

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2015/11



ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	L7-4035
Naslov projekta	Raziskave okolju prijaznih postopkov čiščenja delikatnih biomedicinskih komponent
Vodja projekta	20048 Alenka Vesel
Tip projekta	L Aplikativni projekt
Obseg raziskovalnih ur	7560
Cenovni razred	
Trajanje projekta	07.2011 - 06.2014
Nosilna raziskovalna organizacija	106 Institut "Jožef Stefan"
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	104 Kemijski inštitut 795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo 2497 EKLIPTIK, razvoj in svetovanje d.o.o.
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	7 INTERDISCIPLINARNE RAZISKAVE
Družbeno-ekonomski cilj	07. Zdravje
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	2 Tehniške in tehnološke vede 2.11 Druge tehniške in tehnološke vede

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

2. Povzetek raziskovalnega projekta¹

SLO

Raziskave v okviru tega projekta smo posvetili študiju odstranjevanja izbranih organskih materialov s površine medicinskih pripomočkov. Za odstranjevanje organskih nečistoč smo uporabili reaktivne delce, ki nastajajo v neravnovesni kisikovi plazmi. Eksperimenti so potekali pri treh različnih pogojih, ki se razlikujejo glede na koncentracijo

reaktivnih kisikovih delcev z različnimi vzbuditvenimi energijami, in sicer: v šibkoionizirani plazmi, zgodnji porazelektritvi in pozni porazelektritvi. Za organske materiale smo izbrali polimer polietilen tereftalat (PET), krvne proteine kot sta albumin in fibrinogen ter krvno plazmo. S sistematičnim eksperimentalnim delom smo določili hitrosti odstranjevanja navedenih organskih materialov ter s tem reakcijske vrednosti pri različnih eksperimentalnih pogojih kot so tlak, moč razelektritve, ter lega vzorcev v plazemskem reaktorju (šibkoionizirana plazma, zgodnja porazelektritev ali pozna porazelektritev). S tem smo dobili bazo s ključnimi kvantitativnimi podatki, ki so potrebni za razumevanje interakcije med plinsko plazmo in organskim materialom. Med drugim bo lahko sedaj ta podatkovna baza predstavljala tudi izjemno pomembno orodje za raziskovalne skupine po svetu, ki se bodo ukvarjale z modifikacijo organskih materialov z neravnovesnimi plazmami. Poleg tega smo opravili raziskave interakcije reaktivnih plazemskih delcev z medicinskimi pripomočki, ki jih je priskrbel sofinancer, zato da smo dokazali uporabnost postopka v praksi, saj so bili medicinski pripomočki onesnaženi s krvjo iz govejih jeter. Debelino organskih plasti med plazemsko obdelavo smo merili s kvarčno mikrotehnico (QCM), površinske modifikacije na vzorcih ter čistost površine po obdelavi pa smo določali z rentgensko fotoelektronsko spektroskopijo (XPS), mikroskopijo na atomsko silo (AFM) in vrstično elektronsko mikroskopijo (SEM). Za razlago izmerjenih kvantitativnih podatkov za hitrosti jedkanja v odvisnosti od doze plazemskih radikalov, smo natančno okarakterizirali gostoto nevtralnih atomov v razelektritvi s posebej prilagojeno katalitično sondo in z optično emisijsko spektroskopijo. Gostote ostalih delcev, ki nastajajo v razelektritvi in za katere ne obstajajo merilne tehnike, pa smo s pomočjo tujega partnerja določili teoretično s simulacijami. S primerjavo odvisnosti hitrosti jedkanja od gostote posameznih plazemskih radikalov smo potrdili hipotezo o sinergijskem učinku nevtralnih atomov kisika in metastabilnih molekul kisika. Raziskave so tudi omogočile jasno potrditev uporabnosti te tehnike v medicinski praksi.

