva.

Destabilizacijski potencial IND za membrane smo proučevali na izolirani prebavni žlezi kopenskega raka ter z umetnimi lipidnimi vezikli. Vsi testirani IND (ZnO, CuO IND ter vsi Cu-Ce mešani oksidi) so povzročili destabilizacijo membrane celic prebavne žleze, kar smo opazili kot njeno povečano prehodnost ter poškodbe vidne kot lipidna peroksidacija.

Enak trend smo opazili tudi v študijah z umetnimi lipidnimi vezikli. V primeru vseh IND smo opazili vpliv na njihove morfološke spremembe in pokanje lipidnih veziklov.

Optimizirali smo sistem testiranja IND na vretenčarskem modelnem organizmu zgodnjih razvojnih stopnjah rib *Danio rerio*. Vzpostavili smo tudi sistem za testiranje pod različnimi pogoji sevanja, t.j. brez in z UV svetlobo. Sledili smo označene IND po telesu rib. Kot modelne IND smo izbrali SiO₂. Najprej smo proučili toksični vpliv različnih vrst SiO₂, in sicer neporozne nanodelce (200-400 nm), neporozne nanodelce SiO₂ označene s fluorescentnim rodaminom G6, in mezoporozno SiO₂ (nefunkcionalizirani delci, ter delci funkcionalizirani s ciklodekstrinom, brez/z modelno učinkovino). Noben izmed delcev ni imel vpliva na razvoj rib. S konfokalnim fluorescentnim mikroskopom smo opazovali razporeditev SiO₂ delcev. Izkazalo se je, da se IND SiO₂ vežejo na zunanje površine izvaljenih rib, predvsem na čutilni organ pobočnico ter nosno votlino. V notranjosti rib lahko potrdimo prisotnost v prebavnem traktu. Bolj detajlno študijo razporeditve IND po telesu bi omogočila drugi ustrežnejši označevalci, vendar pa je njihova vezava na delce precej kompleksen problem in je preseгла okvire tega projekta.

Z ribami *D. rerio* smo proučevali tudi toksični vpliv mešanih kovinskih oksidov z različno vsebnostjo bakra na cerijevem oksidu (CeO₂) (t.i. CuCe mešani oksidi), in sicer z 10, 15 in 20 mol. % CuO, ter CeO₂ZrO₂ mešane okside z različnimi deleži niklja (Ni) in kobalta (Co), t.j. 3, 6, 12 in 18 % (w/w) Ni-Co. Ugotovili smo, da čisti CeO₂, CeO₂ZrO₂ in vsi njegovi Ni-Co mešani oksidi nimajo vpliva na ribe, CuCe mešani oksidi pa so povzročili deformacije v njihovem zgodnjem razvoju. Največji vpliv na razvoj je imel material z največjo vsebnostjo Cu (20 %), vendar tega nismo mogli pripisati raztapljanju Cu iz materiala. Poskusi z UV-A obsevanjem so pokazali, da sevanje v nasprotju s pričakovanji ne poveča strupenosti teh materialov. Nasprotno, ugotovili smo, da ti materiali lahko delujejo kot UV-A filtri in celo ščitijo testirane organizme.

Zaključujemo:

(a) Različne fizikalno-kemijske lastnosti nanomaterialov imajo vpliv na njihovo potencialno strupenost, vendar pa ni mogoče določiti, katera lastnost ima pri tem največjo vlogo. Toksično delovanje določenega nanomateriala je najverjetneje posledica vzajemnega delovanja vseh lastnosti pod določenimi pogoji. Lastnosti IND se v testnih medijih bistveno spremenijo, poleg tega ima na lastnosti nanomaterialov velik vpliv tudi sam organizem, kar so nazorno pokazale študije biodostopnosti s kopenskimi raki. Na osnovi tega zaključujemo, da se na osnovi podatkov pridobljenih za en tip IND ne da predvideti učinkov, ki bi jih potencialno imeli drugi IND. Tudi napovedi, ki jih nudijo modeli na osnovi *in silico* pristopov, so zato v tem trenutku vprašljive.

(b) Najverjetneje je glavni mehanizem delovanja IND preko spremembe lastnosti na celični membrani, kar so pokazale tako *in vitro* študije s prebavno žlezo kot tudi sistemi umetnih lipidnih membran.

