

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2012/17

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	Z2-2025
Naslov projekta	Metoda enovitega generiranja mili, mikro in nanosekundnih elektropermeabilizacijskih signalov za učinkovito gensko elektrotransfekcijo
Vodja projekta	25421 Matej Reberšek
Tip projekta	Zt Podoktorski projekt - temeljni
Obseg raziskovalnih ur	3400
Cenovni razred	B
Trajanje projekta	05.2009 - 04.2011
Nosilna raziskovalna organizacija	1538 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.06 Sistemi in kibernetika 2.06.07 Biomedicinska tehnika
Družbeno-ekonomski cilj	07. Zdravje

2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS¹

Šifra	2.06
- Veda	2 Tehniške in tehnološke vede
- Področje	2.06 Zdravstveni inženiring

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Povzetek projekta²

SLO

Po podatkih Svetovne zdravstvene organizacije (WHO) je več kot 10.000 človeških boleznih monogenih s pogostostjo ponavljanja 10 na 1000 rojstev. Monogenske bolezni lahko zdravimo z gensko terapijo. Gene lahko v celico vnesemo z virusnimi vektorji ali nevirusnimi

metodami. Z virusnimi vektorji lahko dosežemo zelo visoko stopnjo transfekcije, ki pa jo pogosto spremljajo imunski odzivi in insercijska mutagenaza. Zaradi stranskih učinkov, ki so v nekaterih primerih lahko smrtni, raziskovalci razvijamo nove nevirusne metode, ki se potencialno lahko primerjajo z uspešnostjo virusne genske terapije. Ena izmed nevirusnih metod z velikim potencialom je genska elektrotransfekcija, ki se trenutno uporablja v več kliničnih študijah po EU in ZDA. Genska elektrotransfekcija temelji na pojavu, pri katerem zunanje električno polje reverzibilno spremeni prepustnost celične membrane ter tako omogoči vstop DNK v biološko celico. Učinkovitost genske elektrotransfekcije je poleg ostalih električnih parametrov odvisna tudi od dolžine in kombinacije različnih električnih pulzov. Medtem ko mikrosekundni električni pulzi povečajo prepustnost celične membrane, milisekundni električni pulzi predvsem elektroforetsko učinkujejo na DNK ter jo tako potiskajo v celico. Uspešnost genske transfekcije pa je odvisna tudi od prenosa DNK v jedro. Jedrna ovojnica je namreč selektivno prepustna in je zato transfekcija najbolj uspešna med celično delitvijo, ko jedrne ovojnice ni. Zadnje raziskave kažejo, da lahko z nanosekundnimi električnimi pulzi povečamo prepustnost tudi membranam celičnih organelov. Zato predvidevamo, da z nanosekundnimi električni pulzi lahko povečamo verjetnost prehoda DNK v jedro, ko se ta že nahaja v citosolu. V ta namen smo razvili prototipno napravo, ki omogoča generiranje mili-, mikro- in nanosekundne elektroporacijske pulze in nato reizkusili hipotezo *in vitro*. Optimizirali smo število nanosekundnih pulzev ter zakasnitev med klasičnimi in nanosekundnimi električnimi pulzi. S tako optimiziranimi električnimi parametri smo transfecirali za 20% več celic kot pri trenutno najbolj uspešni metodi klasične genske elektrotransfekcije. Predvidevamo, da bo metoda s kombinacijo klasičnih in nanosekundnih elektroporacijskih pulzih *in vivo*, kjer se celice redkeje delijo, še bolj uspešna. Metoda kombinacije pulzov različnih dolžin pa je zanimiva tudi za druga področja elektroporacije. Prototipno napravo izdelano v okviru tega projekta smo uspešno uporabili tudi pri inaktivaciji bakterij v vodi, študiji o ekvivalentnih električnih parametrih pri elektroporaciji in elektroporaciji endocitotskih veziklov. Napravo trenutno preizkušamo še na področju elektrofuzije in elektroporacije mitohondrijev.

