

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2011-1/10

## ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

### A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

#### 1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

<b>Šifra projekta</b>	L2-0633
<b>Naslov projekta</b>	Nanostrukturirani polimerni implantati v medicini
<b>Vodja projekta</b>	4316 Igor Emri
<b>Tip projekta</b>	L Aplikativni projekt
<b>Obseg raziskovalnih ur</b>	9.300
<b>Cenovni razred</b>	C
<b>Trajanje projekta</b>	02.2008 - 01.2011
<b>Nosilna raziskovalna organizacija</b>	782 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo
<b>Raziskovalne organizacije - soizvajalke</b>	381 Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta 2476 PAN-NUTRI, Kmetijsko živilski tehnološki center d.o.o
<b>Družbeno-ekonomski cilj</b>	13. Splošni napredek znanja - RIR financiran iz drugih virov (ne iz splošnih univerzitetnih fondov - SUF)

#### 1.1. Družbeno-ekonomski cilj<sup>1</sup>

<b>Šifra</b>	06.
<b>Naziv</b>	Industrijska proizvodnja in tehnologija

#### 2. Sofinancerji<sup>2</sup>

1.	Naziv	Panvita Group, KG Rakičan d.d.
	Naslov	Lendavska 5, Rakičan, 9000 Murska Sobota
2.	Naziv	
	Naslov	
3.	Naziv	
	Naslov	

### B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

#### 3. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega projekta<sup>3</sup>

Vsebina projekta je obsegala prvo fazo razvoja nove generacije nanostrukturiranih polimernih implantatov v medicini. Osnova projektu so bila patentno zaščitena znanja o zakonitostih formiranja strukture materiala pri različnih termo-mehanskih pogojih v procesu predelovanja polimera, ki jih obvladuje raziskovalna skupina prijavitelja projekta. Temelječ na teh znanjih je bila v okviru večletnega sodelovanja Centra za eksperimentalno mehaniko z nemškim koncernom BASF razvita nova generacija multimodalnih, t.i. inteligentnih poliamidnih (I-PA) materialov, ki so kemijsko identični kot PA materiali, ki se že sedaj uporabljajo v medicini. Obvladovanje tehnologije predelovanja nanostrukturiranih I-PA materialov predstavlja potencial ter potreben pogoj za razvoj nove generacije nanostrukturiranih polimernih vsadkov oz. pripomočkov v medicini kot so npr. dentalni implantati, različni protetični izdelki, kirurški vijaki, itd. na področjih dentalne kirurgije, ortopedije, srčne kirurgije itd.

Cilj raziskovalnih aktivnosti projekta je bil ugotoviti, kako spreminjanje strukture, novih multimodalnih I-PA materialov na nano-, mikro- in makro skali, vpliva na odpornost materiala na sterilizacijo, njegovo biokompatibilnost in sposobnost osteointegracije. Zaenkrat namreč še ni povsem znano, ali sta biokompatibilnost in osteointegrabilnost materiala odvisni le od kemijske strukture materiala ali pa tudi od strukture materiala na molekularnem in višjem nivoju opazovanja.

Z drugimi besedami, cilj projekta je bil prilagoditi strukturo materiala tako, da bodo fizikalne lastnosti vsadka optimalne z ozirom na biokemijske procese osteointegracije. V tem procesu, z vsadkom ne posnemamo zoba, ampak iščemo strukturo, ki bo kompatibilna s strukturo, v katero vsadek vsajujemo in bo omogočala optimalno integracijo vsadka in okoliškega tkiva. Za razliko od keramičnih in kovinskih vsadkov lahko v primeru nanostrukturiranih polimernih vsadkov spreminjamo njihove časovno odvisne fizikalne lastnosti za več velikostnih razredov. Obenem je možno te lastnosti tudi gradientno spreminjati po volumnu vsadka. Gradientna struktura novih implantatov lahko zagotavlja optimalne mehanske lastnosti (npr. podajnost podobno zobu v kosti, kljubovanje griznim in drugim okluzijskim silam), primeren pripoj mehkih tkiv in vraščenost v kost s kemijsko vezjo med površino materiala in okolišnjim tkivom ter bo omogoča depojsko sproščanje različnih učinkovin (zdravil) v mehkih in trdih bioloških tkivih.

Aktivnosti projekta so bile razdeljene v štiri glavne faze:

Faza 1: Razvoj najprimernejše strukture I-PA materiala za izdelavo vsadkov, primernih za dentalno in splošno medicinske aplikacije.

Cilj: Kako lahko s konstrukcijo orodja in obvladovanjem tehnoloških parametrov dosežemo gradientno strukturo (in do katere meje) in kako ta struktura vpliva na makroskopske fizikalne lastnosti konstrukcijskega elementa?

V obdobju predlaganega projekta smo iskali nove možnosti za spreminjanje strukture materiala preko dodajanja nanodelcev in/ali spreminjanjem termo-mehanskih robnih pogojev, ki jim je material izpostavljen v fazi solidifikacije.

Ugotovljeno je bilo, da dodatek nanodelcev v polimerno matrico polistirena lahko znatno spremeni termo-dinamične lastnosti, medtem ko sprememb mehanskih lastnosti praktično ni bilo [1 - 3].

Raziskave vpliva dodanih nanodelcev smo nadaljevali na primeru poliamidne matrice in ugotovili, da z mešanjem nanodelcev in poliamida v ekstrudorju dosežemo bolj homogeno mešanico, kot je bilo to v primeru polistirena. Poleg tega je bilo z analizo časovno odvisnih mehanskih lastnosti ugotovljeno, da dodatek nanodelcev v poliamidno matrico izboljša časovno in temperaturno stabilnost mehanskih lastnosti materiala [4 - 6]. Z izvajanjem aktivnosti na področju analize vpliva termo-mehanskih robnih pogojev na formiranje strukture in posledično na funkcionalnost in trajnost materiala je bilo ugotovljeno, da pri nižjih temperaturah procesiranja lahko pričakujemo formiranje

orientirane strukture, saj je konfiguracija molekul določena (vsiljena) s strižnimi obremenitvami preko ekstrudorskih polžev, odzivni časi molekul pa so daljši, kot je to v primeru višjih temperatur [7, 8]. Zaradi krajših odzivnih časov pri višjih temperaturah lahko tako pričakujemo, da bo v fazi procesiranja formirana naključna struktura.