(c) Modelni nevretenčarski organizmi so se izkazali kot izredno koristen model za ugotavljanje biodostopnosti kovin iz nanodelcev kovinskih oksidov. Poleg tega nam prebavna žleza omogoča študije potenciala IND za destabilizacijo membrane. Rezultati pridobljeni na ta način so kompatibilni s tistimi, ki smo jih pridobili z različnimi lipidnimi umetnimi membranskimi sistemi. Med posameznimi materiali nismo opazili bistvenih razlik v potencialu vpliva na membrane, zato jih na osnovi teh rezultatov ne moremo opredeliti kot bolj/manj varne. Te študije pa so pomembne predvsem s stališča bazičnih znanj, kjer opažen učinek povezujemo tudi z morebitnimi učinki na celičnem nivoju, npr. poškodbe lipidov in proteinov. Vretenčarski model z zgodnjimi razvojnimi stopnjami rib je primeren za študije porazdelitve IND po njihovem telesu, ker so le te v zgodnjem razvoju prosojne. Poleg tega nam enostavna uporaba tega testnega sistema omogoča pridobitve velikega števila podatkov o potencialni strupenosti IND in je lahko uporaben kot neke vrste »presejalni test«. Omogoča tudi preverjanje vpliva zunanjih fizikalnih dejavnikov,

npr. sevanja.

(d) Predstavljeni trije različni testni sistemi omogočajo pridobitev različnih tipov informacij o bioloških lastnostih IND. Tip zelenega končnega podatka (biodostopnost, membranski destabilizacijski potencial, vpliv na embrionalni razvoj,...) nas torej vodi pri izbiri testnega sistema.

(e) V splošnem lahko zaključimo, da testirani materiali (SiO_2 , ZnO, CuO, baker-cerij mešani oksidi, nikelj-kobalt-cerij-cirkonij oksidi) v smislu strupenosti ne predstavljajo velikega tveganja za okolje, obstaja pa tveganje za dolgoročne posledice zaradi kopičenja kovin v organizmu. Izkazalo se je, da je potrebno poleg čistih oksidov testirati tudi njihove mešanice.

V okviru projekta smo navezali sodelovanje z raziskovalci estonskega Nacionalnega inštituta za kemijsko fiziko in biofiziko »National Institute of Chemical Physics and Biophysics« (laboratorij dr. Anne Kahru). Skupina ima bogate izkušnje na področju nanoekotoksikologije, predvsem pa smo navezali sodelovanje na področju uporabe biosenzorjev za določanje prostih kovin. Raziskovalce omenjenega laboratorija smo gostili na Kemijskem inštitutu in v okviru enotedenskega obiska njihovega inštituta izvedli preliminarne poskuse raztapljanja nekaterih kovin iz kovinskih nanodelcev. Rezultate smo objavili v publikaciji (*Environ. Sci. Technol.*, 2012, 46, 12112–12119).

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

Kot glavni cilj celotnega projekta smo si zadali poglobljeno raziskati učinke IND na organizme po zaužitju (prehranjevanje, prevzem v prebavni sistem, vpliv na njegovo strukturo in funkcijo ter prenos in lokalizacija v celicah/tkivu/organu ali telesu). Na osnovi tega smo želeli podati mehanizem delovanja IND na biološke sisteme, ugotoviti povezavo med fizikalno-kemijskimi lastnostmi IND in opaženo biološko aktivnostjo; varnost določenih IND ter določiti korelacijo med uporabljenimi modeli testiranja učinkov IND. Kot končni rezultat smo želeli podati podatke o varnosti IND, ki bodo lahko uporabni v ocenah tveganja za ljudi in okolje. Ocenjujemo, da smo projektno delo zaključili v skladu s predlagano vsebino v predvidenem terminskem planu ter realizirali vse zastavljene cilje.

Naša izhodna hipoteza je bila, da imajo delci z različnimi fizikalno-kemijskimi lastnostmi različne učinke in so organizmom različno dostopni, kar so potrdili tudi naši rezultati. V nasprotju s pričakovanji pa smo ugotovili, da ni mogoče določiti, katera lastnost IND ima največjo vlogo pri njihovi biološki aktivnosti, delovanje določenega nanomateriala je namreč najverjetneje posledica vzajemnega delovanja vseh lastnosti pod določenimi pogoji. Pomembna ugotovitev projekta je, da sam organizem močno spremeni lastnosti IND, npr. vpliva na lastnost raztapljanja kovin iz nanodelcev kovinskih oksidov. Najverjetneje je glavni mehanizem delovanja IND preko spremembe lastnosti na celični membrani, kar je v skladu z novejšimi študijami s podobno tematiko.