ANG

According to World Health Organization (WHO) over 10,000 of human diseases are known to be monogenic with global prevalence at birth 10 per 1000. Monogenic diseases can be treated by viral or non-viral gene therapy. Viral vectors are considered to provide the highest effectiveness of DNA transfer, but they are often associated with immune responses and insertional mutagenesis. Because of severe and potentially fatal side effects new non-viral methods of DNA transfer are being sought for that could be as effective as viral vectors. One of the very promising non-viral methods is gene electrotransfer. It is currently used in clinical trials in EU and USA. Gene electrotransfer is based on phenomenon, in which the cell membrane permeability can be reversibly changed by external electric field, so DNA can be delivered into living cells. Effectiveness of gene electrotransfer in addition to other electric parameters also depends on duration and combination of different electric pulses. Microsecond electric pulses permeabilize cell membrane, on the other hand millisecond electric pulses electrophoretically drag DNA into cell. Effectiveness of gene electrotransfer further depends on DNA transfer into cell nucleus. Nuclear envelope is selectively permeable thus transfection is effective only during mitosis where nuclear envelope breaks. Recent publications show that intracellular membranes can be permeabilized by nanosecond electric pulses. Therefore, we hypothesized that by using nanosecond electric pulses probability of DNA transition into nucleus is higher when DNA is already in cytoplasm. For this purpose, we developed a prototype device that allows generating milli-, micro- and nanosecond electroporation pulses and subsequently we tested the hypothesis *in vitro*. We optimized the number of nanosecond pulses and delay between the conventional and nanosecond electrical pulses. With this optimized electrical parameters 20% more transfected cells were obtained in comparison to currently the most successful conventional method of gene electrotransfer. We expect that the combination of conventional and nanosecond electroporation pulses will be even more successful *in vivo* where cells rarely divide. Combination of pulses of different duration is also interesting for other areas of electroporation. The prototype device designed for this project was already successfully applied to inactivate bacteria in water, to study equivalent electrical parameters in electroporation and to electroporate endocytotic vesicles. The device is currently being tested also in the field of electrofusion and electroporation of mitochondria.

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu³

Namen projekta je bil izdelati napravo, ki bo omogočala generiranje mili-, mikro- in nanosekundne električne pulze za permeabilizacijo celične membrane in celičnih organelov. Nato pa preveriti, ali s kombinacijo vseh treh električnih pulzov različne dolžine lahko povečamo uspešnost genske elektrotransfekcije. Program dela na raziskovalnem projektu je

razdeljen na tri delovne sklope: DS1 – Razvoj metode enovitega generiranja električnih pulzov, DS2 – Načrtovanje in izdelava naprave ter DS3 – Analiza vpliva kombinacije električnih pulzov na gensko elektrotransfekcijo.

Delovni sklop 1: Razvoj metode enovitega generiranja električnih pulzov

Razvili in preizkusili smo dve metodi za generiranje nanosekundnih pulzov. Prva metoda temelji na Blumlein generatorju, ki smo ga modificirali tako, da nam omogoča generiranje nanosekundnih električnih pulzov različnih dolžin od 30 do 200 ns z visoko ponavljalno frekvenco do 100 kHz. Maksimalna izhodna amplituda modificiranega Blumlein generatorja je 1000 V, kar je dovolj za aplikacijo nanosekundnih električnih pulzov na mikroelektrodah pod mikroskopom in s tem neposredno spremljanje učinkov in optimizacijo velikega spektra parametrov nanosekundnih električnih pulzov na celice z uporabo fluorescenčnih barvil (DS3). Druga metoda temelji na generatorju z zračno tuljavo in diodnim stikalom, ki smo ga modificirali tako, da omogoča generiranje visokonapetostnih (do 8000 V) nanosekundnih (10 ns) pulzov na zelo prevodnem bremenu, kar nam omogoča uporabo nanosekundnih električnih pulzov v kivetah. Generator z zračno tuljavo nam omogoča sterilno delo s celicami in vitro in s tem tudi poizkuse genske elektrotransfekcije (DS3).

V okviru DS1 smo sodelovali s tujim partnerjem iz Združenih držav Amerike (ZDA). S skupino prof. Martina Gundersena z Univerze Južne Kalifornije (USC) smo sodelovali pri razvoju novega generatorja, ki omogoča generiranje nanosekundnih električnih pulzov visokih napetosti na celičnih suspenzijah.