Z modifikacijo termo-mehanskih robnih pogojev je tako mogoče spreminjati morfološke značilnosti po volumnu izdelka, ki vodijo do gradientne strukture ter gradientne funkcionalnosti [9 - 12].

Morfološke lastnosti gradientnih materialov smo raziskovali z uporabo optične mikroskopije, DSC ter SAXS in WAXS tehnike v sodelovanju s proizvajalcem WAXS/SAXS sistemov HECUS iz Avstrije. Časovno odvisne lastnosti gradientnih materialov pa so bile karakterizirane z meritvami strižnega lezenja in nadaljnjimi izračuni pripadajočih mehanskih spektrov.

Faza 2: Analiza vpliva sterilizacije na strukturo in časovno odvisne mehanske lastnosti polimernih implantatov.

Cilj: Ali (in koliko) postopek sterilizacije spremeni strukturo materiala, na katerih skalah (od atomske do makro) se to zgodi in kako se ta sprememba odraža na časovno odvisnih mehanskih lastnostih materiala, iz katerega je izdelan vsadek?

V tem sklopu aktivnosti smo preverili, kolikšen vpliv imajo različni sterilizacijski postopki na spremembo strukture materiala in posledično na spremembo mehanskih lastnosti.

Uporabili smo standarden monomodalen poliamid kot referenčni material in bimodalni poliamidni material (kompleksnejše strukture – distribucije molekularnih mas), ki sodi v novo generacijo nanostrukturiranih materialov. Oba materiala smo izpostavili sterilizaciji z avtoklavom, etilen oksidom (EtO) in H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> plazmo.

Vpliv sterilizacijskih tehnik na morfološke lastnosti smo analizirali z metodo optične mikroskopije, termične lastnosti z DSC tehniko ter časovno odvisne mehanske lastnosti z meritvami strižnega lezenja. Izkazalo se je, da sterilizacija ni bistveno spremenila morfoloških in termičnih lastnosti nobenega od materialov, medtem ko so rezultati meritev mehanskih lastnosti pokazali, da je kompleksnost notranje strukture materiala (distribucije molekularnih mas) bimodalnega materiala vplivala na zmanjšanje občutljivosti mehanskih lastnosti na sterilizacijo [13 - 15].

Faza 3: Preverjanje biokompatibilnosti novih materialov

Cilj: Ali se s spremembo strukture materiala na različnih skalah (od atomske do makro) spremeni biokompatibilnost končnega izdelka, t.j., vsadka?

Tekom projekta sta bili na poliamidnih vzorcih z gradientno strukturo izvedeni dve seriji preliminarnih biokompatibilnostnih testov v skladu z veljavnim postopkom SIST EN ISO 10993-1:2000. Rezultati testov so potrdili, da lahko pričakujemo pozitivni izid pri nadaljnjih bioloških testiranjih, bodo pri nadaljnjih in vitro testiranjih za več tipov celičnih kultur izkazovali ustrezno biokompatibilnost, v sklopu in vivo eksperimenta pa izkazovali osteoinduktivnost in osteointegrabilnost uporabljenih poliamidnih materialov z gradientno strukturo.

Faza 4: Implantološko testiranje na kostnem tkivu poskusnih živali

Cilj: Ali se s spremembo strukture materiala na različnih skalah (od atomske do makro) spremeni osteointegrabilnost končnega izdelka, t.j., vsadka?

Po izvedenih testih vpliva sterilizacije in biokompatibilnosti raziskovanih gradientnih materialov je bilo s strani Veterinarske uprave RS 10.02.2010 na osnovi vložene vloge dne 04.01.2010 izdano dovoljenje za izvajanje poskusov na živalih (plemenskih svinjah)

za obdobje 2 let, za koriščenje pri izvedbi in vivo eksperimentov za potrebe projekta. Pred samim in vivo eksperimentom je bil postopek implantacije v podlaktno kost izveden na kadavru prašiča pitanc z namenom vzpostavitve postopka, ki je bil v naslednjem koraku uporabljen za implantološki poseg na živi živali.

In vivo eksperimenti so bili izvedeni na dveh testnih živalih z implantacijo 4 gradientnih poliamidnih vsadkov v podlaktno kost. Osteoinduktivnost in osteointegrabilnost uporabljenih poliamidnih materialov z gradientno strukturo je bila s histološko analizo preverjena po treh mesecih po implantološkem posegu v Švici v Schupbach Ltd, Research Laboratory for Histology and Nanostructures. Preizkus je izkazal popolno osteointegracijo (zraščanje) materiala z okoliškim kostnim tkivom).

Reference:

[1] UMEK, P. Et al. Structural and mechanical properties of polystyrene nanocomposites with 1D titanate nanostructures prepared by an extrusion process. *Polym. compos.*, 2009, vol. 30.

[2] SEDLARİK, Vladimír, EMRI, Igor. Structure and conditioning effect on mechanical behavior of poly(vinyl alcohol)/calcium lactate biocomposites. *Polym. compos.*, Aug. 2009, vol. 30, iss. 8.

[3] SÁHA, P., et al. Výzkum nanostruturovaných polymerních materiálů pro specifické aplikace. *Inov. podnik. transf. technol.*, 2009, vol. 17, iss. 4.

[4] EMRI, I., et al. Time-dependent mechanical behaviour of PA6 nanocomposites with titanate nanoribbons. V: ACIERNO, Domenico (ur.), D'AMORE, Alberto (ur.), GRASSIA, Luigi (ur.). *Fourth International Conference on Times of Polymers (TOP) and Composites, Ischia, Italy, September 21-24, 2008.*

[5] EMRI, I., et al. Polymer nanocomposites with 1D titanate nanostructures. V: *The Polymer Processing Society, 24th Annual Meeting, PPS-24, Salerno, Italy, June 15-19, 2008 : program and proceedings.* [S. l.]: [s. n.], 2008.

[6] EMRI, I., et al. *Time-dependent behavior of polymer nanocomposites with 1D titanate nanostructures : [a presentation given at the] 3. meždunarodnaja naučno-tehničeskaja konferencija "Aerokosmičeskie tehnologii", 19-20 maja 2009, Moskva-Reutov.* Moskva.

[7] FLORJANČIČ, U., et al. Tailoring functionality and durability of polymeric products by modifying processing conditions. *Stroj. vestn.*, 2008, letn. 54, št. 7/8.