Predvidevali smo, da bomo lahko z enim testnim sistemom ocenili tudi učinke IND, ki bi jih dobili z drugim modelom, vendar pa smo ugotovili, da predstavljeni trije različni testni sistemi omogočajo pridobitev zelo različnih tipov informacij o bioloških lastnostih IND. Izbira testnega sistema je torej odvisna od tipa zelenega končnega podatka (biodostopnost, membranski destabilizacijski potencial, vpliv na embrionalni razvoj,...). Izkazalo se je, da testirani materiali (SiO_2 , ZnO, CuO, baker-cerij mešani oksidi, nikelj-kobalt-cerij-cirkonij oksidi) v smislu strupenosti ne predstavljajo velikega tveganja za okolje, obstaja pa tveganje za dolgoročne posledice zaradi kopičenja kovin v organizmu. Zato je nadaljevanje tovrstnih študij smiselno in potrebno.

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

Do sprememb programa ali sestave projektne skupine ni prišlo.

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁶

		Znanstveni dosežek	
1.	COBISS ID	4936474	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Učinki štirih CeO ₂ nanokristaliničnih katalizatorjev na zgodnje razvojne stopnje rib <i>Danio rerio</i> in rake <i>Daphnia magna</i>
		ANG	Effects of four CeO ₂ nanocrystalline catalysts on early-life stages of zebrafish " <i>Danio rerio</i> " and crustacean " <i>Daphnia magna</i> "
	Opis	SLO	Proučevali smo učinke nanokristaliničnih katalizatorjev na osnovi CeO ₂ na vodne rake <i>D. magna</i> in zgodnje razvojne stopnje rib <i>D. rerio</i> . Testirali smo čisti CeO ₂ in njegove mešane okside z naslednjim deležem CuO (10, 15 and 20 mol. %). Na ribe čisti CeO ₂ ni imel nobenih učinkov, medtem ko so bili ti opazni v primeru njegovih mešanih oksidov. Najbolj očiten učinek je bila zmanjšana rast rib. Vodne bolhe so bile poškodovane le v primeru mešanega oksida z največjim deležem CuO (20 %). Zaključujemo, da noben od materialov ni zelo toksičen v primerjavi z drugimi okoljskimi onesnažili, kot so npr. nekateri pesticidi. Članek nakazuje potrebo po testiranju mešanih oksidov, velikokrat se namreč testira le čiste okside.
		ANG	Effects of four different nanocrystalline CeO ₂ -based catalysts on crustaceans <i>Daphnia magna</i> and early-life stages of zebrafish <i>Danio rerio</i> were studied. Pure CeO ₂ and CuO-CeO ₂ mixed oxides with a nominal 10, 15 and 20 mol. % CuO content were tested. Pure CeO ₂ provoked no effects, but CuO-CeO ₂ mixed oxides induced some sublethal effects on fish and affected daphnids' survival. The most pronounced effects were found on fish body growth, which was reduced at 10 mg/L in case of CuCe20 and 50 mg/L in cases of CuCe10 and CuCe15. Daphnids' survival was affected above 80 mg/L of CuCe20, while CuCe10 and CuCe15 did not affect daphnids. None of the materials was highly toxic to daphnids and fish in comparison to some other environmental pollutants. Differences in effects between the materials could not be explained by their specific physicochemical properties. This work indicates that more attention should be placed at potential toxicity of nanostructured materials, such as nanocrystalline mixed-oxides
Objavljeno v	Elsevier Scientific Publ. Co.; Journal of hazardous materials; 2012; Vol. 219-220; str. 213-220; Impact Factor: 4.173; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.895; A'': 1; A': 1; WoS: IH, IM, JA; Avtorji / Authors: Jemec Anita, Djinović Petar, Tišler Tatjana, Pintar Albin		
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
2.	COBISS ID	6065785	Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO	Bioakumulacija cinka v kopenskem nevretenčarju po hranjenju z delci ZnO ali raztopino ZnCl ₂
		ANG	Zinc bioaccumulation in a terrestrial invertebrate fed a diet treated with particulate ZnO or ZnCl ₂ solution
	Opis	SLO	Še vedno ni znano, kako se kovinski nanodelci kopičijo v telesu. V tej objavi smo prvi opisali kopičenje kovine v odvisnosti od njenega izvora, npr. nanodelci ZnO, makrodelci ZnO in raztopina ZnCl ₂ . Bioakumulacijo smo proučevali v modelnem kopenskem nevretenčarju, ki ima veliko sposobnost kopičenja kovin. Potencial kopičenja Zn ²⁺ je bil neodvisen od njegovega izvora, kar nakazuje na to, da je najverjetneje odvisen od odtapljanja Zn ²⁺ iz nanodelcev in makrodelcev ZnO. Predvidevamo, da se sami delci ZnO v organizmu ne kopičijo.
		There is still a lack of knowledge concerning bioaccumulation of	

