

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2011-1/119

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	L2-1157
Naslov projekta	Kompoziti za litijeve baterije z veliko močjo
Vodja projekta	19277 Robert Dominko
Tip projekta	L Aplikativni projekt
Obseg raziskovalnih ur	4.170
Cenovni razred	D
Trajanje projekta	02.2008 - 01.2011
Nosilna raziskovalna organizacija	104 Kemijski inštitut
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	103 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo
Družbeno-ekonomski cilj	12. Splošni napredek znanja - RiR financiran iz splošnih univerzitetnih fondov (SUF)

1.1. Družbeno-ekonomski cilj¹

Šifra	05.
Naziv	Energija

2. Sofinancerji²

1.	Naziv	Iskra Tela d.d.,
	Naslov	C. dveh cesarjev 403, Ljubljana
2.	Naziv	
	Naslov	
3.	Naziv	
	Naslov	

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega projekta³

Delo na projektu je bilo razdeljeno na pripravo nanostrukturiranih materialov za anodo in za katodo. Kot aktivne materiale za anodo smo uporabili TiO_2 faze, ki smo jih pripravili po dveh različnih templatnih poteh. V prvem primeru smo za osnovo vzeli titan-oxidne nanocevke s kemijsko formulo $\text{H}_2\text{Ti}_3\text{O}_7$. Povprečen radij cevki je bil cca. 15 nm in tipična dolžina do 200 nm. Titan-oxidne cevke s segrevanjem pridejo v kristlografsko gostejšo fazo TiO_2 z anatazno strukturo, ki je eden izmed najbolj obetavnih materialov za uporabo v litijevih ionskih baterijah z veliko močjo. Prednost omenjenega materiala je tudi strukturna stabilnost in potencial delovanja, v katerem so uporabljeni organski elektroliti stabilni. Med prekristalizacijo je potrebno doseči, da nastali anatazni delci ne bodo rastle in se združili v večje aglomerate, s čemer se podaljšajo difuzijske poti in onemogoči dostop elektronov in litijevih ionov po celotni površini delcev. Aglomeracijo in rast smo preprečili na takšen način, da smo na površino titan-oxidnih nanocevk vezali keramične prekursorje. Na ta način je lahko količina prekursorja tako majhna, da nastali površinski filmi niso vidni, kljub temu pa povsem preprečijo vsakršno morfološko spremembo in rast osnovnih nanodelcev vse do 700°C . Pri delu smo uporabili naslednje keramične prevleke: SiO_2 , Al_2O_3 in Nb_2O_5 . Predvsem nas je zanimalo kako se bodo obnašale druge keramične prevleke kot so alumina (Al_2O_3) in niobat (Nb_2O_5), kjer so valenčna stanja aluminija in niobija drugačna od silicija. Preveriti smo želeli potencialni akceptorsko/donorski vpliv. Kot osnova za anatazno fazo smo vedno vzeli titan-oxidne nanocevke s kemijsko formulo $\text{H}_2\text{Ti}_3\text{O}_7$. Izkazalo se je, da valenca ne igra pomebne vloge, saj ni bilo mogoče korelirati valenco in elektrokemijo. Ker imajo uporabljene prevleke in tudi aktivni material poprevodniški do izolatorski značaj smo v začetni eksperimentih zraven dodali še rutenijev prekursor, ki pri termični obdelavi tvori RuO_4 fazo, katere prevodnost ima kovinski značaj. Vsem pripravljenim kompozitom, ki smo jih uporabili v meritvah smo tudi merili fizikalno kemijske lastnosti s karakterizacijskimi metodami, ki dajejo komplementarne rezultate. Velikost kristalitov smo izračunali s pomočjo Scherrejeve enačbe. Izračunana velikost kristalitov je pri višjem uporabljenem deležu silike okoli 6 nm in pri nižjem deležu okoli 8 nm, medtem če pripravimo TiO_2 delce iz titan-oksidnih nanocevk pod enakimi pogoji je velikost kristalitov okoli 14 nm. Za izboljšanje elektronske prevodnosti smo pred segrevanjem dodali rutenijev prekursor, ki se pri temperaturah nad 450°C pretvori v RuO_2 (dober elektronski prevodnik). Izračunana povprečna velikost kristalitov je v skladu z BET podatki o specifični površini. Največja specifična površina je bila določena za kompozit z 2 ut.% SiO_2 ($277 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$). Manjša količina SiO_2 (0.5 ut.%) že znatno slabše preprečuje rast delcev, kar se odraža na manjši BET površini ($195 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$), medtem ko smo čistim TiO_2 delcem določili samo $135 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$. Podoben trend smo opazili tudi pri kompozitih z dodatkom RuO_2 , le da so bile BET specifične površine nekoliko nižje, kar pa je v skladu z nekoliko večjimi kristaliti. Pri elektrokemijski karakterizaciji smo bili osredotočeni na obnašanje elektrodnega materiala pri tokovnih gostotah od 2C (335 mA g^{-1}) pa vse do 120C (20 A g^{-1}), kar pomeni da je tokovna gostota ustrezala teoretičnem času polnjenja od 30 minut do 30 sekund. Vpliv keramičnih prevlek na TiO_2 nanodelcih je opazen pri višjih tokovnih gostotah, namreč pri začetni uporabljeni tokovni gostoti (335 mA g^{-1}) vsi materiali izkazujejo približno podobno kapaciteto, ki znaša okoli 180 mAh g^{-1} . Dosežena reverzibilna kapaciteta je višja od teoretične kapacitete v TiO_2 delcih velikosti mikro metra, zaradi dodatne vgradnje po površini. Vpliv keramičnih prekursorjev je bolj opazen pri višjih tokovnih gostotah. Pri uporabljenih tokovnih gostotah srednjih vrednosti (ustreza času polnjenja 2-6 minut) imajo kompoziti z višjim deležem keramične prevleke najvišjo kapaciteto (okoli 60% teoretične vrednosti), medtem ko pri najvišjih uporabljenih tokovnih gostotah, višji deleži izolatorskih prevlek onemogočajo hiter transport elektronov in je shranjevanje naboja povsem kondenzatorsko. V tem primeru so najvišje kapacitete dosežene z nižjimi deleži keramičnih prevlek (okoli 40% teoretične vrednosti).