#### 4. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev<sup>4</sup>

Cilj raziskovalnih aktivnosti projekta je bil ugotoviti, kako spreminjanje strukture, novih multimodalnih I-PA materialov na nano-, mikro- in makro skali, vpliva na odpornost materiala na sterilizacijo, njegovo biokompatibilnost in sposobnost osteointegracije. V skladu z razdelitvijo projekta v 4 ključne faze je ocena stopnje realizacije zastavljenih ciljev, kot sledi. Reference, na katere se sklicujemo v tekstu spodaj, so navedene v prejšnjem poglavju, 3. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega projekta.

Faza 1: Razvoj najprimernejše strukture I-PA materiala za izdelavo vsadkov, primernih za dentalno in splošno medicinske aplikacije.

V obdobju predlaganega projekta smo iskali nove možnosti za spreminjanje strukture materiala preko dodajanja nanodelcev in/ali spreminjanjem termo-mehanskih robnih pogojev, ki jim je material izpostavljen v fazi solidifikacije.

Rezultate raziskovalnega dela na področju vpliva dodanih nanodelcev v polimerno matrico smo združili v objave [1 - 5]. Izsledki te raziskave so bili predstavljeni tudi v

okviru vabljenega predavanja (prispevek je bil tudi nagrajen) na mednarodni konferenci "Aerokosmičeskie tehnologii" [6].  
Aktivnosti na področju analize vpliva termo-mehanskih robnih pogojev na formiranje strukture, gradientne strukture in posledično na funkcionalnost in trajnost materiala, smo strnili v prispevke [7-10].

Faza 2: Analiza vpliva sterilizacije na strukturo in časovno odvisne mehanske lastnosti polimernih implantatov.

Rezultati izsledkov vpliva sterilizacije so bili predstavljeni na večih mednarodnih konferencah [11-15], v bližnji prihodnosti pa jih nameravamo združiti v objavo z naslovom »The influence of different sterilization techniques on the time-dependent behavior of polyamide«.

Faza 3: Preverjanje biokompatibilnosti novih materialov

Rezultati testov biokompatibilnosti so potrdili, da lahko pričakujemo pozitivni izid pri nadaljnjih, ki bodo pri in vitro nadaljnjem testiranju za več tipov celičnih kultur izkazovali ustrezno biokompatibilnost, v sklopu in vivo eksperimenta pa izkazovali osteoinduktivnost in osteointegrabilnost uporabljenih poliamidnih materialov z gradientno strukturo.

Faza 4: Implantološko testiranje na kostnem tkivu poskusnih živali

S strani Veterinarske uprave RS je bilo 10.02.2010 na osnovi vložene vloge dne 04.01.2010 izdano dovoljenje za izvajanje poskusov na živalih (na 6 plemenskih svinjah) za obdobje 2 let, ki ga bomo tudi v nadaljevanju koristili pri izvedbi in vivo eksperimentov.

Na osnovi obetavnosti doseženih rezultatov nameravamo tudi po zaključku projekta nadaljevati v smeri prenosa osvojenih spoznanj in možnosti aplikacij v medicinske namene.

Prijavljenih bo več patentov, ki bodo osnova za nadaljnji razvoj in sodelovanje z enim izmed koncernov, ki delujejo na tem področju (npr. Johnson&Johnson), kar predstavlja tehnološko-ekonomsko priložnost za Slovenijo.

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

Aktivnosti na projektu so potekale v skladu s predvidenim načrtom z izjemo manjših odstopanj, ki niso ogrožala doseganja zastavljenih ciljev.

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

		Znanstveni rezultat
1.	Naslov	Prilagajanje funkcionalnih in trajnostnih lastnosti polimernih izdelkov s spreminjanjem procesnih pogojev
		Tailoring functionality and durability of polymeric products by modifying processing conditions
	Opis	Članku je predstavljena možnost modificiranja funkcionalnih lastnosti polimernih izdelkov s spreminjanjem inherentne strukture materiala s pomočjo ustrezno izbranih procesnih pogojev, ki jih je možno doseči na industrijskem nivoju. V ekstremnem primeru je bila časovna stabilnost materiala izboljšana za več velikostnih razredov. Istočasno, je bila temperaturna stabilnost materiala izboljšala za faktor 2. Predlagani pristop odpira možnosti za proizvodnjo

			multifunkcionalnih polimernih materialov v industrijskem okolju.
		ANG	The paper demonstrates a possibility to modify the functionality of polymeric products by modifying the inherent material structure with properly selected processing conditions, which are achievable on industrial processing machines. In the extreme case the durability of investigated samples where modified for several orders of magnitude. At the same time, the corresponding temperature stability of the material was modified by factor of 2. Proposed approach opens the new possibilities for manufacturing multifunctional polymeric materials at industrial scale.
	Objavljeno v		FLORJANČIČ, Urška, EMRI, Igor. Tailoring functionality and durability of polymeric products by modifying processing conditions. Stroj. vestn., 2008, letn. 54, št. 7/8, str. 507-520.
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		10603291
2.	Naslov	SLO	Strukturne in mehanske lastnosti polistirenskih nanokompozitov z 1D titanovimi nanostrukturami pripravljenimi z procesom ekstruzije
		ANG	Structural and mechanical properties of polystyrene nanocomposites with 1D titanate nanostructures prepared by an extrusion process
	Opis	SLO	Pripravljene so bili nanokompoziti na osnovi polistirena in titanijevih nanocerk in nanotrakov postopkom ekstruzije pri 180°C. NMR analiza pri in nad temperaturo steklastega prehoda Tg=373 K je pokazala, da nanodelci vplivajo na termodinamične lastnosti nanokompozita. Istočasno je bilo ugotovljeno, da se mehanske natezne lastnosti nanokompozitov zelo malo razlikujejo od lastnosti polimerne matrice, kar je posledica šibke zveze med polimerno matrico in nanodelci. Kjub temu je bilo ugotovljeno, da titanijeve nanostrukture lahko služijo za izdelovne nanokompozitov na industrijskem nivoju.
		ANG	Polystyrene nanocomposites with titanate nanotubes and titanate nanoribbons were prepared by an extrusion process at 180°C. NMR analysis at and above the glass transition temperature Tg=373 K suggest that nanofillers affect the thermodynamic properties of nanocomposite domains. At the same time, only a slight increase in mechanical tensile properties was observed, reflecting a weak interaction between the polymer matrix and the nanofiller. Nevertheless, the use of functionalized TiNRS may be a very promising starting point for the preparation of nanocomposites at the industrial level.
	Objavljeno v		UMEK, Polona, HUSKIČ, Miroslav, SEVER ŠKAPIN, Andrijana, FLORJANČIČ, Urška, ZUPANČIČ, Barbara, EMRI, Igor, ARČON, Denis. Polym. compos., 2009, vol. 30, no. 9, 1318-1325, doi: 10.1002/pc.20697
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		22051623
3.	Naslov	SLO	Vpliv procesnih parametrov na trajnost polimernih produktov
		ANG	The effect of processing conditions on the durability of polymer products
	Opis	SLO	Delo obravnava nove možnosti spreminjanja funkcionalnosti polimernih produktov preko spreminjanja strukture materialov in posledično njihovih časovno odvisnih lastnosti, ki opredeljujejo trajnost končnega produkta. Preko analize ekstrudatov polietilena z nizko gostoto, izdelanih na laboratorijskem ekstrudatorju, je bilo ugotovljeno, da lahko s spreminjanjem procesnih parametrov trajnost ekstrudatov izboljšamo za več velikostnih razredov. To odpira nove možnosti na področju spreminjanja funkcionalnih lastnosti polimernih izdelkov in s tem boljšo konkurenčnost na svetovnem trgu.
		ANG	The work discusses new possibilities of modifying the functionality of polymer products by changing their material structure during processing and consequently the time-dependent properties which define the durability of the final product. By analysing the low density polyethylene extrudates produced with a laboratory extruder, we observed that changing the processing conditions improves the durability of extrudates by several orders of magnitude. This opens new possibilities in the field of modifying the functionality of polymer products, and hence, better competitiveness on the world market.