Delovni sklop 2: Načrtovanje in izdelava naprave

Izdelali smo napravo, ki nam omogoča enovito generiranje mili-, mikro- in nanosekundnih elektroporacijskih pulzov. V ta namen smo izdelali tri 100 W napajalne module, in sicer napajalni modul za milisekundne pulze od 50 do 250 V, napajalni modul za mikrosekundne pulze od 50 do 1100 V in napajalni modul za nanosekundne pulze od 50 do 1000 V. Delovanje napajalnih modulov kontrolira MicroChip PIC18F45J10 mikrokontroler, ki diskretno regulira izhodno napetost napajalnega modula in iz varnostnih razlogov po končanem generiranju električnih pulzov izprazni izhodne kondenzatorje. Programi za mikrokontrolerje na napajalnih moduli so napisani v programske jeziku C++ s pomočjo programa MPLAB C18 Compiler. Izdelali smo nadzorni modul z Cypress EZ-USB kontrolerjem in z Xilinx Spartan 3 programirljivim vezjem. Cypress EZUSB kontroler sprejema in posreduje podatke preko grafičnega uporabniškega vmesnika. Xilinx Spartan 3 programirljivo vezje generira elektroporacijske signale in kontrolira delovanje ojačevalnikov. Program za EZ-USB kontroler na nadzornem modulu je napisan v programske jeziku C++ s pomočjo programa Keil μ Vision2, program za programirljivo vezje na nadzornem modulu pa je napisan v strojno opisnem jeziku VHDL s pomočjo programa Xilinx ISE 12.4 WebPACK. Izdelali smo tri ojačevalnike, in sicer dva ojačevalnika s skupnim izvorom in potencialno nedoločenim izhodom za generiranje mili-in mikrosekundnih pulzov ter ojačevalnik z diodnim stikalom za nanosekundne pulze. Ojačevalnike smo združili s Schottky diodami, tako da lahko na bremenu generiramo milisekundne pulze od 1 do 100 ms, amplitude do 200 V z inkrementom 1 V in tokom do 10 A; mikrosekundne pulze od 4 do 1000 μ s, amplitude do 1 kV z inkrementom 5 V in tokom do 50 A; ter nanosekundne pulze od 4 do 10 ns amplitude do 8 kV z inkrementom 50 V in tokom do 400 A.

Naprava nam omogoča generiranje do devet sekvenc električnih pulzov. V vsaki sekvenci lahko izberemo poljubno dolžino pulza, zakasnitev med pulzi od 16 μ s do 1 s, število pulzov do 100 in zakasnitev med sekvencami od 16 μ s do 10 s. Naprava nam tako omogoča generiranje širokega spektra električnih parametrov ter s tem poglobljeno analizo vpliva kombinacije električnih pulzov na gensko elektrotransfekcijo.

Delovni sklop 3: Analiza vpliva kombinacije električnih pulzov na gensko elektrotransfekcijo

V sodelovanju z dr. Tino Batisto-Napotnik, univ.dipl.biol., smo določili optimalno zakasnitev med klasičnimi in nanosekundnimi električnimi pulzi ter optimalno število 8 kV, 10 ns električnih pulzov za učinkovitejšo gensko elektrotransfekcijo. Električne parametre smo optimizirali in primerjali s trenutno za gensko elektrotransfekcijo *in vitro* najbolj uspešnimi klasičnimi električnimi pulzi (4x 200 μ s). Z novo metodo nam je uspelo transfecirati za 20% več celic.

V okviru DS3 smo sodelovali s tujim partnerjem iz Francije. S skupino dr. Marie-Pierre Rols z Inštituta za farmakologijo in strukturalno biologijo v Toulouse-u smo sodelovali pri določanju optimalne zakasnitve med mikro- in nanosekundnimi pulzi za učinkovit vnos plazmidne DNA v celično jedro.

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

Delo na projektu je potekalo v skladu s programom dela, zastavljenimi raziskovalnimi cilji in časovne razporeditve raziskovalnega projekta.

V okviru delovnega sklopa 1 smo razvili in preizkusili dve povsem novi metodi generiranja visokonapetostnih nanosekundnih pulzov. V okviru delovnega sklopa 2 smo izdelali prototipno napravo za generiranje mili-, mikro- in nano-sekundnih elektropermeabilizacijskih pulzov. V okviru delovnega sklopa 3 smo določili optimalno zakasnitev med mikro- in nano-sekundnimi električnimi pulzi ter optimalno število nanosekundnih električnih pulzov pri dani amplitudi in dolžini pulza ter tako *in vitro* dosegli za 20% več transfeciranih celic kot pri klasični genski elektrotransfekciji.

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

Ni bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega projekta.