Drugi način priprave TiO_2 aktivnega materiala za litijeve ionske baterije z veliko močjo je bil uporaba mikrovalovne tehnike za pripravo templatnih mezoporoznih materialov iz organokovinskih prekursorjev. Tehnika je na voljo pri našem partnerju na projektu iz tujine na Univerzi Jules Verne v Amiens v Franciji. Mladi raziskovalec Boštjan Erjavec je v sklopu našega sodelovanja pridobil štipendijo francoskega veleposlaništva, ki mu je omogočila enomesečno

bivanje v Amiens. V tem času se je seznanil s sintezno tehniko in je pripravil mesoporozne materiale na osnovi silike s površino $550 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$. TiO_2 pripravljen po tej sintezni poti ni kazal tako odličnih elektrokemijskih lastnosti.

Iz celotnega spektra meritev smo uspeli izluščiti najpomembnejša parametra, ki zagotavljata dobro elektrokemijsko aktivnost pri visokih tokovnih obremenitvah. Bistvena sta predvsem velikost kristalitov – ki je korelirana s specifično površino in tudi poroznost sistema, pri čemer so najpomembnejše mezopore (pore velikosti okoli 20nm - 30nm so se izkazale za optimalne). Če je prvi zaključek v skladu s pričakovanji, saj krajša difuzijska pot pomeni tudi hitrejšo kinetiko, je drugi pomemben parameter presenčenje, saj literatura ne omenja pogosto potrebo po natančno izoblikovani velikosti por v kompozitnih elektrodah. To lahko pojasnimo s preprosto razlago, namreč omenjena velikost por je idealen rezervoar za litijeve ione v elektrolitu, večje pore zmanjšajo celokupno volumensko in tudi gravimetrično energijsko gostoto med tem ko je v manjših porah omejena logistika (pride do osiromašanja elektrolita pri hitri kinetiki, kar posledično pomeni manjšo elektrokemijsko kapaciteto materiala). Pri nadaljnjih raziskavah se je kot pomemben parameter za delovanje litijevih ionskih akumulatorjev izkazala tudi pravilna izbira separatorja, ki loči katodo in anodo. Slednji mora imeti visoko permeabilnost in bolj pomembno je, da separator lahko zadrži večjo količino elektrolita kot so difuzijske poti za litij v elektrolitu.

Kot izbran ciljni katodni material smo vzeli LiMn_2O_4 , spojino, ki je vgrajena v električna (npr v prvem serijskem avtu na slovenskih cestah) in tudi hibridna vozila. Z uporabo večjega deleža surfaktanta in s sintezo v hidrotermalnem reaktorju smo uspeli sintetizirati 6nm delce LiMn_2O_4 .

Te smo nato ločili od surfaktanta s filtracijo in dobljen material posušili. Postopek oblačenja LiMn_2O_4 delcev je bil podoben tistemu, ki smo ga osvojili za pripravo anatazne faze s prevlekami iz keramike. Na osnovi testiranj različnih kombinacij LiMn_2O_4 – keramične prevleke, pri čemer so bili kompoziti pripravljani pri različnih temperaturah, smo prišli do zaključka, da nanodelci LiMn_2O_4 niso uporabni, ker se pri prvi oksidaciji na površini nabere pasivna plast, ki onemogoča dostop litija direktno do površine. Vsi kompoziti, katerih površina je bila manjša od $1 \text{ m}^2/\text{g}$ so delovali dobro, vendar ne pod visokotokovnimi obremenitvami. Edini kompozit, ki je potencialno uporaben za visokotokovne akumulatorje je LiMn_2O_4 dopiran z 10at.% Ru, ki se vgradi v strukturo in s tem izboljša elektrokemijske lastnosti. Poglavitni razlog za elektrokemijsko neaktivnost LiMn_2O_4 leži v dejstvu, da izmenjava litija poteka pri potencialu, kjer klasični elektroliti niso več stabilni. Na osnovi tega spoznanja smo začeli razvijati popolnoma novo sintezno pot, ki omogoča med 10 nm in 20nm velike kristalite LiMPO_4 spojine ($M=\text{Fe}$ ali Mn).

To delo je še vedno v teku in je osnovna tema raziskovalnega dela med doktorskim študijem ene izmed naših študentk. Bistvo sintezne metode je dvostopenjska sinteza, čeprav pogosto uporabljena pri pripravi raznih keramik, skoraj nikoli pa uporabljena pri pripravi baterijskih materialov. V prvi fazi pripravimo prekursor v ogljikni matriki. Prekursor, ki ne vsebuje litijevega sol v drugi stopnji zmeljemo skupaj z izbranim virom litija in še enkrat kalciniramo pri izbrani temperaturi. Prednost te tehnike je v tem, da v prvi stopnji lahko naredimo majhne delce, ki so med seboj ločeni z ogljikovo fazo, katere količino in kvaliteto lahko nadzorujemo z organskim prekursorjem in tudi s temperaturo karbonizacije v prvi stopnji.

Nov pristop k pripravi aktivnih materialov je zanimiv tudi za sofinancerja na projektu predvsem iz vidika, da pridobljeno znanje uspešno uporabimo, pri izboljševanju kvalitete in performance njihovih baterij. Obenem so tudi pozorni na potencialno dober, tržno zanimiv material. Omenjeno delo je objavljeno v dveh člankih in je bilo tudi tema enega magistrskega dela. Predstavljen je bilo na vseh pomembnejših znanstvenih srečanjih in tudi v obliki dveh vabljenih predavanj. Na projektu so v celoti sodelovali trije mladi raziskovalci, od katerih sta dva že zaključila s študijem.

4. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev⁴

S »soft templating« metodo smo pripravili nanostrukturirane elektrodne materiale na osnovi anatazne faze, ki so sposobni delovati pri visokih tokovnih obremenitvah. Bistvena novost tega pristopa je, da smo uspeli z majhnim deležem keramične prevleke stabilizirati majhne delce tudi pri visokih temperaturah in preprečili njihovo aglomeracijo. Na takšen način smo zagotovili, da je velika večina delcev istočasno v dobrem ionskem in elektronskem kontaktu, kar omogoča sočasno

izmenjavo litija med elektrolitom in kristalno strukturo anataza po celotni površini. Homogeno prisotnost keramičnih prevlek smo določili z EDS metodo. Keramične prevleke tudi spremenijo morfologijo pripravljenih kompozitov. Namreč v primeru, ko termično obdelujemo titan-oksidge nanocevke, se te pretvorijo v pravilne kristalite, medtem, če na njih vežemo npr. TEOS, se ohrani oblika cevk, ki so razpokane, zaradi tvorbe kristalografsko gostejše faze, anataza. Vpliv keramičnih prevlek ni samo v zmanjšanju velikosti kristalitov, temveč je njihov vpliv opazen tudi v spremenjenem elektrokemijskem obnašanju saj njihova omogoči večjo površino in tudi razmakne kristalite med seboj (izmerili smo višjo mikro in mezo poroznost) in na takšen način je omogočen višji delež površinske vgradnje tudi pri višjih tokovnih gostotah, ker je na voljo več elektrolita v neposredni bližini površine aktivnih delcev.

Naslednja metoda po kateri smo pripravili nanostrukturirani katodni material je »soft templating« metoda priprave LiMn_2O_4 katodnega materiala. Z uporabo surfaktanata smo s hidrotermalno sintezo uspeli pripraviti 6 nm delce LiMn_2O_4 katodnega materiala, katerega smo uporabili za pripravo nanostrukturiranih elektrod po postopkih, ki smo jih razvili za TiO_2 material. Kljub dejstvu, da nam je uspelo pripraviti katodni kompozit s podobnimi mikrostrukturnimi karakteristikami, kot smo to naredili pri TiO_2 , nanostrukturirani kompoziti na osnovi LiMn_2O_4 niso rezultirali elektrokemijskih lastnosti, ki bi bile uporabne v litijevih ionskih akumulatorjih z veliko močjo. Poglavitni razlog je površina, ki med elektrokemijsko reakcijo oksidacije katalizira razpad elektrolita in tako tvori debelo plast pasivnega filma, ki upočasnuje kinetiko. Razvili in patentirali smo novo sintezno metodo za pripravo nanometerski aktivnih delcev ogljikovi matriki. Nova sintezna metoda, ki jo lahko opredelimo kot »hard templating« metodo vsaj deloma omejuje parazitske reakcije po površini in tako omogoča uporabo delcev velikost 10 nm in s tem posledično tudi hitro kinetiko vgradnje ali izgradnje litija. Po tej sintezni poti smo pripravili spojine na osnovi LiMPO_4 kemijske formule ($M = \text{Fe}$ in ali Mn).

Za TiO_2 smo pripravili Ragone diagram, ki pokaže, da je gostota moči iz TiO_2 kompozitov razvitih v tem projektu zelo blizu gostoti moči, ki jih dobimo v superkondenzatorjih. Z drugimi besedami, razvite materiali v tem projektu lahko uporabimo v litijevih ionskih akumulatorjih, ki so hibrid med akumulatorjem in superkondenzatorjem.

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

V času trajanja projekta smo sledili zastavljenim ciljem in ni prišlo do nobenih odstopanj pri izvajanju projekta.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁶

Znanstveni rezultat			
1.	Naslov	SLO	Uporaba stabilizatorjev za velikost delcev in morfologijo: smernica za hitro shranjevanje energije insercijske materiale
		ANG	Stabilizers of particle size and morphology : a road towards high-rate performance insertion materials
	Opis	SLO	V članku je predlagana nova strategija stabilizacije velikosti aktivnih delcev in morfologije med segrevanjem. Efekt je prikazan s pomočjo keramičnih prevlek, ki tvorijo kovalentno vez s podlago (uporabljene so bile nanocevke TiO_2). Te keramične prevleke med toplotno obdelavo delujejo kot stabilizator preprečevanja rasti delcev in njihovega sintranja. Elektrokemijski rezultati kažejo odvisnost reverzibilne kapacitete anatasa od velikosti delcev in tudi od volumna mesopor med delci. Namreč delci z isto velikostjo kristalitov precej boljše delujejo v kopozitih, kjer je volumen por višji.
		ANG	In this paper we propose a new strategy for the stabilization of active particle size and morphology during heating using stabilizers that form covalent bonds on an active particle surface. The effect of size and morphology stabilization using ceramic precursors is demonstrated on hydrated titania nanotubes. The charge-discharge curves show that the reversible capacity of anatase depends on the particle size and the amount of