ANG

The project was focused on removal of selected organic materials from the surfaces of medical instruments by non-equilibrium gaseous plasma treatment. Experiments were performed in three types of non-equilibrium oxygen gas found in weakly ionized plasma: (i) in glow discharge, (ii) in early afterglow and (iii) in late afterglow. The difference between these three types of the discharge is in different density and type of the reactive plasma species which are capable to react with organic materials. The organic materials used in this study were polymer polyethylene terephthalate (PET), different blood proteins such as fibrinogen and albumin and blood plasma. Extensive experimental work was performed and etching rates of above mentioned organic materials were determined as well as quantification of the results in terms of reaction probabilities. Etching rates were determined at different experimental conditions (pressure, power, position of the sample either in plasma, early or late afterglow). This original approach allowed for preparation of a database on interaction probabilities which are needed for better understanding of interaction between gaseous plasma and organic materials. The obtained database also represents an important tool for broad community of researchers worldwide working on modification of organic materials in plasmas. In addition, we tested the interaction of reactive plasma radicals with medical instruments which were provided by co-founder of the project, and we have proved the applicability of our discharge cleaning procedure in practice. Namely, medical instruments which were

contaminated with blood from bovine livers were successfully cleaned. Thickness of the organic films during discharge treatment was measured by quartz crystal microbalance (QCM) while the surface cleanliness was monitored using X-ray photoelectron spectroscopy (XPS), secondary ion-mass spectrometry (SIMS), atomic force microscopy (AFM) and scanning electron microscopy (SEM). For explanation of dependence of the measured quantitative data for the etching rates versus the dose of reactive plasma radicals, we precisely measured the density of neutral atoms in the discharge with a specially adapted catalytic probe and optical emission spectroscopy. The density of other particles from the discharge for which there is no experimental techniques for measurement of their concentration, we performed theoretical simulations with the help of our foreign partner. By comparing the dependence of etching rates on the density of the individual plasma radicals, we confirmed the hypothesis about the synergistic effect of the neutral oxygen atoms and metastable oxygen molecules. Our results also proved the usefulness of afterglow discharge cleaning in the real medical practice, so we protected the technology by a patent application.

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu²

Namen projekta je bil opraviti raziskave za razvoj postopka selektivnega jedkanja organskih nečistoč s površine kirurških pripomočkov z uporabo neravnovesne plinske plazme. Naše hipoteze so bile naslednje:

1. Hitrost jedkanja močno zavisi od izbire plazemskih parametrov - to je vrste in gostote reaktivnih delcev v plazmi.
2. Ključni delci pri jedkanju so nevtralni atomi kisika in metastabilne molekule kisika.
3. Organske nečistoče se jedkajo hitreje kot material iz katerega je narejen kirurški pripomoček - ta razlika v hitrosti jedkanja lahko omogoči, da nečistoče selektivno odstranimo s površine, ne da bi poškodovali kirurški material.

V nadaljevanju so podrobno opisane raziskave, dobljeni rezultati in ključne ugotovitve, ki potrjujejo naše hipoteze.