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁶

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	7642708	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Študija elektropermeabilizacije endocitotskih veziklov z nanosekundnimi električnimi pulzi
		ANG	Electropermeabilization of endocytotic vesicles in B16 F1 mouse melanoma cells
	Opis	SLO	Prvi smo pokazali, da lahko z nanosekundnimi visokonapetostnimi električnimi pulzi lahko permeabiliziramo endocitotske vezikle, kar bi bilo možno uporabiti za vnos različnih učinkovin v celice. V nasprotju s starejšimi publikacijami na področju nanosekundne elektropermeabilizacije smo pokazali tudi, da je pri danih in uporabnih parametrih električnih pulzov prisotna tudi permeabilizacija celične membrane.
		ANG	We are first to demonstrate experimentally that endocytotic vesicles are electropermeabilized by nanosecond, high-voltage electric pulses. The method could be used to introduce various substances into living cells. In contrast to some previous publications in the field of nanosecond electropermeabilization, we have shown that the permeabilization of internal cell membranes at given electrical parameters is accompanied by a permeabilization of plasma membrane.
	Objavljeno v	Peter Peregrinus; Medical & biological engineering & computing; 2010; Vol. 48, no. 5; str. 407-413; Impact Factor: 1.791; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.438; A': 1; WoS: EV, IG, MC, PT; Avtorji / Authors: Batista Napotnik Tina, Reberšek Matej, Kotnik Tadej, Lebrasseur Eric, Cabodevila Gonzalo, Miklavčič Damijan	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
2.	COBISS ID	7524436	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Študija DNA/membranskega kompleksa pri genski elektrotransfekciji
		ANG	Electro-mediated gene transfer and expression are controlled by the life-time of DNA/membrane complex formation
	Opis	SLO	Prvi smo pokazali, da sprememba polaritete in povišanje ponavljalne frekvence električnih pulzov vpliva na DNK/membransko interakcijo in gensko ekspresijo pri genski elektrotransfekciji. Dobljeni rezultati kažejo na obstoj metastabilnega in stabilnega DNK/membranskega kompleksa. Ugotovili smo, da le DNK, ki pripada stabilnemu kompleksu, vodi v

		učinkovito gensko ekspresijo in da je čas formiranja DNK/membranskega kompleksa približno sekunda, kar se lahko uporabi pri optimiziranju protokolov genske elektrotransfekcije.
	ANG	We are first to demonstrate experimentally that DNA/membrane interaction and gene expression are affected by reversing the polarity and by increasing the repetition rate of electric pulses in gene electrotransfer. The obtained results reveal the existence of metastable and stable DNA/membrane complex. We showed that only DNA belonging to the stable complex leads to effective gene expression and that the formation time of DNA/membrane complex is of the order of a second, which can be used to improve protocols of electromediated gene delivery.
Objavljeno v		John Wiley & Sons; The journal of gene medicine; 2010; Vol. 12, no. 1; str. 117-125; Impact Factor: 3.079; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.772; WoS: DB, KM, QA; Avtorji / Authors: Faurie Cécile, Reberšek Matej, Golzio Muriel, Kandušer Maša, Escoffre Jean-Michel, Pavlin Mojca, Teissie Justin, Miklavčič Damijan, Rols Marie-Pierre
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	7346772 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Blumleinov generator visokonapetostnih nanosekundnih pulzov z visoko ponavljalno frekvenco, spremenljivo dolžino in polariteto
	ANG	Blumlein configuration for high-repetition-rate pulse generation of variable duration and polarity using synchronized switch control
Opis	SLO	Razvili smo Blumleinov generator, ki omogoča generiranje visokonapetostnih (do 1000 V) nanosekundnih pulzov z visoko ponavljalno frekvenco (do 100 kHz). Pulzom lahko spreminjamo polariteto in trajanje (od 30 do 200 ns). Razvili smo tudi mikroelektrode, ki omogočajo generiranje dobro definiranega in razmeroma homogenega električnega polja v 100 mikrometrski reži ter aplikacijo nanosekundnih pulzov in opazovanje učinkov na celice pod mikroskopom. Pokazali smo, da lahko z razvitim generatorjem elektropermeabiliziramo endocitotske vezikle in da pri tem permeabiliziramo tudi plazemsko membrano.
	ANG	We developed and tested a Blumlein generator for highvoltage (up to 1000 V) nanosecond pulses with high repetition rate (up to 100 kHz), variable duration (from 30 to 200 ns) and polarity. We developed a microelectrodes that allow us to generate welldefined and relatively homogeneous electric field in a 100 micrometer gap. Both devices together enable us to apply nanosecond pulses and to observe its affects on cells under the microscope. With the developed generator we showed that we can elektropermeabilize endocytotic vesicles and inevitably also the plasma membrane.
Objavljeno v		Institute of Electrical and Electronics Engineers; IEEE transactions on bio-medical engineering; 2009; Vol. 56, no. 11; str. 2642-2648; Impact Factor: 2.154; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.093; WoS: IG; Avtorji / Authors: Reberšek Matej, Kranjc Matej, Pavliha Denis, Batista Napotnik Tina, Vrtačnik Danilo, Amon Slavko, Miklavčič Damijan
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID	8714836 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Ekvivalentni parametri električnega pulza pri elektroporaciji
	ANG	Equivalent pulse parameters for electroporation
		Določili smo povezavo med amplitudo ter dolžino/številom pulzov, ki povzročijo enak odstotek elektroporiranih celic. Dolžino pulza smo spreminjali v območju od 150 ns do 100 ms ter število pulzov od 1 do 128. Na intervalu dolžine pulzov od nano- do mili-sekund smo prvi pokazali, da