			mesopores while samples having a similar particle size but larger pore volume, are found to show significantly better performance.
	Objavljeno v		JAMNIK, Janko, DOMINKO, Robert, ERJAVEC, Boštjan, REMŠKAR, Maja, PINTAR, Albin, GABERŠČEK, Miran. Stabilizers of particle size and morphology : a road towards high-rate performance insertion materials. Adv. mater. (Weinh.), 2009, vol. 21, issues 25/26, str. 2715-2719.
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		4161818
2.	Naslov	SLO	Nanodelci TiO ₂ (anatazna faza) ožičeni z RuO ₂ : omejitev rasti z uporabo silike
		ANG	RuO ₂ -wired high-rate nanoparticulate TiO ₂ (anatase) : suppression of particle growth using silica
	Opis	SLO	V tem delu smo pokazali, da keramični aditivi izboljšajo delovanje nanodelcev anataza (dobljenih s termično obdelavo TiO ₂ nanocevk) pri visokih tokovih gostotah (tja do 20 A/g – 120C). S sistematično uporabo RuO ₂ kot elektronsko prevodnega materiala in silike kot additiva, ki preprečuje rast delcev, smo izboljšali delovanje anatazne faze pri visokih tokovnih obremenitvah za 25-55 mA h/g pri 60C. Kombinirana uporaba obeh aditivov, katereh delež je 2.5 ut.% izboljša delovanje za več kot 70 mA h/g pri 60C. Predlagali smo mehanizme, ki omogočajo te znatne izboljšave.
		ANG	In this work we show that the use of two ceramic additives can enhance the high-rate capability (up to 20 A/g – 120C) of nanoparticulate anatase formed by thermal treatment of protonated TiO ₂ nanotubes. We show systematically that use of RuO ₂ as an electron-conductive material and silica as a suppressant of particle growth improve the high-rate performance of anatase by 25-55 mA h/g at 60 C. The combined use of both additives in a total amount of merely 2.5 wt.% leads to an improvement of more than 70 mA h/g at 60C. The underlying mechanisms for these significant effects are briefly discussed.
	Objavljeno v		ERJAVEC, Boštjan, DOMINKO, Robert, UMEK, Polona, ŠTURM, Sašo, PEJOVNIK, Stane, GABERŠČEK, Miran, JAMNIK, Janko. RuO ₂ -wired high-rate nanoparticulate TiO ₂ (anatase) : suppression of particle growth using silica. Electrochem. commun., 2008, vol. 10, no. 6, str. 926-929. JCR IF (2007): 4.186
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		3903258
3.	Naslov	SLO	Termodinamska razlaga za pojav energijske histereze v insercijskih baterijskih materialih
		ANG	Thermodynamic interpretation of the energy hysteresis in insertion battery materials
	Opis	SLO	V članku je objavljeno v svetovnem merilu pomembno dognanje, ki pojasnjuje mehanizem energijske histereze pri delovanju insercijskih litijevih ionskih materialov, ko so uporabljene neskončno majhne tokovne obremenitve. Dodatno smo pojasnili opažanje, da je ravnotežni potencial akumulatorja odvisen od zgodovine procesov.. Povsem splošna termodinamska razlaga sicer ni omejena zgolj na baterijske sisteme, temveč velja za vse sisteme z soobstojem velikega števila sklopljenih, a fazno ločenih osnovnih enot (aktivnih delcev), kjer ima kemijski potencial posamezne osnovne enote nehomogen profil.
		ANG	In this paper we published in a very wide-ranging discovery which allows to explain the phenomenon of energy hysteresis that is observed at the operation of lithium ion insertion materials at very small current densities. In addition, it explains the fact that the equilibrium potential of battery depends on the history of processes that have taken place. The general thermodynamic interpretation is not confined to battery systems, but applies to all systems with coexistence of a large number of coupled, phase separated basic units with inhomogeneous profile of the chemical potential.
	Objavljeno v		DREYER, Wolfgang, JAMNIK, Janko, GUHLKE, Clemens, HUTH, Robert, MOŠKON, Jože, GABERŠČEK, Miran. The thermodynamic origin of hysteresis in insertion batteries. Nature materials, 2010, vol. 9, p. 448-453. JCR IF (2009): 29.504
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
			4476186

	COBISS.SI-ID	
4.	Naslov	SLO ELEKTROAKTIVNE ORGANSKE MOLEKULE KOT AKTIVNI ELEKTRODNI MATERIAL ZA LITIJEVE IONSKE AKUMULATORJE
		ANG ELECTROACTIVE ORGANIC MOLECULES AS ACTIVE ELECTRODE MATERIALS IN Li-ION BATTERIES
	Opis	SLO Članek obravnava popolnoma nov koncept uporabe redoks aktivnih organskih molekul kot elektrodnega materiala za litijeve ionske akumulatorje. Kot prvi na svetu smo predlagali in tudi eksperimentalno dokazali, da je uporaba topnih organskih molekul mogoča, če jih pripnemo na netopni anorganski nosilec. Koncept delovanja je bil eksperimentalno dokazan s pripenjanjem quinon calix[4]arena na delce z veliko površino. Pokazali smo, da je na takšen način mogoče omenjeni kompozit uporabiti kot baterijski material in, da izkazuje stabilno kapaciteto med ponavljajočimi se praznjenji in polnjenji.
		ANG In this paper we propose, for the first time, a possibility of the use of soluble organic molecules as active electrode materials in Li-ion batteries. We showed that the use of soluble organic molecules is possible by their grafting (anchoring) onto the insoluble surface. First concept was proposed by the grafting of quinon derivate of calix[4]arene on the high surface area particles. A high stability during constant charge/discharge processes of the composite electrode material has been achieved.
	Objavljeno v	B. Genorio, K. Pirnat, R. Cerc Korošec, R. Dominko, M. Gaberšček. Electroactive organic molecules immobilized onto solid nanoparticles as a cathode material for lithium-ion batteries. Angew. Chem. (Int. ed., Print), 2010, vol. 49, no. 40, str. 7222-7224. JCR IF: 11.829
	Tipologija	1.03 Kratki znanstveni prispevek
	COBISS.SI-ID	34436869
5.	Naslov	SLO Krojenje nanostrukture TiO ₂ za litijeve ionske akumulatorje z veliko močjo
		ANG Tailoring nanostructured TiO ₂ for high power Li-ion batteries
	Opis	SLO Rezultati v članku nedvoumno pokažejo, da se hitrost vgradnje litija v anatazno strukturo TiO ₂ bistveno izboljša z uporabo majhnih deležev (nekaj procentov) pazljivo izbranih oksidov kot so silika ali RuO ₂ . Vloga silike je ohraniti prvotno morfologijo in velikost titan oksidnih nanotub med toplotno obdelavo, medtem ko naj bi dodatek RuO ₂ vplival na izboljšanje elektronske prevodnosti. Dodatki silike in RuO ₂ tudi izboljšajo delovanje kopozitov na osnovi komercialnih anataznih delcev.
		ANG In this paper we show that the rate performance of anatase TiO ₂ can be significantly improved by addition of a small amount (few percent) of carefully selected oxides such as silica or RuO ₂ . Specifically, silica serves primarily as a suppressant of particle growth during heating of anatase precursor-in our case titania nanotubes. The addition of RuO ₂ is supposed to enhance the electronic conductivity. The beneficial impact of the combined use of silica and RuO ₂ in the preparation of anatase-based electrodes is also demonstrated on a commercially available sample of anatase.
	Objavljeno v	ERJAVEC, Boštjan, DOMINKO, Robert, UMEK, Polona, STURM, Sašo, PINTAR, Albin, GABERŠČEK, Miran. Tailoring nanostructured TiO ₂ for high power Li-ion batteries. J. power sources, 2009, issue 1, vol. 189, str. 869-874.
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID	4071706