Sistematični eksperimenti so potekali v večih sklopih. Najprej so sledile raziskave jedkanja modelnih polimernih filmov, ki smo jih pripravili v sodelovanju z raziskovalci iz Češke, ki se ukvarjajo s sintezo polimernih materialov. Na kremenove kristale smo nanесли tanke filme polimera PET, ki smo jih izpostavili različnim dozam plazemskih radikalov in z metodo kremenove mikrotehnice merili maso odjetkanega polimera, iz česar smo potem izračunali hitrosti jedkanja oz. verjetnosti za reakcijo. Meritve smo izvajali pri treh različnih legah vzorca v plazemskem sistemu: (i) direktno v plazmi (v svetlečem delu razelektritve), (ii) v zgodnji porazelektritvi in (iii) v pozni porazelektritvi. Skladno z našo prvo hipotezo smo ugotovili, da je hitrost jedkanja polimera največja v svetlečem delu razelektritve (nekaj nanometrov na sekundo), najmanjša pa v pozni porazelektritvi (pod 1 nm/min) - glej znanstveni dosežek #4. Tako velika razlika v hitrosti jedkanja je posledica različne gostote delcev (ta se manjša z oddaljevanjem od plazme) in različne vrste delcev (v plazmi so prisotni tudi ioni in UV sevanje, v porazelektritvi pa v glavnem nevtralni atomi), razlika pa je tudi v temperaturi vzorca. Medtem ko se vzorec v plazmi močno greje, se vzorec v pozni porazelektritvi nahaja pri sobni temperaturi. Pri tem smo prišli še do ene pomembne ugotovitve: ko smo s katalitičnimi sondami merili gostoto nevtralnih atomov kisika pri različnem tlaku in moči razelektritve (glej znanstveni dosežek #5) smo ugotovili, da hitrost jedkanja v pozni porazelektritvenem delu ni bila odvisna od gostote nevtralnih atomov kisika, za katere smo prvotno mislili, da so ključni delci pri jedkanju v pozni porazelektritvi. To je bil že eden prvih znakov, da se morajo tudi v pozni porazelektritvi nahajati vzbujejene kisikove molekule, ki sodelujejo pri jedkanju (druga hipoteza). Vzorce polimerov smo pred in po jedkanju tudi analizirali z metodama XPS in AFM, da bi ugotovili morebitne kemijske in morfološke spremembe na površini. V primeru obdelave polimera v svetlečem delu razelektritve so bile spremembe morfologije zelo izrazite zaradi intenzivnega jedkanja, medtem ko so bile v pozni porazelektritvi te spremembe zanemarljive in

so postale bolj očitne šele po enournem jedkanju polimera, kar je skladno z našo prvo hipotezo. Prispevek o predstavitvi teh rezultatov je bil na študentski konferenci MPŠ nagrajen (družbeno-ekonomski dosežek #5).

Ker se v medicini lahko uporabljajo različni polimerni materiali, velja omeniti, da smo meritve hitrosti jedkanja opravili tudi za nekatere druge polimere (LDPE, HDPE, PS, PMMA, PVC), vendar smo se zaradi časovne zahtevnosti meritev omejili zgolj na obdelavo v plazmi. Ugotovili smo, da je hitrost jedkanja odvisna od vrste polimera in znaša nekaj nm/s do nekaj 10 nm/min (objavljeno v diplomskem delu).

Po končanih eksperimentih jedkanja polimernega materiala, so sledile meritve hitrosti jedkanja krvnih proteinov, kot sta albumin in fibrinogen. Pripravili smo tanke filme omenjenih proteinov in zopet s kremenovo mikrotehniko merili debelino filma v odvisnosti od časa jedkanja. Tudi v tem primeru smo vzorce izpostavili trem različnim pogojem (v plazmo, zgodnjo in pozno porazelektritev). Med obdelavo v plazmi so reakcije potekale tako hitro, da smo tanko plast proteina debeline okoli 50 nm odstranili že zgolj v 1 sekundi. To se je videlo tudi v emisijskem spektru plazme (OES), kjer smo zaznali nenaden močan porast in padec intenzitete sevalnega prehoda CO radikalov v prvi sekundi obdelave (CO radikali nastajajo med jedkanjem). Meritve z metodo OES so potekale v sodelovanjem s partnerji iz Hrvaške, ki so pomagali pri vpeljavi te metode v naše laboratorije. Ker so reakcije v plazmi potekale prehitro, smo se raje bolj sistematično lotili eksperimentov v zgodnjem in poznem porazelektritvenem delu. Ti eksperimenti so bili posebej zanimivi ravno zaradi ugotovitve dobljene pri jedkanju polimera, da ni povezave med hitrostjo jedkanja in gostoto nevtralnih atomov kisika. Zato so sledile natančne meritve hitrosti jedkanja pri različnem tlaku kisika v sistemu, ker je od tlaka odvisna gostota atomov kisika, ki smo jo merili s katalitičnimi sondami. Tudi tukaj smo prišli do podobne ugotovitve, da ni neposredne odvisnosti hitrosti jedkanja od gostote nevtralnih atomov kisika. Hitrost jedkanja se je namreč s tlakom drugače spreminjala kot pa gostota nevtralnih atomov kisika. Glede na podatke v literaturi, so lahko v porazelektritvi prisotne še metastabilne molekule kisika v vzbujenem stanju, za katere ne obstaja eksperimentalna tehnika za določanje njihove koncentracije, zato jo lahko napovemo le teoretično. Zato smo se s pomočjo tujih partnerjev iz Madžarske in Francije lotili teoretičnega izračuna in simulacij gostote omenjenih delcev v zgodnji in pozni porazelektritvi kisikove plazme, pri čemer smo spreminjali tlak kisika. Da bi čim bolj točno opisali dogajanje v porazelektritvenem delu, smo naredili še simulacije za spreminjanje gostote ozona, ki prav tako lahko nastaja v porazelektritvenem delu. S primerjavo odvisnosti spreminjanja gostote vzbujenih molekul kisika, ozona in nevtralnih atomov kisika v primerjavi z odvisnostjo hitrosti jedkanja krvnih proteinov, smo prišli do zaključka in s tem do potrditve naše druge hipoteze, da lahko dobljene hitrosti jedkanja razložimo samo s sinergijskim učinkom nevtralnih atomov kisika in vzbujenimi molekulami kisika, kar smo objavili v prestižni reviji Plasma Processes and Polymers (glej znanstveni dosežek #1). Tukaj velja omeniti, da gre za prvi eksperimentalni dokaz na svetu o sinergijskem učinku obeh vrst omenjenih delcev, o čemer smo poročali tudi v vabljenem predavanju na konferenci (družbeno-ekonomski dosežek #1).