Opis	SLO	lahko model elektroporacije, ki temelji na fizikalnih veličinah, dobro opiše izmerjene podatke. Takšna razmerja med parametri pulza so lahko pomembna pri načrtovanju na elektroporaciji temelječih terapij, kot so elektrokemoterapija in netermična ireverzibilna elektroporacija v primeru da priporočenih vrednosti parametrov pulza ni možno dovesti.
	ANG	We determined experimentally the relations between the amplitude and duration/number of pulses resulting in the same fraction of electroporated cells. Pulse duration was varied from 150 ns to 100 ms, and the number of pulses was varied from 1 to 128. We are first to show that the model of electroporation, based on physical quantities, can describe the measured data on the interval of pulse durations from nano- to milliseconds. Such relations between pulse parameters can be important in planning of electroporation-based treatments, such as electrochemotherapy and nonthermal irreversible electroporation, when recommended values of pulse parameters cannot be set.
Objavljeno v	Institute of Electrical and Electronics Engineers; IEEE transactions on bio-medical engineering; 2011; Vol. 58, no. 11; str. 3279-3288; Impact Factor: 1.782; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.925; WoS: IG; Avtorji / Authors: Pucihar Gorazd, Krmelj Jasna, Reberšek Matej, Batista Napotnik Tina, Miklavčič Damijan	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
5. COBISS ID	8590164	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Genska transfekcija s koničasto komoro z vgrajenimi elektrodami
	ANG	Pipette tip with integrated electrodes for gene electrotransfer of cells in suspension
Opis	SLO	Razvili in izdelali smo koničasto komoro z vgrajenimi elektrodami, ki se uporablja za elektropermeabilizacijo manjšega volumna celične suspenzije. Komora omogoča spreminjanje smeri električnega polja, kar poveča površino permeabilizirane celične membrane in s tem uspešnost elektropermeabilizacije brez očitnega zmanjšanja preživetja celic. Preverili smo, če je komora primerna tudi za gensko transfekcijo in ugotovili, da lahko z obračanjem električnega polja s komoro povečamo tudi delež transfeciranih celic.
	ANG	We developed prototype of tip electrode chamber for electropermeabilization. Tip electrode chamber is used for quick and efficient permeabilization of small and controlled volumes of cell suspensions. Tip electrode chamber allow delivery of electric field in different directions thus increasing the membrane area of cell being permeabilized and therefore efficiency of electropermeabilization. We tested the tip electrode chamber for gene transfection and concluded that by changing the electric field direction in tip electrode chamber we can increase the fraction of transfected cells.
Objavljeno v	Slovenian Medical Society - Section of Radiology; Croatian Medical Association - Croatian Society of Radiology; Radiology and oncology; 2011; Vol. 45, št. 3; str. 204-208; Impact Factor: 1.970; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 3.959; WoS: DM; Avtorji / Authors: Reberšek Matej, Kandušer Maša, Miklavčič Damijan	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine^Z