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine⁶

	Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat	
1.	Naslov	SLO LiMn ₂ O ₄ kompoziti za litijeve ionske akumulatorje z veliko močjo
		ANG LiMn ₂ O ₄ composites for higher power Li-ion batteries
	Opis	SLO Virtualni evropski laboratorij na litijevih ionskih akumulatorjih (katerega član je Kemijski inštitut) je član konzorcija v okviru katerega deluje mednarodna »Erasmus Mundus« šola - Materials for Energy Storage and Conversion (II. bolonjska stopnja). V letu 2009 je bil vodja projekta metor študentu iz Francije, Jeremy COME, ki je uspešno zagovarjal magistrsko delo z

			naslovom " LiMn2O4 composites for higher power Li-ion batteries " septembra 2009 v Amiens (Francija). Jeremy COME nadaljuje doktorski študij na Univerzi v Toulouse (Francija).
		ANG	National Institute of Chemistry as a member of the virtual European laboratory for lithium ion batteries is a member of consortium which includes international »Erasmus Mundus« school - Materials for Energy Storage and Conversion. Project leader was thesis advisor for the French student Jeremy COME, who successfully finished master study with a defence of thesis " LiMn2O4 composites for higher power Li-ion batteries " in September 2009 in Amiens (France). He is continuing with his PhD study at the University of Toulouse.
	Šifra	D.10 Pedagoško delo	
	Objavljeno v	COME, Jérémy. LiMn2O4 composites for higher power Li-ion batteries : [master thesis]. [S.l.: J. Come], 2009. 50 f., ilustr.	
	Tipologija	2.09 Magistrsko delo	
	COBISS.SI-ID	4222234	
2.	Naslov	SLO	Vgradnja in fazne spremembe
		ANG	Insertion and phase change
	Opis	SLO	Predavanje o vplivu nano-strukturiranja katodnih materialov za litijeve ionske-akumulatorje
		ANG	Lecture on the nano-structuring of cathode materials for lithium ion batteries
	Šifra	B.04 Vabljen predavanje	
	Objavljeno v	Invited lecture at international workshop on "Fundamentals of lithium-based batteries". Schloss Ringberg, Tegernsee [Germany]: Ringberg-Meeting on Physical Chemistry of Solids, 23-28 November 2008	
	Tipologija	3.16 Vabljen predavanje na konferenci brez natisa	
	COBISS.SI-ID	4116250	
3.	Naslov	SLO	Učbenik: Uvod v znanost o materialih za inženirje
		ANG	Textbook: Introduction into the science of materials for engineers
	Opis	SLO	Učbenik za dodiplomske študente Fakultete za kemijo in kemijsko tehnologijo, Fakultete za fiziko in Naravoslovnotehniške fakultete Univerze v Ljubljani
		ANG	Textbook for undergraduate students at the Faculty for chemistry and chemical technology, at the Faculty for physics and at the Faculty of natural sciences and engineering, University in Ljubljana
	Šifra	D.10 Pedagoško delo	
	Objavljeno v	GABERŠČEK, Miran, JAMNIK, Janko, PEJOVNIK, Stane. Uvod v znanost o materialih za inženirje : učbenik za dodiplomske študente Fakultete za kemijo in kemijsko tehnologijo, Fakultete za fiziko in Naravoslovnotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Ponatis. Ljubljana: Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo: Kemijski inštitut, 2008. 137 f.,	
	Tipologija	2.05 Drugo učno gradivo	
	COBISS.SI-ID	244460544	
4.	Naslov	SLO	SLONANO 2009
		ANG	SLONANO 2009
	Opis	SLO	V oktobru 2009 je na Kemijskem inštitutu potekala osma tradicionalna konferenca kemikov, fizikov in ostalih raziskovalcev na področju nanotehnologij "SLONANO 2009". Namen konference je bil prikazati dosežke slovenskih raziskovalcev na razvijajočih se področjih uporabe nanotehnologij s poudarkom na temah "Nanomateriali za shranjevanje in pretvorbo energije" in "Bionanotehnologija". V okviru konference so bila vabljen predavanja vrhunskih svetovnih strokovnjakov na omenjenih področjih, nakar so sledila predavanja predvsem mlajših raziskovalcev na celotnem področju nanotehnologije.
			National Institute of Chemistry was a host institution for a traditional meeting SLONANO 2009 in october 2009: This meeting was organised for researchers that are working on the field of chemistry, physics and other fields. This year conference was specially devoted to the filed of