	Objavljeno v	FLORJANČIČ, Urška, ZUPANČIČ, Barbara, EMRI, Igor. International Journal of Microstructure and Materials Properties, 2009, vol. 4, no. 5/6, str. 577-593
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID	11292955
4.	Naslov	SLO Vpliv strukture in kondicioniranja na mehansko vedenje poli(vinil alkohol)/kalcijev laktat bio-kompozitov
		ANG Structure and conditioning effect on mechanical behavior of poly(vinyl alcohol)/calcium lactate biocomposites
	Opis	SLO Z optično mikroskopijo, IR spektroskopijo s Fourierovo transformacijo in DSC tehniko smo analizirali strukturne in mehanske lastnosti polimernih biokompozitov na osnovi kalcijevega laktata (CL) in delno ali v celoti hidroliziranega PVA. Raziskan je bil tudi efekt absorpcije vlage na mehanske lastnosti biokompozitov. Vzorci, izpostavljeni 50%RH, so pokazali zmanjšanje E modula in natezne trdnosti v primerjavi z materialom, ki je bil vzdrževan pri 20%RH. Kljub temu je dodatek CL izboljšal natezne lastnosti, kar je bilo še posebej opazno pri delno hidroliziranih PVA biokompozitih.
		ANG The structural and mechanical characteristics of polymeric biocomposites based on calcium lactate (CL) and either partially or fully hydrolyzed PVA were studied using optical microscopy, Fourier transform IR spectroscopy, and DSC, and in addition, the moisture absorption effect on their mechanical properties. The samples conditioned at 50%RH showed decrease in E modulus and tensile strength in comparison with the material stored below 20%RH. Nevertheless, the enhancement of tensile properties, due to the addition of CL, was noticeable especially for the partially hydrolyzed PVA biocomposites.
	Objavljeno v	SEDLARIK, V., EMRI, Igor. Polym. compos., Aug. 2009, vol. 30, iss. 8, str. 1158-1165, doi: 10.1002/pc.20672
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID	10998043	
5.	Naslov	SLO Vpliv sterilizacije na trajnost poliamida 6 z različno distribucijo molekularnih mas
		ANG Sterilization influence on durability of polyamide 6 with different molecular mass distribution
	Opis	SLO V članku je obravnavan vpliv različnih sterilizacijskih tehnik na časovno odvisne mehanske lastnosti poliamida 6 z mono- in bimodalno distribucijo molekularnih mas. Mehanske lastnosti so bile karakterizirane s strižnim lezenjem materialov, ki so bili sterilizirani z avtoklavom, etilen oksidom in H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> plazmo. Rezultati so pokazali, da je sprememba kompleksnosti notranje strukture materiala (distribucije molekularnih mas) zmanjšala občutljivost mehanskih lastnosti na sterilizacijo.
		ANG This article studies the effect of different sterilization techniques on time-dependent mechanical properties of polyamide 6 materials with mono- and bimodal molecular mass distribution. Mechanical properties of investigated materials were characterized by torsional creep measurements after sterilization with autoclave, ethylene oxide, and H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> plasma. It was observed that underlying modification of the complexity of the material inherent structure (molecular mass distribution) improves sensitivity to different sterilization techniques.
	Objavljeno v	KUBYSHKINA, Galina, ZUPANČIČ, Barbara, ŠTUKELJ, Marina, GROŠELJ, Dušan, MARION, Ljubo, EMRI, Igor. Sterilization influence on durability of polyamide 6 with different molecular mass distribution. V: ŠIROK, Brane (ur.), EBERLINC, Matjaž (ur.). Kuhljevi dnevi, 23. september 2010, Ljubljana. Zbornik del. Ljubljana: SDM - Slovensko društvo za mehaniko, 2010, str. 119-126.
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
COBISS.SI-ID	11552795	