	Družbenoekonomsko relevantni dosežki	
1.	COBISS ID	8634708
		Vir: COBISS.SI

Naslov	SLO	Študija vpliva kombinacije mikro- in nano-sekundnih električnih pulzov na inaktivacijo bakterij v vodi
	ANG	Inactivation of Escherichia coli in water samples with microsecond and nanosecond electrical pulses
Opis	SLO	Prvi smo pokazali, da lahko s kombinacijo mikro- in nano-sekundnih električnih pulzov inaktiviramo za 1-log več bakterij kot pri klasični električni inaktivaciji pri tem pa ne porabimo več energije. Energijsko bolj učinkovita inaktivacija bakterij je potencialno zanimiva pri čiščenju vode in netermični pasterizaciji živil.
	ANG	We are first to demonstrate experimentally that combination of mili- and nano-second electric pulses inactivate 1-log more bacteria in comparison to classical electrical inactivation with the same energy. Energy efficient inactivation of bacteria is of potential interest in water treatment and non-thermal pasteurization of food.
Šifra	F.02 Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
Objavljeno v	IEEE Region 8, Slovenska sekcija IEEE; Zbornik dvajsete mednarodne Elektrotehniške in računalniške konference ERK 2011, 19.-21. september 2011, Portorož, Slovenija; Zbornik ... Elektrotehniške in računalniške konference ERK ...; 2011; Zv. B; str. 347-350; Avtorji / Authors: Kobe Žgalin Maj, Hodžič Duša, Reberšek Matej, Miklavčič Damijan, Kandušer Maša	
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
2. COBISS ID	8822612	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Razvoj elektroperatorjev in elektrod
	ANG	Development of devices and electrodes
Opis	SLO	V zadnjih štirinajstih letih smo v našem laboratoriju razvili več kot deset prototipnih naprav za elektropermeabilizacijo in vsaj toliko elektrod oziroma komor z elektrodami. Na mednarodni podiplomski šoli in delavnici »Electroporation based technologies and treatments« smo predstavili naš in tuj razvoj elektropermeabilizacijskih naprav in elektrod.
	ANG	In the last fourteen years we have developed more than ten prototype devices for electropermeabilization and even more electrodes or chambers with the electrodes. On international scientific workshop and postgraduate course Electroporation based technologies and treatments we have presented our and other work on electropermeabilization devices and electrodes.
Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci	
Objavljeno v	Založba FE in FRI; Proceedings of the Electroporation based Technologies and Treatments; 2011; Str. 75-81; Avtorji / Authors: Miklavčič Damijan, Reberšek Matej	
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
3. COBISS ID	7920212	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Simulacija generatorja z diodnim stikalom
	ANG	Simulation of diode opening switch nanosecond pulse generator for intracellular membrane permeabilization
Opis	SLO	V okviru študije smo v SPICEu izdelali model in simulirali generator z diodnim stikalom za permeabilizacijo znotrajceličnih membran. Model smo primerjali z dvema generatorjema z diodnim stikalom iz literature, in sicer generator, ki vsebuje linearno zračno tuljavo, in generator, ki vsebuje saturacijsko magnetno jedro za oblikovanje električnega pulza. Rezultati SPICE simulacije se dobro ujemajo z objavljenimi meritvami na realnem vezju, zato predvidevamo, da so naši modeli za električne elemente

		ustrezni za študijo, analizo in načrtovanje novih generatorjev z diodnim stikalom.
	ANG	We modeled and simulated in SPICE the diode opening switch generators for intracellular membrane permeabilization. To compare the models with real circuits, we have chosen two diode opening switch generators from the literature, one that utilizes linear aircore inductors and another that utilizes saturable magnetic core in their pulse forming network. The results obtained by SPICE simulation are in good agreement with the previously published measurements of real circuits. Our models of electrical elements are thus sufficient to study, analyse or design new diode opening switch generators.
Šifra	F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin
Objavljeno v	IEEE Region 8, Slovenska sekcija IEEE; Zbornik devetnajste mednarodne Elektrotehniške in računalniške konference ERK 2010, Portorož, Slovenija, 20.-22. september 2010; Zbornik ... Elektrotehniške in računalniške konference ERK ...; 2010; Zv. A; str. 429-432; Avtorji / Authors: Reberšek Matej, Kranjc Matej, Miklavčič Damijan	
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
4.	COBISS ID	8853588 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Načrtovanje in ovrednotenje kakovosti programske opreme grafičnega uporabniškega vmesnika visokonapetostnega signalnega generatorja
		ANG Design and quality assessment of the graphical user interface software of a high-voltage signal generator
	Opis	SLO Izdelali smo uporabniku prijazen grafični vmesnik za nadzor visokonapetostnega pulznega generatorja. Ker je varnost pri načrtovanju biomedicinskih naprav na prvem mestu, smo izvedli temeljito ovrednotenje kakovosti programske opreme. Vsi vhodni parametri (tj. programski vmesniki za zaslonske kontrole) grafičnega uporabniškega vmesnika so bili temeljito preizkušeni z uporabo postopkov črne škatlice in s pomočjo načrtovanja preizkusnih primerov (angl. test-case design approach) ter z uporabo postopkov bele škatlice in s pomočjo pregleda izvorne kode programske opreme (angl. code inspection). Našli smo večje in tudi manjše napake in jih izločili že v fazi razvoja naprave, zato je izdelani grafični uporabniški vmesnik varen in primeren za visokonapetostne biomedicinske pulzne generatorje.
		ANG We designed a user-friendly Graphical User Interface to control the high-voltage pulse generator. Since safety is an important issue in biomedical engineering, a comprehensive quality assessment was made involving thoroughly testing all the input parameters (i.e. software handlers for on-screen controls) of the Graphical User Interface software with black-box methods, using the test-case design approach, and with white-box methods, using the code-inspection approach. Several minor and major errors were found and eliminated in the development phase, thus resulting in a safe operation of the developed biomedical pulse generator.
	Šifra	F.01 Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin
	Objavljeno v	Elektrotehniška zveza Slovenije; Elektrotehniški vestnik; 2011; Letn. 78, št. 5; str. 281-286; Avtorji / Authors: Pavliha Denis, Reberšek Matej, Miklavčič Damijan
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
5.	COBISS ID	7794516 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Pregled konceptov in naprav za generiranje elektropermeabilizacijskih pulzov
		ANG Concepts of electroporation pulse generation and overview of electric pulse