		ANG	"Nanomaterials for energy storage and conversion" and to "Bionanotechnology". Organizers of the conference invited several top level world researchers from the devoted fields and this was a motivation for mainly younger colleagues to present their works from different fields of nanotechnology.
	Šifra		B.01 Organizator znanstvenega srečanja
	Objavljeno v		MIHAILOVIĆ, Dragan (ur.), DOMINKO, Robert (ur.), VILFAN, Mojca (ur.). Book of abstracts : SLONANO 2009, 19-21 October 2009, Ljubljana. Ljubljana: National Institute of Chemistry, 2009. 108 str., ilustr.
	Tipologija		2.30 Zbornik strokovnih ali nerecenziranih znanstvenih prispevkov na konferenci
	COBISS.SI-ID		23023143
5.	Naslov	SLO	Katodni materiali za litijeve ionske akumulatorje na osnovi litijiranih vanadij oksidnih spojin
		ANG	Cathode materials for Li-ion batteries based on lithium vanadium oxides
	Opis	SLO	Patentna prijava opisuje pripravo novih katodnih materialov na osnovi litijiranih vanadijevih oksidov, preferenčno Li ₂ VTiO ₄ in LiVAIO ₂
		ANG	Patent application describes the preparation method and characteristics of novel cathode materials based on lithiated vanadium oxides, preferentially Li ₂ VTiO ₄ and LiVAIO ₂
	Šifra		F.33 Patent v Sloveniji
	Objavljeno v		BELE, Marjan, DOMINKO, Robert, VIDAL-ABARCA GARRIDO, Candela, PIVKO, Maja, GABERŠČEK, Miran. Katodni materiali za litijeve ionske akumulatorje na osnovi litijiranih vanadij oksidnih spojin : slovenska patentna prijava P-200900248, datum prijave 16.9.2009. Ljubljana: Urad Republike Slovenije za intelektualno lastnino, 2009. 12 + 5 str., ilustr. [COBISS.SI-ID 4258074]
	Tipologija		2.23 Patentna prijava
	COBISS.SI-ID		4258074

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁸

1) Člani projektne skupine so junija na Otočcu organizirali srečanje znanstvenikov iz 25 evropskih laboratorijev, ki so združeni v evropski virtualni laboratorij ALISTORE-ERI. Srečanja so se udeležili vsi najpomembnejši predstavniki teh laboratorijev, ki predstavljajo tudi sam svetovni vrh najboljših raziskovalcev. 2) Člani projektne skupine skupaj z so-financerjem neodvisno od tega projekta razvijajo nov izdelek, ki bo sofinancerju večjo konkurenčnost na tržišču. Izdelek temelji na hibridni solarno baterijski tehnologiji, kjer je vloga vodje projektne skupine, da določi optimalne parametre (velikost solarnega panela, tip in kapaciteta akumulatorja, načini polnjenja akumulatorja, ipd.) za optimalno delovanje pašnih pastirjev in obcestne signalizacije. 3) Rezultati projekta so osnova za FP7 projekt, ki je bil sprejet v financiranje in se je začel v februarju 2011. 4) Vodja projekta je od novembra 2009 do avgusta 2010 gosotval kot vabljen gostujoč profesor na Univerzi v Amiens, Francija (poleg raziskovalne dejavnosti, je imel tudi 20 ur predavanj in 4 sklope laboratorijskih vaj).
--

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁹

9.1. Pomen za razvoj znanosti¹⁰

SLO

Strukturiranje elektrodnih kompozitov v sistemih za shranjevanje energije je izrednega pomena za učinkovito uporabo teh sistemov tudi pri visokih tokovnih gostotah. Znanje o strukturiranju elektrodnih kompozitov za litijeve ionske baterije z veliko močjo je na voljo samo v nekaj laboratorijih na svetovnem nivoju. Namreč potreben je poseben pristop, ki omogoča paralelno ožičenje aktivnega materiala z litijevimi ioni in elektroni, kar pa zahteva kompleksen pristop pri sintezi in pripravi pravilno ožičenih kompozitov. Delo na TiO₂ kompozitih je potrdilo pravilnost naših hipotez, da je s pravilnim pristopom strukturiranja elektrodnih kompozitov mogoče

uporabiti litijeve ionske akumulatorje pri majhnih kakor tudi visokih tokovnih obremenitvah, brez velike izgube v masni in volumnski energijski gostoti. Namreč predstavljen princip dodajanja keramičnih dodatkov v samo nekaj utežnih odstotkih močno poveča kapaciteto anataza kot aktivnega materiala v litijevih ionskih akumulatorjih. Delo na tem projektu utrjuje področje strukturiranja elektrodnih materialov, ki ni samo pomembno pri litijevih ionskih akumulatorjih, temveč tudi v drugih sistemih, kjer je potrebno zagotoviti enakomerno prisotnost vseh faz v dvo-faznem (npr. solarni sistemi) ali celo tri-faznem sistemu (npr. gorivne celice).

Rezultat dela na tem projektu so odmevni članki na svetovnem nivoju v najvišje rangiranih revijah na področju materialov (članek v Nature Materials in članek v Advanced Materials) in tudi na področju elektrokemije (Electrochemistry Communications). Kvaliteta revij v katerih so bili sprejeti naši članki, kakor tudi opaženost teh objav, ki je merljiva s citati, pričajo o pomembnih dosežkih na področju znanosti. Takšne publikacije nedvoumno promovirajo našo projektno in tudi raziskovalno skupino med najboljše skupine na svetovnem nivoju, kar je obenem tudi promocija za slovensko znanost in tudi promocija za državo med potencialnimi industrijskimi partnerji na tem področju. Rezultati tega projekta so bili prikazani poleg številnih predavanj tudi v obliki dveh vabljenih predavanj na skoraj vseh pomembnejših konferencah posvečenim materialom in litijevim ionskim akumulatorjem.