		nanoparticles. This paper is the first one to describe the accumulation of metal depending on its source, such as uncoated and unmodified ZnO nanoparticles, ZnCl ₂ in solution, and macropowder ZnO. The bioaccumulation was studied in a model terrestrial invertebrate, known to accumulate large proportions of metals. The bioaccumulation potential of Zn was found to be the same regardless of Zn source and depends most probably on Zn dissolution from ZnO particles and not on bioaccumulation of particulate ZnO.
	Objavljeno v	Toxicology (Amst.). [Print ed.], 2010, iss. 2-3, vol. 269, str. 198-203. JCR IF (2010): 3.641, kategorija: 1A1 (Z1, A')
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	2658127 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<p><i>SLO</i> Akumulacija bakra v izopodnih rakah Porcellio scaber je posledica raztapljanja bakra iz nanodelcev CuO znotraj prebavnega sistema</p> <p><i>ANG</i> Upon exposure to Cu nanoparticles, the accumulation of copper in the isopod Porcellio scaber is due to the dissolved Cu ions inside the digestive tract</p>
	Opis	<p><i>SLO</i> Proučevali smo usodo Cu nanodelcev (Cu ND) v kopenskem raku Porcellio scaber. Živali smo izpostavili Cu ND in Cu soli za obdobje 14 dni (2000 and 5000 µg Cu/g dry food). Po koncu poskusa smo izmerili koncentracijo Cu v prebavni žlezi, črevesju in preostanku telesa. V obeh primerih, torej Cu NP in Cu-soli smo opazili podoben vzorec (i) asimiliranega Cu, (ii) enako porazdelitev Cu po telesu in (iii) enak učinek na prehranjevanje živali. Zato smo zaključili, da se v primeru Cu NP v prebavni žlezi kopičijo Cu ioni in ne delci. Določili smo, da se kar 99 % akumuliranega Cu raztopi znotraj prebavnega sistema teh živali. Odkritje je izredno pomembno, saj so tovrstne študije redkost.</p> <p><i>ANG</i> In the current work, we used a test system with terrestrial isopods (Porcelio scaber) to investigate the fate of Cu nanoparticles (CuNPs) inside the organism. The animals were fed with food spiked with Cu NPs or soluble Cu salt for 14 days (2000 and 5000 µg Cu/g dry food). Cu content was analysed in the digestive glands, gut and the 'rest' of the body. Similar patterns of (i) assimilated and depurated amounts of Cu, (ii) Cu body distribution, and (iii) effect on isopods feeding behaviour were observed regardless if the animals were fed with Cu NPs or soluble Cu salt spiked food. Thus, Cu ions and not CuO NPs were assimilated by the digestive gland cells. The comparison of the in vitro data on solubilisation of Cu NPs and in vivo data on Cu accumulation in the animal tissues showed that about 99% of accumulated copper ions was dissolved from ingested Cu NPs in the digestive system of isopods.</p>
	Objavljeno v	American Chemical Society; Environmental science & technology; 2012; Vol. 46, issue 21; str. 12112-12119; Impact Factor: 5.228; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.559; A': 1; WoS: IH, JA; Avtorji / Authors: Golobič Miha, Jemec Anita, Drobne Damjana, Romih Tea, Kasemets Kaja, Kahru Anne
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID	6536057 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<p><i>SLO</i> Ekotoksičnost nanodelcev TiO₂. Pregled in vivo podatkov</p> <p><i>ANG</i> Ecotoxicity of nanosized TiO₂. Review of in vivo data</p>
	Opis	<i>SLO</i> V članku smo na osnovi literaturnega pregleda analizirali učinke TiO ₂ nanodelcev na različne vrste organizmov z namenom identificirati značilnosti nanodelcev, ki imajo vpliv na njihovo biološko aktivnost. Na osnovi velikega števila študij smo ugotovili, da je nemogoče potegniti relevantne zaključke, ker so bili podani fizikalno-kemijski podatki o delcih