		generators for cell and tissue electroporation
Opis	SLO	Naredili smo pregled konceptov generiranja elektropermeabilizacijskih pulzov, ki se uporabljajo pri izdelavi prototipnih in komercialnih elektropermeabilizacijskih naprav. Podali smo njihove prednosti in slabosti ter najprimernejši namen uporabe, kar bo raziskovalcem omogočalo lažjo izbiro in pregled nad komercialnimi in prototipnimi elektropermeabilizacijskimi napravami.
	ANG	We reviewed the concepts of electropermeabilization pulse generation which are used to design prototype and commercial electropermeabilization devices. We presented their advantages and disadvantages and most appropriate applications. The review will help researchers to select the most appropriate prototype or commercial electropermeabilization device for their application.
Šifra	B.06	Drugo
Objavljeno v	CRC Press; Advanced electroporation techniques in biology and medicine; 2010; Str. 323-339; Avtorji / Authors: Reberšek Matej, Miklavčič Damijan	
Tipologija	1.16	Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji

9. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁸

Področje razvoja visokonapetostnih nanosekundnih generatorjev v namene biotehnoloških aplikacij je močno razvito v ZDA, medtem ko je v Evropi omejeno le na nekaj laboratorijev. V sodelovanju z ameriški partnerji z Univerze Južne Kalifornije (USC) smo pridobili nova znanja o razvoju visokonapetostnih nanosekundnih generatorjev in s tem postali ena redkih evropskih skupin, ki je sposobna razvijati takšne naprave.

Področje vpliva kombinacije mili-, mikro- in nano-sekundnih električnih pulzov na gensko elektrotransfekcijo je še vedno precej neraziskano. V sodelovanju s francoskimi partnerji z Inštituta za farmakologijo in strukturalno biologijo smo z optimizacijo zakasnitve med mikro- in nano-sekundnimi pulzi ter številom nano-sekundnih pulzov pridobili nova znanja o genski elektrotransfekciji in s tem postali ena redkih skupin na svetu s pozitivnimi rezultati na tem področju.

Pokazali smo, da metoda kombinacije pulzov različnih dolžin ni le zanimiva za gensko elektrotransfekcijo, ampak tudi za inaktivacijo bakterij v vodi, študijo o ekvivalentnih električnih parametrih pri elektroporaciji in elektroporacijo endocitotskih veziklov. Prototipno napravo izdelano v okviru tega projekta pa trenutno preizkušamo še na področju elektrofuzije in elektroporacije mitohondrijev, kar kaže na izredno širok potencial uporabe te naprave.

Članki objavljeni v okviru projekta so prejeli že 16 čistih citatov. Vodja projekta je v obdobju trajanja projekta od 2009 do 2011 prejel 47 čistih citatov in ima trenutno skupaj 72 čistih citatov.

10. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁹

10.1. Pomen za razvoj znanosti¹⁰

SLO

Z razvojem novih prototipnih elektroporatorjev omogočamo uporabo širšega spektra električnih parametrov v namene raziskav elektropermeabilizacije celične membrane in s tem pionirsko delo na področju elektropermeabilizacije, jasnejši vpogled v delovanje metode in optimiziranje obstoječih aplikacij v biotehnologiji in medicini. Spekter raziskav s kombinacijo električnih pulzov smo razširili z genske elektrotransfekcije še na inaktivacijo bakterij v vodi, študijo o ekvivalentnih električnih parametrih pri elektroporaciji, elektrofuzijo ter elektroporacijo endocitotskih veziklov in mitohondrijev.