ANG

For the efficient energy storage in short time we need batteries that enable high power density. This is possible to achieve with a proper structuring of the electrode composite. Full understanding of the proper structuring of the electrode composite is available only in few research laboratories worldwide, namely special structuring is needed which enables parallel wiring of active material with electron and ions. Synthesis and structuring of the composites with parallel wiring is very complex and this research is very rare in the field of lithium ion batteries. We showed that with a proper approach some of selected electrode materials can be used as storage materials at low and at high current loadings. The concept shown on TiO₂ based composites, where improvement of high power density with ceramic coatings was achieved, gave us a deep understand of the properties of this phenomenon where insulating ceramic additives significantly improve high rate performance of anatase phase. Results were published in several appears and reported as an oral contributions in energy related conferences. Different ceramic additives were tested in the combination with titanium oxide nanotubes and conclusion from this study can be summarized that the best electrochemical activity at high rates was achieved by optimal porosity. The mesoporous volume was found very important. We showed during the second year that such an approach can be used only with active materials that have activity in the stability window of electrolytes. This research is not just limited to the field of lithium ion batteries but also in other systems where we need to ensure uniform distribution of constituent in two phase systems, like solar cells or three phase systems, like fuel cells.

Results of the work on this project have been published in the journals with the highest impact factor on the field of material science (one paper in Nature Materials and one paper in Advanced Materials) and on the field of electrochemistry (Electrochemistry Communications). Quality of the journals and citations that our papers already have show importance of our achievements on the field of science. Those measureable indicators point out the importance of the work for the science.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹¹

SLO

Projekt je povezan z raziskovalnimi aktivnostmi shranjevanja energije iz obnovljivih virov, ki so tudi primarnega na svetovnem nivoju. To potrjuje tudi dejstvo, da številni avtomobilski proizvajalci prihajajo na trg z električnimi ali hibridnimi vozili. Trenutni rezultati tega projekta promovirajo našo projektno in tudi raziskovalno skupino med najboljše skupine na svetovnem nivoju, kar je obenem tudi promocija za slovensko znanost in tudi promocija za državo med potencialnimi industrijskimi partnerji na tem področju. Rezultati tega projekta so bili prikazani poleg številnih predavanj tudi v obliki dveh vabljenih predavanj na skoraj vseh pomembnejših konferencah posvečenim materialom in litijevim ionskim akumulatorjem.

V celotnem obdobju trajanja projekta sta na projektu delala dva Erasmus Mundus master študenta (eden iz Francije in eden iz Kameruna), ki sta opravila raziskovalno delo v okviru magistrske naloge na drugi bolonjski stopnji in sta uspešno opravila zagovar septembra 2009 v Amiens (Francija). Študij nadaljujeta v evropskih laboratorijih, ki so združeni v virtualnem laboratoriju za litijeve ionske akumulatorje (ALISTORE-ERI). Naše aktivnosti na svetovnem nivoju, kakor tudi aktivnosti naših bivših študentov, ki sedaj delajo v različnih laboratorijih po Evropi, omogočajo dobro razpoznavnost naše skupine na svetovnem nivoju, kakor tudi pri evropskih industrijskih partnerjih na področju našega dela. Obenem je tudi to promocija za

Slovenijo. V celotnem obdobju trajanja projekta sta bila aktivno udeležena pri izvajanju projekta dva mlada raziskovalca financirani iz strani ARRS. Prvi, ki je bolj natančno preučeval mehanizme kinetike in termodinamske učinkovitosti litijevih ionskih akumulatorjev, je uspešno zagovarjal doktorsko disertacijo novembra 2010. Drugi mladi raziskovalec je posvetil svoje raziskave pripravi in celotni karakterizaciji elektrodnih kompozitov in ima zagovor konec aprila 2011. Slednji je bil tudi med doktorskim študijem dodatno zaposlen pri sofinancerju tega projekta in bo po končanem študiju delno zaposlil pri njih (kot raziskovalec v podjetju Iskra TELA).

Neglede na dejstvo, da naš partner na projektu, Iskra TELA, PE baterije ZMAJ, in tudi sofinancer ni proizvajalec litijevih ionskih akumulatorjev, ima delo na projektu direkten in posreden vpliv na njihovo delo in poslovne odločitve. Z izvajanjem tega projekta imajo direkten vpogled v nove tehnologije in zadnje dosežke na tem področju. Obenem lahko uporabljajo znanje pridobljeno na tem projektu za izboljšave njihovih proizvodov, kar direktno vpliva na njihovo poslovno in ekonomsko stabilnost. Navsezadnje pa je vodja projekta tudi udeležen pri razvoju hibridnega solarno-akumulatorskega vira električne energije, ki bo zagostavljal neodvisnost pašnih pastirjev in obcestne signalizacije. Omenjeni hibridni izdelek temelji na litijevem ionskem akumulatorju in solarnem panelu.

ANG

Project is connected with research activities on the energy storage which have primary interest on the worldwide level. This confirms presence of many car companies with electric vehicles or hybrid electric vehicles on the market and others are announcing their cars in a year or two. Recent results obtained on this project is promoting our project group and research group to the top world class groups, what is at the same time also a promotion for Slovenia as a country on the research field and within the group of potential industrial partners interested into this kind of research. Results in this project have been reported in two invited lectures and several oral presentations in almost all important meetings of materials society and lithium ion batteries society. During the second year of the project two Erasmus Mundus master students (one from France and one from Cameroon) joined our group and they performed research within the scope of the project. Both students successfully defend their master thesis and they are continuing their research as PhD students in European laboratories, which belong to the virtual laboratory on Li-ion batteries (ALISTORE-ERI). Our activity and the activity of our former students in this network are making our visibility to whole European institutes and Universities in the area of energy storage as well as to all European industry on this field. This is at the same time also promotion for Slovenia.