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

Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat

1.	Naslov	SLO	Mehanika časovno odvisnih materialov, Springer; Emri, Igor (glavni urednik 1997-)
		ANG	Mechanics of time-dependent materials, Springer; Emri, Igor (Editor-In-Chief 1997-)
	Opis	SLO	Revija izhaja od leta 1997 in sodi po impakt faktorju v zgornjo tretjino. Revija je nosilna publikacija na področju časovno-odvisnih konstrukcijskih materialov. Izdaja jo vodilna založniška hiša na področju znanstvene in strokovne publicistike Springer-Kluwer. Glavno in odgovorno uredništvo revije omogoča naši skupini direkten vpogled v raziskovalno razvojne aktivnosti, ki se odvijajo na tem področju v svetu ter neposredni kontakt z akterji teh aktivnosti.
		ANG	This journal was released in 1997 and is ranking in the first third regarding the impact factor. This journal is the core publication in the field of time-dependent structural materials. It is published by the leading publishing house of scientific and expert publicism, Springer-Kluwer. Chief editorship of the journal allows our team direct contact with the research activities of leading experts in this field around the world.
	Šifra	C.04 Uredništvo mednarodne revije	
	Objavljeno v	Dordrecht; Norwell, MA: Kluwer-Springer, 1997-. ISSN 1385-2000.	
	Tipologija	2.05 Drugo učno gradivo	
COBISS.SI-ID	3749403		
2.	Naslov	SLO	Mehanika polymerov : viskoelastičnost.
		ANG	Mechanics of polymers : viscoelasticity.
	Opis	SLO	V Evropski skupnosti in v ZDA so bile pripravljene smernice za različne metode preizkušanja polimernih materialov in pripadajočih makro-, mikro- in nano-kompozitov, ki bodo služile kot osnova za pripravo novih standardov. Pričujoče delo predstavlja smernice za nove ASTM standarde. V delu so zbrane vse priporočljive merilne tehnike za karakterizacijo polimerov in njihovih kompozitov. Med izbrane merilne tehnike se je uvrstil tudi merilni sistem imenovan »CEM measuring system«, ki ga je razvila naša raziskovalna skupina.
		ANG	In European Union and USA were prepared reviews of different testing methods for polymers and pertaining macro-, micro- and nano-composites. These reviews will serve as recommendations for preparation of new standards. The chapter represents guidelines for the new upcoming ASTM standards. The contribution reviews all important measuring techniques for characterization of polymers and their composites. Among the selected measuring techniques is also the »CEM measuring system«, developed by our research group.
	Šifra	B.06 Drugo	
	Objavljeno v	KNAUSS, Wolfgang Gustav, EMRI, Igor, LU, Hongbing. Handbook of experimental solid mechanics. V: SHARPE, William N. (ur.). New York: Springer, cop. 2008, str. 49-95.	
	Tipologija	2.25 Druge monografije in druga zaključena dela	
COBISS.SI-ID	10742555		
3.	Naslov	SLO	7. mednarodna konferenca na področju mehanike časovno odvisnih materialov, September 5-11, 2010, Portorož, Slovenia, EMRI, Igor (urednik).
		ANG	The 7th International Conference on Mechanics of Time-Dependent Materials, September 5-11, 2010, Portorož, Slovenia, EMRI, Igor (editor).
	Opis	SLO	Konferenca "International Conference on Mechanics of Time-Dependent Materials" - MTDM je organizirana vsaki dve leti v sodelovanju Centra za eksperimentalno mehaniko (UL-FS), Californian Institute of Technology - Caltech (ZDA) in Aoyama University (Japonska) z namenom izmenjevanja idej in predstavljanja novih znanstvenih spoznanj na področju mehanike časovno odvisnih materialov. Zadnja konferenca je bila organizirana septembra 2010 v Portorožu ( <a href="http://www.mtdm10.si/">http://www.mtdm10.si/</a> ).
		ANG	"International Conference on Mechanics of Time-Dependent Materials" - MTDM is organized every two years in collaboration between the Centre for Experimental Mechanics (UL-FS), Californian Institute of Technology - Caltech (USA), and Aoyama University (Japan) with the purpose of exchanging ideas, and presenting the new scientific contribution in the field of



		the mechanics of time-dependent materials. The last conference was organized in September 2010 in Portorož ( <a href="http://www.mtdm10.si/">http://www.mtdm10.si/</a> ).
Šifra	C.01	Uredništvo tujega/mednarodnega zbornika/knjige
Objavljeno v		The 7th International Conference on Mechanics of Time-Dependent Materials, September 5-11, 2010, Portorož, Slovenia, EMRI, Igor (ur.). Proceedings. 1st ed. Ljubljana: Center for Experimental Mechanics, Faculty of Mechanical Engineering, 2010. 1 optični disk (CD-ROM). ISBN 978-961-90250-3-1.
Tipologija	2.30	Zbornik strokovnih ali nerecenziranih znanstvenih prispevkov na konferenci
COBISS.SI-ID	252271104	
4. Naslov	SLO	Časovno odvisno vedenje polimernih nanokompozitov z 1D titanatnimi nanostrukturami
	ANG	Time-dependent behavior of polymer nanocomposites with 1D titanate nanostructures
Opis	SLO	Vodja programske skupine se je kot vabljeni predavatelj udeležil mednarodne konference "Aerokosmičeske tehnologije" v čast akademiku B. H. Čelomeju v Moskvi. Predstavljeni prispevek je bil nagrajen s Čelomejevo nagrado.
	ANG	Head of the programme was invited to participate as invited speaker at the international conference "Aerokosmičeske tehnologije" dedicated to academic B. H. Celomei in Moscow. Presented contribution received Celomei award.
Šifra	B.04	Vabljen predavatelj
Objavljeno v		EMRI, Igor, FLORJANČIČ, Urška, ZUPANČIČ, Barbara, HUSKIČ, Miroslav, UMEK, Polona, ARČON, Denis: [a presentation given at the] 3. mednarodna naučno-tehniška konferenca "Aerokosmičeske tehnologije", 19-20 maja 2009, Moskva-Reutov. Moskva, Reutov, 2009.
Tipologija	3.16	Vabljen predavatelj na konferenci brez natisa
COBISS.SI-ID	11207195	
5. Naslov	SLO	Skrivnostne strani narave: nerešeni problemi v mehaniki disipativnih sistemov
	ANG	Secret tunes of nature : unsolved problems in mechanics of dissipative systems
Opis	SLO	Glede na dane robne pogoje se sistemi nahajajo v najbolj verjetnem stanju, t.j. v stabilnem stanju. Vsekakor pa sprememba robnih pogojev preko zunanjega vzbujanja definira novo ravnotežno stanje sistema, ki ga običajno ne opazimo. Novo ravnotežno stanje je "disipativno" narave, saj za vzdrževanje potrebuje energijo. Časovna skala vzbujanja in njena prostorska usmeritev določata, kakšna bo prerezporeditev v danem prostoru in posledično sprememba inherentne strukture materiala, ki odraža spremembo na ravni makroskopskih lastnosti sistema.
	ANG	At given boundary conditions all systems are in most probable state, i.e., stable state. However, by changing boundary conditions through outside excitation we may enforce new stable states which are normally not observed. The new stable state is "dissipative" – it consumes energy to be maintained. The time-scale of excitation, and its spatial orientation defines how the matter will be re-distributed within a given space, and consequently change the overall inherent structure that results in the change of the macroscopic properties of the system.
Šifra	B.04	Vabljen predavatelj
Objavljeno v		EMRI, Igor. Secret tunes of nature : unsolved problems in mechanics of dissipative systems : vabljen predavatelj na Seminar of Polymer Science, 18th November 2010, Linz. Linz, 2010: Johannes Kepler Universität.
Tipologija	3.16	Vabljen predavatelj na konferenci brez natisa
COBISS.SI-ID	11672347	

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

FLORJANČIČ, Urška, ZUPANČIČ, Barbara, OBLAK, Pavel, SUTTON, Elizabeth, ŠTUKELJ, Marina, GROŠELJ, Dušan, MARION, Ljubo, EMRI, Igor. Osseointegrated orthopaedic and dental implants - ODI : report on work (2008-2009). Ljubljana: Center za eksperimentalno mehaniko, 2009.