Glede kvantitativnih podatkov o jedkanju proteinov smo ugotovili, da so hitrosti jedkanja proteinov v pozni porazelektritvi okoli 1 nm/s (odvisno od tlaka), v zgodnji razelektritvi pa so okoli 3-krat večje (prva hipoteza). Fibrinogen se je jedkal skoraj enkrat hitreje kot albumin. Če to primerjamo s hitrostjo jedkanja polimera PET v pozni porazelektritvi (1 nm/min), ugotovimo, da se proteini jedkajo bistveno hitreje kot polimer, kar omogoča, da lahko proteine odstranimo s polimerne površine še preden pride do zaznavnega jedkanja polimera, s čimer je bila potrjena še naša zadnja hipoteza. To smo potrdili tudi s preiskavami površine z metodami AFM, XPS in SEM (znanstveni dosežek #1, 2). Medtem ko se morfologija polimerne podlage ne spremeni, pa je bilo težko preprečiti funkcionalizacijo površine polimera, ki se lahko zgodi že po sekundni izpostavi polimera kisikovim reaktivnim delcem. Zaradi tega pride do nastanka kisikovih funkcionalnih skupin, ki vplivajo na povečano omočljivost in boljše adhezijske lastnosti polimernega kirurškega materiala. To pomeni, da bi lahko pri ponovni uporabi takšnega pripomočka prišlo do večje adsorpcije proteinov iz telesnih tekočin in s tem večje kontaminacije. Zato smo del preiskav namenili tudi študiju adsorpcije proteinov na plazemsko očiščene podlage. Ugotovili smo, da se adsorpcija močno poveča in da lahko to preveliko adsorpcijo preprečimo z nadaljnjo obdelavo materiala v fluorovi plazmi (znanstveni dosežek #3, družbeno-ekonomski dosežek #3).

Čisto nazadnje je bilo potrebno preveriti še, kako se obnese naša tehnika pri odstranjevanju krvi. Vir krvi je bila človeška krvna plazma. Tudi tukaj smo dobili podobne rezultate kot v

primeru proteinov (znanstveni dosežek #2). Zato smo metodo preizkusili še na primeru realnih vzorcev, ki jih je priskrbel naš sofinancer. To so bili pripomočki iz titana, ki se uporabljajo pri kolčnih operacijah. Da bi vzorce čim bolj kontaminirali, smo vzeli mleta goveja jetra. Tanko plast jeter smo nanесли na površino titana in jo zasušili. Vzorce smo izpostavili kisikovim reaktivnim delcem in merili z metodo OES signal CO vrha dokler le ta ni padel. Karakterizacija površine z metodo XPS je pokazala, da smo odstranili s površine vse organske nečistoče. Postopek smo zaščitili s patentno prijavo (družbeno-ekonomski dosežek #2).

4. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev³

Zastavljeni cilji so bili v celoti realizirani. Eksperimentalno in teoretično smo določili doze najpomembnejših plazemskih radikalov, ki igrajo ključno vlogo pri jedkanju organskih materialov v porazelektrivnem delu. Bistven rezultat projekta je potrditev hipoteze o sinergijskem učinku nevtralnih atomov kisika v osnovnem stanju in metastabilnih molekul kisika v vzbujenem stanju, medtem ko se je izkazalo, da ozon ne igra pomembne vloge. Dokazali smo, da se metastabilne molekule ne nahajajo samo v zgodnji porazelektritvi, temveč tudi v pozni porazelektritvi. Drugi pomemben rezultat projekta je potrditev hipoteze, da je možno s primerno izbiro plazemskih parametrov krvne proteine selektivno odstraniti s površine polimernega materiala, kar je posledica velike razlike v hitrosti jedkanja omenjenih materialov. Če so bile hitrosti jedkanja krvnih proteinov reda velikosti 1 nm/s (odvisno od izbranih plazemskih parametrov), pa se je polimer jedkal bistveno počasneje - zgolj 1 nm/min. Tudi sama kinetika hitrosti jedkanja je bila drugačna. Ugotovili smo, da lahko takšno selektivnost jedkanja dosežemo v zgodnjem ali poznem porazelektrivnem delu plazme, kjer se vzorec nahaja pri sobni temperaturi, medtem ko znotraj same plazme (v svetlečem delu razelektritve) reakcije zaradi prisotnosti večje gostote in različne vrste delcev (tu so prisotni tudi ioni in UV sevanje) potekajo prehitro, da bi lahko kontrolirali selektivnost jedkanja, poleg tega pa se tudi sam vzorec močno greje. V svetlečem delu razelektritve se je namreč že samo hitrost jedkanja polimernega materiala povečala iz 1 nm/min na nekaj nm/s. Intenzitete površinskih reakcij smo med obdelavo vzorcev spremljali z optično emisijsko spektroskopijo, debelino odjetkanega filma in s tem hitrost reakcij pa smo merili z metodo kremenove mikrotehnice. Čistost obdelanih površin smo potrdili s površinsko občutljivimi metodami kot sta rentgenska fotoelektronska spektroskopija, mikroskop na atomsko silo in vrstična elektronska mikroskopija. Pri raziskavah v okviru tega projekta smo tako dobili in objavili vrsto pomembnih podatkov o hitrostih jedkanja oz. o verjetnosti za reakcijo za izbrane organske materiale pri različnih pogojih razelektritve.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine⁴

Vodja projekta je bila od meseca maja 2012 do junija 2013 na porodniškem dopustu. Kljub temu ocenjujemo, da so dela na projektu potekala nemoteno in da so bili vsi predvideni rezultati doseženi.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁵

		Znanstveni dosežek	
1.	COBISS ID	27395879	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Jedkanje krvnih proteinov v zgodnji in pozni porazelektritvi kisikove plazme
		ANG	Etching of blood proteins in the early and late flowing afterglow of oxygen plasma
		V tem prispevku, ki je bil objavljen v ugledni reviji Plasma processes and polymers, smo raziskovali razlike v hitrostih jedkanja krvnih proteinov albumina in fibrinogena v odvisnosti od doze plazemskih radikalov, ki smo jo spreminjali s spreminjanjem tlaka kisika (meritve doze kisikovih atomov smo objavili v dosežku #5). Vzorce smo namestili bodisi v zgodnjo porazelektritev (blizu vira kisikove plazme), bodisi v pozno porazelektritev	