During the project duration, two young researchers financed by Slovenian Research Agency (ARRS) were actively involved into the work on the project. First, who studied kinetics mechanisms during battery operation and thermodynamic efficiency of lithium ion batteries, has finished his PhD in November 2011 and the second one who worked on the preparation techniques for batteries composites (for high power lithium ion batteries) and their characterization is having PhD defense at the end of April 2011. During his last one and half of year he was also a partial employee of the co-financing company (Iskra TELA, PE baterije ZMAJ) and he is going to take a partial position of the researcher also after PhD defense. Nevertheless that our project partner is not a producer of Li-ion batteries, this work has direct and indirect impact on our industrial partner Iskra TELA, PE baterije ZMAJ. With this project they have insight into new technologies and the latest achievements on this field and they can use the knowledge from the project for improvements of their products, what has an impact on their stability and economy. Furthermore project coordinator helps them in activities connected with a development of new products which will rely on the Li-ion batteries and solar panels.

10. Samo za aplikativne projekte!

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

Cilj		
F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Delno
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE

	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Delno
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Delno
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	

F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.19	Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
	Uporaba rezultatov	Ni uporabljen
F.20	Ustanovitev novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Ni uporabljen
F.21	Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	

	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.22	Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.25	Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.26	Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.28	Priprava/organizacija razstave	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.29	Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	

	Uporaba rezultatov	
F.31	Razvoj standardov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Ni uporabljen
F.33	Patent v Sloveniji	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Ni uporabljen
F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	

Komentar

--

11. Samo za aplikativne projekte!

Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visoko-šolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	☐	☒	☐	☐	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	☐	☐	☒	☐	
G.01.03.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	☐	☐	☒	☐	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	☐	☐	☒	☐	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	☐	☐	☐	☒	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	☐	☐	☐	☒	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	☐	☐	☒	☐	

G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost					
G.02.07.	Večji delež izvoza					
G.02.08.	Povečanje dobička					
G.02.09.	Nova delovna mesta					
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih					
G.02.11.	Nov investicijski zagon					
G.02.12.	Drugo:					
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti					
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti					
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij					
G.03.04.	Drugo:					
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01.	Dvig kvalitete življenja					
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja					
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave					
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti					
G.04.05.	Razvoj civilne družbe					
G.04.06.	Drugo:					
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					
G.07.02.	Prometna infrastruktura					
G.07.03.	Energetska infrastruktura					
G.07.04.	Drugo:					
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva					
G.09.	Drugo:					

Komentar

--

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

1.	Sofinancer	Iskra Tela d.d.,		
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje		51.824,00	EUR

		trajanja projekta je znašala:	
		Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:	25,00 %
Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja			Šifra
	1.	Prenos znanja priprave katodnih kompozitov na področje primarnih baterij	F.01
	2.	Vljučitev sofinancerja v center odličnosti za nizko ogljične tehnologije	D.02
	3.	Razvoj hibridnega solarno akumulatorskega vira električne energije za pašne pastirje in antenske sklope	F.06
	4.	Izdelek, ki zamenjuje primarne baterije (manj odpadkov) ter se napaja s pomočjo sončne energije	F.08
	5.	Prehod mladega raziskovalca in diplomantke iz raziskovalne inštitucije k sofinancerju	F.03
Komentar		Kot sofinancerja projekta »Kompoziti za litijeve baterije z veliko močjo« nas je predvsem zanimala praktična uporaba rezultatov projekta, to je študij strukturizacije elektrodnih materialov za litijeve ionske akumulatorje, kakor tudi prenos tega znanja na poročje primarnih baterij. Omenjeni projekt je potekal po predvidenem načrtu in del pridobljenih informacij smo že uporabili pri izboljšanju naših izdelkov. Dodatno smo v teku projekta razširili sodelovanje na področje razvoja novih hibridnih virov električnega napajanja na osnovi solarno akumulatorskega modula. Vloga Kemjskega inštituta je bila v tem primeru preliminarno ovrednotenje komercialnih litijevih ionskih akumulatorjev in solarnih panelov.	
Ocena		Projekt je pripomogel pri našem razvoju v štirih različnih smereh: a) optimizacija rednega delovnega procesa na temelju spoznanj pridobljenih s projektom; b) razvoj hibridnega solarno akumulatorskega vira električne energije, kjer smo dobili potrebno znanje in opremo na partnerski raziskovalni organizaciji; c) okrepitev strokovnega kadra v PE Baterije ZMAJ in d) sodelovanje v centru odličnosti za nizko ogljične tehnologije	
2.	Sofinancer		
		Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	EUR
		Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:	%
Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja			Šifra
	1.		
	2.		
	3.		
	4.		
	5.		
Komentar			
Ocena			
3.	Sofinancer		
		Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	EUR
		Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:	%

Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja			Šifra
	1.		
	2.		
	3.		
	4.		
	5.		
Komentar			
Ocena			

C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

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

Podpisi:

Robert Dominko	in	
podpis vodje raziskovalnega projekta		zastopnik oz. pooblaščen oseba RO

Kraj in datum:

Ljubljana

18.4.2011

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2011-1/119

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

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

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

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

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

⁶ Navedite največ pet najpomembnejših znanstvenih rezultatov projektne skupine, ki so nastali v času trajanja projekta v okviru raziskovalnega projekta, ki je predmet poročanja. Za vsak rezultat navedite naslov v slovenskem in angleškem jeziku (največ 150 znakov vključno s presledki), rezultat opišite (največ 600 znakov vključno s presledki) v slovenskem in angleškem jeziku, navedite, kje je objavljen (največ 500 znakov vključno s presledki), izberite ustrezno šifro tipa objave po Tipologiji dokumentov/del za vodenje bibliografij v sistemu COBISS ter napišite ustrezno COBISS.SI-ID številko bibliografske enote.

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

PRIMER (v slovenskem jeziku):

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

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

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

Tipologija: 1.01 - Izvirni znanstveni članek

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

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

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

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

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

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

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

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

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

A2-55-1B-37-4F-73-44-80-CC-EF-B5-39-73-73-D9-32-4D-97-97-61