FLORJANČIČ, Urška, ZUPANČIČ, Barbara, EMRI, Igor, SUTTON, Elizabeth. The influence of gradient structure on time-dependent mechanical properties of polyamides : [a presentation given at the] 5th Annual European Rheology Conference, April 15-17, Cardiff, United Kingdom. Cardiff, 2009.

EMRI, Igor, FLORJANČIČ, Urška, ZUPANČIČ, Barbara, HUSKIĆ, Miroslav, UMEK, Polona, ARČON, Denis. Time-dependent behavior of polymer nanocomposites with 1D titanate nanostructures : [a presentation given at the] 3. međunarodna naučno-tehniška konferencija "Aerokosmičke tehnologije", 19-20 maja 2009, Moskva-Reutov. Moskva, Reutov, 2009.

GERGESOVA, Marina, ZUPANČIČ, Barbara, SAPRUNOV, Ivan, EMRI, Igor. Automated procedure for time-temperature and time-pressure shifting. V: EMRI, Igor (ur.). The 7th International Conference on Mechanics of Time-Dependent Materials, September 5-11, 2010, Portorož, Slovenia.

KUBYSHKINA, Galina, ZUPANČIČ, Barbara, ŠTUKELJ, Marina, GROŠELJ, Dušan, MARION, Ljubo, EMRI, Igor. Sterilization influence on durability of polyamide 6 with different molecular mass distribution. V: ŠIROK, Brane (ur.), EBERLINC, Matjaž (ur.). Kuhljevi dnevi, 23. september 2010, Ljubljana.

KUBYSHKINA, Galina, ZUPANČIČ, Barbara, EMRI, Igor. Polyamides with gradient structure in medical applications. V: Annual European Rheology Conference, April 7-9, 2010, Göteborg, Sweden.

KUBYSHKINA, Galina, ZUPANČIČ, Barbara, ŠTUKELJ, Marina, GROŠELJ, Dušan, MARION, Ljubo, EMRI, Igor. The influence of different sterilization techniques on the time-dependent behavior of polyamide. V: EMRI, Igor (ur.). The 7th International Conference on Mechanics of Time-Dependent Materials, September 5-11, 2010, Portorož, Slovenia.

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

### 9.1. Pomen za razvoj znanosti<sup>10</sup>

SLO

Projekt prispeva k zakladnici znanja na dveh različnih področjih, in sicer na področju mehanike časovno odvisnih materialov ter na področju medicine, natančneje dentalne implantologije.

S stališča mehanike časovno odvisnih materialov rezultati projekta prispevajo k razumevanju vpliva inherentne strukture materiala na časovno odvisno vedenje vsadka. Inherentna struktura je odvisna od začetne kinetike materiala in termo-mehanskih robnih pogojev, ki jim je material izpostavljen v procesu solidifikacije. Analizirali smo, kako in do kolikšne mere lahko s spreminjanjem začetne kinetike materiala in termo-mehanskih robnih pogojev spreminjamo časovno odvisne lastnosti, ki opredeljujejo funkcionalnost in trajnost vsadka.

Na področju medicine so aktivnosti usmerjene v iskanje takih struktur materiala, ki bodo zagotavljale ustrezno biokompatibilnost in osteointegrabilnost materiala. Zaenkrat še ni znano, ali sta biokompatibilnost in osteointegrabilnost materiala odvisni le od kemijske strukture materiala ali pa tudi od strukture materiala na molekularnem in višjem nivoju opazovanja. Povsem nov pristop k implantološki protetiki in odnosu polimer – ustna tkiva obeta nova znanstvena dognanja in bo podlaga za nove klinične metode kirurškoprotetične oskrbe delne in popolne brezzobosti.

Obvladovanje zgoraj navedenih znanj predstavlja tehnološki preboj na področju novih materialov in medicine, kar odpira vrata za razvoj različnih vsadkov oz. pripomočkov na področju medicine, kot so npr. dentalni implantati, različni protetični izdelki, kirurški vijaki, itd. kot aplikacije v srčni kirurgiji, ortopediji, dentalni kirurgiji itd.

ANG

Project contributes to the knowledge heritage of two different fields; i.e., the field of time-dependent materials, and medical field, specifically, dental implantology.

From the point of view of time-dependent material mechanics results contribute to understanding the effect of inherent structure of material on time-dependent behavior of the implant. Inherent structure depends on the initial kinetics of material and thermo-mechanical

boundary conditions, which the material is exposed to in the process of solidification. We analyzed, what are the options and limits of changing time-dependent properties, that characterize functionality and durability of the implant, by changing initial kinetics of the material and thermo-mechanical boundary conditions.

In the medical field the activities are focused on seeking such material structures, that ensure suitable biocompatibility and osteointegrability of the material. It has not been known yet, whether the biocompatibility and osteointegrability depend only on the chemical structure of the material or also on the material structure on the molecular and higher observation level. Completely new approach to implantological protetics and to the relation polymer – oral tissues promises new scientific results and presents the basis for new clinical methods of kirurgy-protetics medical treatment of partial or complete loss of teeth.

Managing of knowledge stated above presents technological penetration in the field of new materials and medicine, which opens the door to the development of different implants or other medical resourse, such as dental implants, different protetics products, medical screws, etc., as heart surgery applications, or in orthopedy, dental kirurgy, etc.