	Opis	SLO	(daleč od vira kisikove plazme, kjer je gostota reaktivni delcev majhna). Ugotovili smo, da je odvisnost hitrosti jedkanja proteinov od tlaka drugačna kot pa odvisnost gostote nevtralnih atomov kisika. To je bil jasen znak, da mora pri jedkanju sodelovati še druga vrsta delcev. Zato smo naredili zahtevne simulacije in izračune gostot ostalih morebitnih delcev, ki jih najdemo v porazelektritvi. Kot prvi na svetu smo potrdili hipotezo o sinergijskem učinku nevtralnih atomov kisika in metastabilnih kisikovih molekul, ki igrajo ključno vlogo pri površinskih reakcijah, ki vodijo do jedkanja. Pri tem velja tudi omeniti pohvalo recenzenta članka, ki je potrdil, da gre za prve tovrstne raziskave na svetu.
		ANG	In this article, which was published in a prominent journal Plasma Processes and Polymers, we investigated differences in the etching rates of blood proteins such as albumin and fibrinogen as a function of a flux of plasma radicals which are found in the early and late afterglow of oxygen plasma. We confirmed a hypothesis about the synergistic effect of neutral oxygen atoms and metastable oxygen molecules, which are found in the afterglow region of oxygen plasma. Both types of particles play a key role in the surface reactions that lead to the etching process. Also it should be noted that we have received very good reviewer's report about this article, where he/she confirmed that this is the first such study in the world.
	Objavljeno v	Wiley-VCH.; Plasma processes and polymers; 2014; Vol. 11, no. 1; str. 12-23; Impact Factor: 2.964; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.752; A': 1; WoS: UB, UF, UK, UY; Avtorji / Authors: Vesel Alenka, Kolar Metod, Recek Nina, Kutasi Kinga, Stana-Kleinschek Karin, Mozetič Miran	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
2.	COBISS ID	27994663	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Hitrosti jedkanja krvnih proteinov, krvne plazme in polimera v porazelektritvi kisikove mikrovalovne plazme
		ANG	Etching rates of blood proteins, blood plasma and polymer in oxygen afterglow of microwave plasma
	Opis	SLO	V tem članku smo raziskovali razlike v hitrostih jedkanja krvne plazme, različnih krvnih proteinov in polimera. Izkazalo se je, da obstajajo bistvene razlike v hitrosti jedkanja krvi in krvnih proteinov v primerjavi s polimerom. Polimer se v primerjavi s krvnimi proteini jedka zelo počasi. Zanimivi so tudi rezultati jedkanja krvne plazme, ki ima veliko bolj kompleksno sestavo v primerjavi s proteini, kjer smo ugotovili, da se jedka podobno kot proteini. S temi rezultati smo dokončno potrdili, da se lahko kisikova plazma uporablja kot metoda za čiščenje polimernih materialov, saj se proteinske nečistoče odjetkajo s površine še preden pride do zaznavnega jedkanja polimera.
		ANG	In this article we investigated the difference in the etching rates of blood plasma, different blood proteins and polymer. It has been shown that there are significant differences in the etching rates of blood plasma and blood proteins in comparison with the polymer. Namely, the polymer is etched very slowly in comparison to proteins. Very interesting results regarding etching rates were obtained for blood plasma which has a much more complex structure compared to the proteins. It was found that etching rates of blood plasma are similar to etching rates of proteins. With these results, we finally confirmed that oxygen plasma can be successfully used as a method for cleaning of polymer materials, since any protein contamination can be removed from the surface much before the etching of polymer begins.
			Wiley; Special issue of the 15th European Conference on Applications of Surface and Interface Analysis, ESASIA'13, 13-18 October, Cagliari; Surface