		večinoma pomanjkljivi ali pa celo manjkajoči. Članek nam je služil kot osnova za postavitev eksperimentalnega sistema, ki smo ga uporabljali v tem projektu. Na ta način smo pred samo izvedbo poskusov zagotovili sistem za pridobivanje najbolj zanesljivih in kvalitetnih eksperimentalnih podatkov.
	ANG	This paper presents an exhaustive literature review and discussion of data on the effect of nanoparticulate TiO ₂ on different test organisms with the aim to identify the characteristics of the nanoparticles that have most biological significance. The nanotoxicity data from a number of studies fail to reveal the characteristics actually responsible for their biological reactivity because reported nanotoxicity studies rarely carry information on the physicochemical characteristics of the nanoparticles tested. This work served as a preliminary step in setting up experimental system used in our project. The information gained based on this data analysis was a basis for reliable and quality experimental data.
Objavljeno v		Elsevier Applied Science Publishers; Environmental pollution; 2011; Vol. 159, issue 3; str. 677-684; Impact Factor: 3.746; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.978; A': 1; WoS: JA; Avtorji / Authors: Menard Anja, Drobne Damjana, Jemec Anita
Tipologija		1.02 Pregledni znanstveni članek

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine⁷

	Družbeno-ekonomski dosežek	
1.	COBISS ID	4280090 Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO Potencialni vplivi inženirsko proizvedenih nanodelcev na zgodnje razvojne stopnje rib zebrič
		ANG Potential effects of engineered nanoparticles on early life stages of zebrafish.
	Opis	SLO V prispevku smo predstavili vpliv nanodelcev (ND) titanovega dioksida (TiO ₂) na razvoj zgodnjih razvojnih stopenj (zarodek, larva) rib zebrič (<i>Danio rerio</i>). Rezultati kažejo, da ND TiO ₂ niso zelo strupeni za razvoj zarodkov, pri zelo visokih koncentracijah pa skupki delcev, ki nastanejo v vodnem mediju, lahko obdajo larve in vplivajo na njihovo kasnejše preživetje. To nakazuje potrebo po nadaljnjih študijah vpliva ostalih ND na razvoj rib. Prispevek ima pomen tako v znanstvenem smislu, kot tudi v izobraževalnem, saj je namenjen širši publiki in ozavešča ljudi o potencialnih učinkih ND.
		ANG In the present paper, the effects of titanium dioxide (TiO ₂) nanoparticles (NPs) on early life stages (embryo, larvae) of zebrafish (<i>Danio rerio</i>) were studied. The TiO ₂ NPs proved not to be very toxic to embryos, but at high concentrations aggregates of NPs in test medium affect the development and survival of larvae. This indicates the need for further research into the potential effects of other NPs on the development of fish. The contribution is of both scientific and social importance, since it serves to educate a broader audience on the potential effects of NPs.
	Šifra	F.02 Pridobitev novih znanstvenih spoznanj
	Objavljeno v	GLAVIČ, Peter (ur.), BRODNJAK-VONČINA, Darinka (ur.). Slovenski kemijski dnevi 2009, Maribor, 24. in 25. september 2009. Maribor: FKKT, [2009], str. 1-9
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
2.	COBISS ID	4254490 Vir: vpis v poročilo

Naslov	SLO	Se porazdelitev in akumulacija kovin v kopenskem raku razlikujeta v primeru zaužitja kovinskih nanodelcev ali soli?
	ANG	Does the body distribution and accumulation of metals in a model terrestrial invertebrate differ when ingested as metal-particles or metal salt?
Opis	SLO	Na mednarodni konferenci "4th International conference on Environmental effects of nanoparticles and nanomaterials" (Dunaj 6-9 September 2009) sem imela predavanje, kjer sem predstavila našo izhodno hipotezo, da se kovine raztapljajo iz nanodelcev kovinskih oksidov in se kopičijo v organizmu na enak način, kot se kopičijo v primeru soli kovin. Tezo smo kasneje nadgradili z dodatnimi raziskavami in objavili v mednarodno priznani znanstveni publikaciji.
	ANG	I gave a lecture at the international conference "4th International conference on Environmental effects of nanoparticles and nanomaterials" (Vienna 6-9 September 2009). The topic of the talk was our main hypothesis and finding, that the metals are dissolved from metallic oxide nanoparticles and are accumulated in the body in the same manner as when ingested as metal salt. We continued research in this field and published a paper in internationally recognized scientific publication.
Šifra	F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj
Objavljeno v	neobjavljeno	
Tipologija	3.15	Prispevek na konferenci brez natisa

9. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁸

--

10. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁹

10.1. Pomen za razvoj znanosti¹⁰

SLO

Področje potencialnega tveganja nanomaterialov za okolje in človeka je eno izmed perečih znanstvenih problemov. Kljub temu, da število študij s to tematiko strmo narašča, še vedno ostaja nerazrešenih nekaj ključnih vprašanj o njihovih učinkih na organizme. Ni namreč popolnoma znano, kako različne fizikalno kemijske lastnosti IND vplivajo na njihovo potencialno reaktivnost z biološkimi sistemi ter kako to vpliva na njihovo varnost. Poleg tega ostaja nerazrešen prenos IND po telesu, njihov mehanizem delovanja ter prenos v celico. Rezultati, ki smo jih pridobili tekom projekta, bodo pripomogli k reševanju teh ključnih neznank. Med ključne ugotovitve dela uvrščamo rezultat, da se bio-dostopnost kovin iz nanodelcev kovinskih oksidov bistveno poveča znotraj organizma. Pomembnost dobljenih rezultatov za razvoj znanosti se odraža tudi v tem, da smo rezultate projekta objavili v štirih odmevnih člankih v mednarodnih revijah z visokim faktorjem vpliva.

Za razvoj znanosti ima pomembno vlogo tudi uporaba dveh alternativnih testnih sistemov, t.j. nevretenčarjev in zgodnjih razvojnih stopenj rib. Trenutni svetovni trendi uporabe živali v poskusne namene se gibljejo v smeri zmanjševanja uporabe odraslih vretenčarjev in spodbujajo uporabo alternativnih pristopov. S tega stališča je torej uporaba alternativnih testnih sistemov in pridobitev zanesljivih rezultatov v pričujočem projektu doprinos k prepoznavanju uporabnosti alternativnih testnih sistemov in bo posredno prispevala k zmanjševanju števila žrtvovanih laboratorijskih sesalcev (miši, podgane) v kliničnih študijah na področju farmacije in medicine ter odraslih vretenčarjev v študijah ocen tveganja za okolje.

ANG

The potential hazard of nanomaterials for human and environment is one of current interesting scientific problems. Despite the fact, that the number of studies regarding this topic is

increasing constantly, there are still a number of knowledge gaps. Among these is how the physico-chemical properties of nanomaterials are linked to their biological reactivity. Also, the body distribution and mechanism of toxic action of ENPs are largely unknown. The results of this project will help resolve these crucial questions. Among the most important result of the project is the one, that the organism greatly modifies the behaviour of ENPs. The importance of results gained by the project is reflected in four publications in internationally recognized journals with high impact factors.

The use of alternative test systems employed in the project, namely invertebrates and early life stages of zebrafish, will also have a scientific impact. At the moment, there is a general trend in scientific community that the number of adult vertebrates used to gain toxicity information on chemicals should be kept to an absolute minimum and the use of alternative approaches such as the use of embryos and early life stages, as well as invertebrates for these purposes are encouraged. From this point of view, the use of alternative test systems and generation of meaningful results in the present project will help to increase their recognition and importance as alternative toxicity tests. Finally, this will help reduce the number of laboratory mammals (rats, mice) used in clinical studies as well as adult vertebrates in environmental risk assessments.

10.2. Pomen za razvoj Slovenije¹¹

SLO

Nanotehnologije, zdravje ter znanosti o življenju sodijo med prioriteta področja raziskav v Sloveniji. V predlagani raziskavi so na nek način združena vsa tri področja s poudarkom na študiju potencialnih škodljivih učinkov inženirsko proizvedenih nanodelcev (IND). Proučevali smo IND, za katere obstaja verjetnost, da se jih zaužije preko hrane, pitne vode, zdravil in krme za živali. V Sloveniji so tako krmna, farmacevtska, prehrabena industrija ter kmetijstvo pomembne panoge. Glede na svetovne in evropske trende uporabe IND v teh panogah, Slovenija ne bo izjema pri njihovem vključevanju v svoje proizvode. Zato je pomembno, da je na voljo čim več informacij o njihovi varni proizvodnji in uporabi. Izsledki te raziskave so tako direkten doprinos k razvoju varne hrane za ljudi in živali. Informacije o nevarnosti določenih IND bodo pripomogli tudi k večji ozaveščenosti potrošnikov o uporabi določenih produktov, ki vsebujejo IND. Trenutno so namreč IND že sestavni del mnogih izdelkov za širšo uporabo (npr. kozmetika, čistila, zdravila), kljub temu, da so podatki o njihovi varnosti večinoma manjkajoči.