## 9.2. Pomen za razvoj Slovenije<sup>11</sup>

SLO

Razvoj nove generacije nanostrukturiranih polimernih vsadkov v prvi vrsti pomeni revolucijo na področju dentalne implantologije in predstavlja tehno-ekonomsko priložnost Slovenije. Nova generacija I-PA vsadkov bo izdelana z novo tehnologijo, kar odpira več različnih možnosti za dosego tržnega uspeha, saj lahko novo tehnologijo v celoti prodamo enemu izmed vodilnih podjetij na področju izdelovanja medicinskih pripomočkov, bodisi proizvodnjo vsadkov vzpostavimo in ohranimo v domačem okolju, trženje pa prepustimo enemu izmed vodilnih podjetij bodisi se s podjetjem pogodimo, da mi obdržimo proizvodnjo, tuje podjetje prevzame prodajo, pri čemer nam pripada ekskluzivnost za regijo Alpe-Adria, kjer mi izvajamo prodajo. Ta zadnja oblika nam odpira možnost, da v Sloveniji (npr. v Pomurju) organiziramo medicinsko podprt turizem, katerega cilj je, da regija Pomurja postane podobno kot Švica znana po vrhunskih medicinskih uslugah, t.j., implantatnoproterična metoda, ki temelji na uporabi nove generacije nanostrukturiranih implantatov.

Nova implantatno-protetična metoda (katere razvoj ni predmet predlaganega projekta, temveč predstavlja naslednji korak pri doseganju globalnega cilja projekta), bo preprostejša, hitrejša, cenejša, bo omogočala izdelavo patenta in bo konkurenčnejša od obstoječih implantatnih sistemov iz titana ali cirkonija. Obstaja velika verjetnost, da bo naš pristop uporaben tudi za razvoj materialov pri vodeni kostni regeneraciji na področju travmatologije, maksilofacialne kirurgije, ortopedije in parodontologije.

Obenem novi materiali obetajo uporabo kot podlaga za dolgotrajno depojsko sproščanje različnih učinkovin bodisi v mehkih ali v trdih bioloških tkivih. Poliamidni materiali imajo namreč izjemno sposobnost absorpcije tekočine (absorbirajo tudi do 4-5 vol. % tekočine). Izsledki raziskav raziskovalne skupine prijavitelja projekta v sodelovanju z nemškim koncernom BASF kažejo, da lahko s spreminjanjem strukture materiala vplivamo na kinetiko absorpcije/desorpcije (t.j., hitrost sproščanja oz. vezanja tekočine z učinkovinami). To obeta razvoj nove generacije vsadkov, namenjenih uporabi v različnih področjih medicine, ki bi lahko služili kot depo za vnos zdravila na lokacijo, kjer mora učinkovati.

Projekt predstavlja pomemben korak na poti do ekonomsko uspešnega 'spin-off' podjetja, ki bo ustvarjalo dodano vrednost, primerljivo z vodilnimi podjetji v svetu.

ANG

Development of the new generation of nanostructural polymer implants firstly means the revolution in the field of dental implantology and presents techno-economic opportunity for Slovenia. New generation of the I-PA implants will be produced using the new technology, which gives more options for financial success, since the new technology may be completely sold to the one of the leading companies in the field of medical supplies, or implant production may be kept in the native environment, and let marketing, for example, to the one of the leading companies. One of the possibilities is also to make an agreement with the companies, for us to keep the production, and for the foreign company to take over the salesment, where we get the exclusivity for the Alpe-Adria region, where we are in charge for the salesment. This kind of arrangement gives us a chance to organize medical supported tourism in Slovenia (for example in the Pomurje region), with the ultimate goal that Pomurje region becomes, such as Switzerland, well-known for its superior medical services, i.e., implant-protetics method, that bases on the use of the new generation of nanostructural implants.

New implant-protetics method (development of which is not the subject of proposed project,

but presents the next step to achieve the global goal of the project), will be simpler, faster, cheaper, it will enable the patent creation, and will be more concurrent than existent implant systems made of titanium or zirconium. There is a high possibility, that our approach is useful also for the development of the materials for guided bone regeneration from the traumatology field, from the field of maxillofacial surgery, orthopedy, and parodontology.

Besides that new materials may give the opportunity to be used as the substrates for the long-term depo-release of different substances, whether in the soft or in the hard biological tissues. Namely, polyamide materials have exceptional capability of moisture absorption (they can absorb up to 4-5 vol. % of moisture). The results of previous investigations, carried out by the project applicant in the collaboration with German concern BASF show that by modifying the material structure we may influence the kinetics of absorption/desorption (i.e., the rate of bonding/releasing the moisture containing a drug). This offers the conditions for the development of a new generation of implants, suitable for different medical applications, which may serve as a depot for drugs to be inserted directly into location where they should act.

The project represents an important step in the realization process of forming economically successful 'spin-off' company, which will generate an added value comparable with the top-most leading companies in the world.

### 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		
<b>F.01</b>	<b>Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
<b>F.02</b>	<b>Pridobitev novih znanstvenih spoznanj</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
<b>F.03</b>	<b>Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
<b>F.04</b>	<b>Dvig tehnološke ravni</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
<b>F.05</b>	<b>Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
<b>F.06</b>	<b>Razvoj novega izdelka</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	

<b>F.07</b>	<b>Izboljšanje obstoječega izdelka</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.08</b>	<b>Razvoj in izdelava prototipa</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih <input type="text"/>
<b>F.09</b>	<b>Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih <input type="text"/>
<b>F.10</b>	<b>Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.11</b>	<b>Razvoj nove storitve</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.12</b>	<b>Izboljšanje obstoječe storitve</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.13</b>	<b>Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.14</b>	<b>Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.15</b>	<b>Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.16</b>	<b>Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE

	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.17</b>	<b>Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.18</b>	<b>Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	V celoti <input type="text"/>
<b>F.19</b>	<b>Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih <input type="text"/>
<b>F.20</b>	<b>Ustanovitev novega podjetja ("spin off")</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	Delno <input type="text"/>
<b>F.21</b>	<b>Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.22</b>	<b>Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.23</b>	<b>Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.24</b>	<b>Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.25</b>	<b>Razvoj novih organizacijskih in upravljaljskih rešitev</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>

	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.26</b>	<b>Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljaljskih rešitev</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.27</b>	<b>Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.28</b>	<b>Priprava/organizacija razstave</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.29</b>	<b>Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.30</b>	<b>Strokovna ocena stanja</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	V celoti <input type="text"/>
<b>F.31</b>	<b>Razvoj standardov</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.32</b>	<b>Mednarodni patent</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.33</b>	<b>Patent v Sloveniji</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.34</b>	<b>Svetovalna dejavnost</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.35</b>	<b>Drugo</b>	

Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
Rezultat	<input type="text"/>
Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

**Komentar**

Doseženi rezultati v sklopu tega projekta predstavljajo tehnološki preboj na področju novih materialov in medicine, kar odpira vrata za razvoj različnih vsadkov oz. pripomočkov na področju medicine kot so npr. dentalni implantati, različni protetični izdelki, kirurški vijaki, itd. kot aplikacije v srčni kirurgiji, ortopediji, dentalni kirurgiji itd.