ANG

By developing new prototype electroporation devices we enable the use of a wider spectrum of electrical parameters for research on cell membrane electroporation and thus pioneer work in the field of electroporation, a clearer insight into the method, and optimization of existing applications in biotechnology and medicine. Research with the combination of electrical pulses was already expanded from gene electrotransfer to inactivation of bacteria in water, equivalent pulse parameters for electroporation, electrofusion, and electroporation of endocytotic vesicles and mitochondria.

10.2.Pomen za razvoj Slovenije¹¹

SLO

Med projektom pridobljene rezultate smo predstavili na domačih in mednarodnih konferencah ter objavili v znanstvenih revijah, kar pripomore k prepoznavanju in uveljavljanju Republike Slovenije v mednarodnem okolju. Novo pridobljeno znanje smo prenesli v pedagoški proces tako preko mednarodne šole za podiplomske študente, ki jo vsako drugo leto organizira naš laboratorij, kot tudi preko izobraževalnega programa znotraj Fakultete za elektrotehniko. Z razvojem nanosekundnih visokonapetostnih generatorjev smo postali ena redkih skupin v Evropi, ki zna izdelati take naprave za biotehnoške aplikacije.

ANG

The results acquired within the project were presented at scientific conferences and submitted as articles to SCI-ranked journals which contributes to the further increase in scientific prominence of the research group, as well as of the Republic of Slovenia as a whole. The knowledge acquired during the course of the project was transferred to the education process through an international postgraduate course Electroporation based technologies and treatments, and through the education program within the Faculty of Electrical Engineering. With the development of highvoltage nanosecond generators we have become one of the few groups in Europe that can produce such devices for applications in biotechnology.

11.Samo za aplikativne projekte!

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

Cilj		
F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE

	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.19	Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.20	Ustanovitev novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.21	Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.22	Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.25	Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.26	Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.28	Priprava/organizacija razstave	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.29	Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.31	Razvoj standardov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.33	Patent v Sloveniji	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE

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

Komentar

12.Samo za aplikativne projekte!

Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visoko-šolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.12.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

G.03.04.	Drugo:		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04	Družbeni razvoj						
G.04.01.	Dvig kvalitete življenja		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.06.	Drugo:		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete						
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj						
G.07	Razvoj družbene infrastrukture						
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.03.	Energetska infrastruktura		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.04.	Drugo:		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva						
G.09.	Drugo:						

Komentar

--

13.Pomen raziskovanja za sofinancerje¹²

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

C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

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

Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba
raziskovalne organizacije:*

in

vodja raziskovalnega projekta:

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za
elektrotehniko

Matej Reberšek

ŽIG

Kraj in datum:

Ljubljana,	15.3.2012
------------	-----------

Oznaka prijave: ARRS-RPROJ-ZP-2012/17

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

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

³ Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega projekta in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, 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 Znanstveni in družbeno-ekonomski dosežki v programu in projektu so lahko enaki, saj se projektna vsebina praviloma nanaša na širšo problematiko raziskovalnega programa, zato pričakujemo, da bo večina izjemnih dosežkov raziskovalnih programov dokumentirana tudi med izjemnimi dosežki različnih raziskovalnih projektov.

Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'. [Nazaj](#)

⁷ Znanstveni in družbeno-ekonomski dosežki v programu in projektu so lahko enaki, saj se projektna vsebina praviloma nanaša na širšo problematiko raziskovalnega programa, zato pričakujemo, da bo večina izjemnih dosežkov raziskovalnih programov dokumentirana tudi med izjemnimi dosežki različnih raziskovalnih projektov.

Družbeno-ekonomski rezultat iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'.

Družbenoekonomski dosežek je po svoji strukturi drugačen, kot znanstveni dosežek. Povzetek znanstvenega dosežka je praviloma povzetek bibliografske enote (članka, knjige), v kateri je dosežek objavljen.

Povzetek družbeno ekonomsko relevantnega dosežka praviloma ni povzetek bibliografske enote, ki ta dosežek dokumentira, ker je dosežek sklop več rezultatov raziskovanja, ki je lahko dokumentiran v različnih bibliografskih enotah. COBISS ID zato ni enoznačen izjemoma pa ga lahko tudi ni (npr. v preteklem letu vodja meni, da je izjemen

Zaključno poročilo o rezultatih raziskovalnega projekta - 2012

dosežek to, da sta se dva mlajša sodelavca zaposlila v gospodarstvu na pomembnih raziskovalnih nalogah, ali ustanovila svoje podjetje, ki je rezultat prejšnjega dela ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)

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

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

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

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

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

Obrazec: ARRS-RPROJ-ZP/2012 v1.00
08-72-0A-E5-3D-41-AE-05-70-4E-4B-14-FF-66-86-26-DA-6E-85-58