Izsledki raziskave imajo neposreden pomen tudi za varovanje naravnega okolja. Glede na predvidene trende uporabe IND v različnih industrijah lahko z gotovostjo pričakujemo njihovo pojavljanje v okolju. Trenutno v Evropski Uniji ni enotne zakonodaje, ki bi urejala to področje. Znanja o njihovih vplivih na kopenske in vodne organizme bodo tako pomembni pri oblikovanju zakonskih podlag za nadzor proizvodnje in uporabe IND. S pomočjo teh informacij se bodo razvijale tudi smernice za trajnostni razvoj Slovenije, ki bodo zagotavljale ohranjanje naše naravne dediščine in biotske raznovrstnosti.

ANG

According to the current Slovenian Resolution on the National research and development program, nanotechnology, health and life sciences are among priority research fields in Slovenia. In the proposed project, all three fields are somehow integrated with major focus on the safety of engineered nanoparticles (ENPs) for human and environment. We focused on engineered nanoparticles commonly present in food, feed, drugs and drinking water. In Slovenia, food and feed industry and agriculture are important constituents of gross domestic product. According to current world and European trends of ENPs' uses in this sector, we expect that Slovenia will not be an exception. It is therefore of utmost importance to gain as much as possible information on safe use of ENPs. The findings of the present project are therefore a contribution to the safe food production. The information on the potential effects of ENPs is also important to inform the consumers on the safe use of certain products containing ENPs. Namely, ENPs are already present in many products widely used by consumers (cosmetics, cleaning products, medicine), although their safety has rarely been assessed.

The safety data on ENPs obtained in this study will also help preserve the environment.

According to the current trends of ENPs usage, they will inevitably be released to the environment. In European Union there is currently no internationally agreed jurisdiction concerning the safe use and production of ENPs. The knowledge of the safety of ENPs for terrestrial and aquatic organisms will help developing guidelines for sustainable and responsible development, as well as provide support for regulatory acts for preservation of environment. In this way, the results will enable the preservation of Slovenian natural heritage and biotic diversity.

11. 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		
F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>

	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE

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

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

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

Komentar

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

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visokošolskega 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="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01	Dvig kvalitete življenja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.06.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete					
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj					
G.07	Razvoj družbene infrastrukture					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva					
G.09.	Drugo:					

Komentar

--

13.Pomen raziskovanja za sofinancerje¹²

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

Ocena

14. Izjemni dosežek v letu 2012¹³

14.1. Izjemni znanstveni dosežek

GOLOBIČ, Miha, JEMEC, Anita, DROBNE, Damjana, ROMIH, Tea, KASEMETS, Kaja, KAHRU, Anne. Upon exposure to Cu nanoparticles, the accumulation of copper in the isopod Porcellio scaber is due to the dissolved Cu ions inside the digestive tract. Environ. sci. technol. [Print ed.], 2012, vol. 46, issue 21, str. 12112-12119. doi: 10.1021/es3022182. [COBISS.SI-ID 2658127].

14.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

--

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

Anita Jemec

ŽIG

Kraj in datum:

Ljubljana	28.2.2013
-----------	-----------

Oznaka prijave: ARRS-RPROJ-ZP-2013/102

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

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

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

⁴ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikost 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, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

⁶ 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](#)

⁷ 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](#)

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

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

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

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

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

¹³ Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega projekta v letu 2012 (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](#)