Prijavljenih bo več patentov, ki bodo osnova za nadaljnji razvoj izdelkov.

Projekt predstavlja pomemben korak na poti do ekonomsko uspešnega 'spin-off' podjetja, ki bo ustvarjalo dodano vrednost, primerljivo z v svetu vodilnimi podjetji na tem področju.

**11. Samo za aplikativne projekte!**

**Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja**

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



<b>G.04</b>	<b>Družbeni razvoj</b>					
G.04.01.	Dvig kvalitete življenja					
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:					
<b>G.05.</b>	<b>Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete</b>					
<b>G.06.</b>	<b>Varovanje okolja in trajnostni razvoj</b>					
<b>G.07</b>	<b>Razvoj družbene infrastrukture</b>					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura					
G.07.02.	Prometna infrastruktura					
G.07.03.	Energetska infrastruktura					
G.07.04.	Drugo:					
<b>G.08.</b>	<b>Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva</b>					
<b>G.09.</b>	<b>Drugo:</b>					

### Komentar

<p>Nova generacija inteligentnih materialov in tehnologij omogoča dvig dodane vrednosti izdelkov, katerih funkcionalnost je odvisna od lastnosti uporabljenega konstrukcijskega materiala. Preskok industrijskih izdelkov v višje cenovne razrede ter razvoj vrhunskih medicinskih tehnik bo prispeval k dvigu družbeno-ekonomskega nivoja Slovenije in tako posledično pozitivno ter konstruktivno vplival na vse nivoje družbenega in kulturnega razvoja slovenskega naroda.</p> <p>Rezultati predlaganih raziskav predstavljajo bazična znanja na področju trajnostnih tehnologij in nove generacije materialov, ki je eno izmed 4 prioritetenih področij tehnološkega razvoja Slovenije v tem desetletju. Raziskovalno delo je naravnano na ustvarjanje znanja na področjih, kjer je možno s koriščenjem specifičnih lastnosti novih materialov dvigniti dodano vrednost izdelka in s tem povečati konkurenčno sposobnost slovenskih podjetij.</p> <p>Prenos osvojenega znanja na širše znanstvene kroge bo tudi po zaključku projekta potekal preko objav in obiskov konferenc, medtem ko bo za prenos aplikativnega dela znanstvenih izsledkov, tehničnega in ekonomskega znanja v industrijsko okolje poskrbljeno preko organiziranih predavanj in seminarjev.</p>
---

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

1.	<b>Sofinancer</b>	Panvita Group, KG Rakičan d.d.		
	<b>Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:</b>	25.000,00	<b>EUR</b>	
	<b>Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:</b>	25,00	<b>%</b>	
	<b>Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja</b>			<b>Šifra</b>
	1.	The 7th International Conference on Mechanics of Time-Dependent Materials, September 5-11, 2010, Portorož, Slovenia, EMRI, Igor (ur.). Proceedings. 1st ed. Ljubljana:		B.01

		Center for Experimental Mechanics	
	2.	KUBYSHKINA G., ZUPANČIČ B., ŠTUKELJ M., GROŠELJ D., MARION L., EMRI I.: Sterilization influence on durability of polyamide 6 with different molecular mass distribution. Kuhljevi dnevi, 2010, 119-126.	B.03
	3.		
	4.		
	5.		
	<b>Komentar</b>	V okviru predlaganega raziskovalnega projekta je bilo preverjeno, kako spreminjanje strukture novih nanostrukturiranih poliamidnih (I-PA) materialov na nano-, mikro- in makro skali vpliva na odpornost materiala na sterilizacijo, njegovo biokompatibilnost in sposobnost osteointegracije. Z izbranim optimalnim materialom je bil izveden pilotski implantološki test v kostnem tkivu poskusnih živali, s katerim je bil izkazan obetaven nivo procesa osteointegracije novih I-PA materialov.	
	<b>Ocena</b>	Sofinancer je zagotovil materialne pogoje in oskrbo testnih živali, kar je pogojevalo pridobitev dovoljenja za izvajanje in-vivo eksperimentov. V ta namen je Panvita Group za izvedbo bioloških testov v skladu z odobreno vlogo odstopila plemenske svinje ter nudila njihovo vzrejo in oskrbo tekom poteka eksperimenta.	
2.	<b>Sofinancer</b>		
		<b>Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:</b>	<b>EUR</b>
		<b>Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:</b>	<b>%</b>
		<b>Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja</b>	<b>Šifra</b>
	1.		
	2.		
	3.		
	4.		
	5.		
	<b>Komentar</b>		
	<b>Ocena</b>		
3.	<b>Sofinancer</b>		
		<b>Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:</b>	<b>EUR</b>
		<b>Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:</b>	<b>%</b>
		<b>Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja</b>	<b>Šifra</b>
	1.		
	2.		
	3.		

		4.	
		5.	
<b>Komentar</b>			
<b>Ocena</b>			

### 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:

Igor Emri	in	
podpis vodje raziskovalnega projekta		zastopnik oz. pooblaščen oseba RO

Kraj in datum:

Ljubljana

8.4.2011

#### Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2011-1/10

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

<sup>2</sup> Samo za aplikativne projekte. [Nazaj](#)

<sup>3</sup> 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](#)

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

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

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

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

**PRIMER** (v slovenskem jeziku):

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

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

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

**Tipologija:** 1.01 - Izvirni znanstveni članek

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

<sup>7</sup> 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 Šifrantu 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](#)

<sup>8</sup> 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](#)

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

<sup>10</sup> Največ 4.000 znakov vključno s presledki [Nazaj](#)

<sup>11</sup> Največ 4.000 znakov vključno s presledki [Nazaj](#)

<sup>12</sup> 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

BE-DA-65-E1-11-B7-DD-AC-41-B9-1A-50-97-58-EC-2D-E6-B0-E1-93