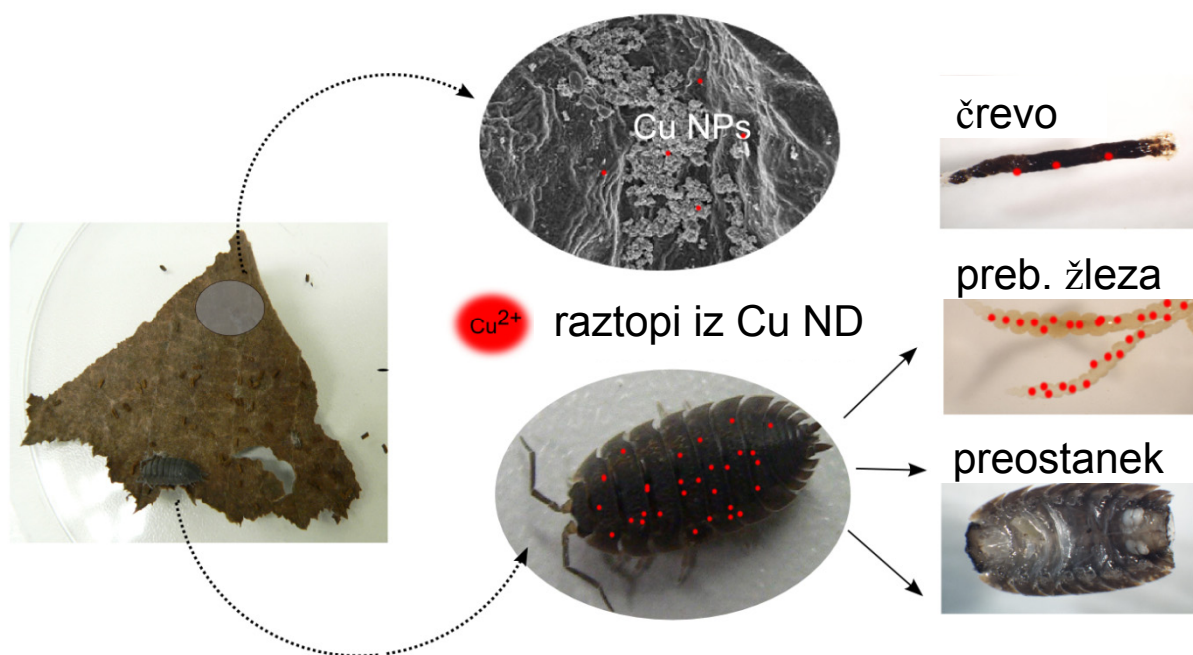
Obrazec: ARRS-RPROJ-ZP/2013 v1.00
E9-6B-24-10-D0-C5-5B-E7-89-74-EC-1B-55-96-92-99-78-FA-AA-E0

VEDA

Področje: 1.03 – Biologija

Dosežek 1

Vir: GOLOBIČ, Miha, JEMEC, Anita, DROBNE, Damjana, ROMIH, Tea, KASEMETS, Kaja, KAHRU, Anne. Upon exposure to Cu nanoparticles, the accumulation of copper in the isopod *Porcellio scaber* is due to the dissolved Cu ions inside the digestive tract. *Environ. sci. technol.* [Print ed.], 2012, vol. 46, issue 21, str. 12112-12119. doi: 10.1021/es3022182. [COBISS.SI-ID 2658127].



Avtorji so v prispevku opisali ključno odkritje podoktorskega projekta, in sicer pomen modifikacije nanodelcev znotraj organizma. Proučevali so usodo bakrovih nanodelcev (Cu ND) v kopenskem raku *Porcellio scaber*. Živali so izpostavili Cu ND in Cu soli za obdobje 14 dni. Po koncu poskusa so izmerili koncentracijo Cu v prebavni žlezi, črevesju in preostanku telesa. V obeh primerih, torej Cu NP in Cu soli, so opazili podoben vzorec (i) asimiliranega Cu, (ii) enako porazdelitev Cu po telesu in (iii) enak učinek na prehranjevanje živali. Na osnovi tega so zaključili, da se tudi v primeru Cu NP v prebavni žlezi kopičijo Cu ioni in ne delci. Podobno so potrdile tudi mikroskopske študije s srebrovimi nanodelci na enakem testnem modelu (Pipan-Tkalec, Ž; Drobne, D.; Vogel-Mikuš in sod., *Nucl. Instrum. Methods B* 2011, 269, 2286–2291). Ugotovili so, da se kar 99 % akumuliranega Cu raztopi znotraj prebavnega sistema teh živali. Organizmi torej bistveno spremenijo biodostopnost kovin iz nanodelcev kovinskih oksidov, kar bo potrebno upoštevati tudi pri načrtovanju ocene tveganja nanodelcev za ljudi in okolje.