	Objavljeno v	and interface analysis; 2014; Vol. 46, no. 10/11; str. 1115-1118; Impact Factor: 1.393; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 3.585; WoS: EI; Avtorji / Authors: Vesel Alenka, Kolar Metod, Stana-Kleinschek Karin, Mozetič Miran	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
3.	COBISS ID	27136551	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Adsorpcija proteinov na plazemsko obdelane substrate polimera polietilen tereftalata
		ANG	Protein adsorption on various plasma-treated polyethylene-terephthalate substrates
	Opis	SLO	Glavni cilj projekta je razvoj metode za čiščenje medicinskih pripomočkov. Eden izmed stranskih ciljev pa je tudi modifikacija površine polimera, iz katerega so izdelani medicinski pripomočki, za zmanjšanje adhezije proteinov na njegovo površino in s tem za preprečitev prevelike kontaminacije njegove površine. Zato smo v tem znanstvenem prispevku z metodo kremenove mikrotehnice (QCM) preučevali adhezijo proteinov na različno plazemsko obdelane polimerne podlage. Površino polimera smo z obdelavo v plazmi naredili bodisi superhidrofilno, bodisi superhidrofobno. Ugotovili smo, da se pod določenimi pogoji proteini slabše vežejo na površino, kar smo pojasnili z ravno pravo kombinacijo funkcionaliziranosti in nanohrapavosti površine.
		ANG	The goal of the project is not just development of the method for surface cleaning of polymer medical instruments, but also development of procedure based on plasma treatment for minimizing protein adsorption to the polymer surface and thus preventing excessive contamination of medical instruments. In this scientific paper we have studied the adsorption of different proteins to plasma treated polymer substrates with Quartz crystal microbalance (QCM). Polymer substrates were made either super-hydrophilic either super-hydrophobic by the use of appropriate gas. It was found that after certain conditions proteins are less bound to the polymer surface. This was explained by the right combination of the surface roughness and functionalization.
	Objavljeno v	Springer; Molecular Diversity Preservation International; Molecules; 2013; Vol. 18, no. 10; str. 12441-12463; Impact Factor: 2.095; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.55; WoS: EE; Avtorji / Authors: Recek Nina, Jaganjac Morana, Kolar Metod, Milkovič Lidija, Mozetič Miran, Stana-Kleinschek Karin, Vesel Alenka	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
4.	COBISS ID	16102166	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Jedkanje tankih filmov polietilen tereftalata z nevtralnimi kisikovimi atomi v poznem porazelektritvenem delu kisikove plazme
		ANG	Etching of polyethylene terephthalate thin films by neutral oxygen atoms in the late flowing afterglow of oxygen plasma
	Opis	SLO	Tanke filme polimera polietilen tereftalata (PET) smo deponirali na kvarčne kristale in jih izpostavili kisikovim atomom z namenom, da bi raziskovali mehanizme jedkanja in določili kakšna je hitrost jedkanja. Pred izpostavo vzorca plazmi, smo debelino deponiranega PET filma določili s kvarčno mikrotehniko. Nato smo vzorce izpostavili kisikovim atomom v poznem porazelektritvenem delu kisikove plazme. Gostoto kisikovih atomov na mestu, kjer se je nahajal vzorec, smo merili s kobaltovo sondo. Vzorce smo jedkali za različne čase do največ 120 min in sproti merili debelino filma. Debelina filma je linearno padala s časom jedkanja. Da smo odjetkali celoten film debeline 65 nm smo potrebovali 90 min. To pomeni, da je bila hitrost jedkanja 0.5 nm/min, verjetnost za interakcijo kisikovih atomov s

		polimerom pa zelo majhna (samo 1.4×10^{-6}).
	ANG	Films of polyethylene terephthalate were deposited on quartz crystals and exposed to oxygen atoms to study their etching characteristics and quantify the etching rate. Oxygen (O) atoms were created by passing molecular oxygen through plasma created in a microwave discharge. Before exposure to oxygen atoms, a thin polymer film of polyethylene terephthalate (PET) was deposited uniformly over a crystal with a diameter of 12 mm. The crystal was mounted on a quartz crystal microbalance to accurately determine the thickness of the polymer film. The polymer film was exposed to O atoms in the flowing afterglow. Samples were treated with O atoms for different periods of up to 120 min. The thickness of the film decreased linearly with treatment time. After 90 min of treatment, a 65-nm-thick polymer film was completely removed. Therefore, the etching rate was 0.5 nm/min, so the interaction probability between an O atom and an atom in the sample was extremely low, just 1.4×10^{-6} .
	Objavljeno v	Heyden & Son; Surface and interface analysis; 2012; Vol. 44, iss. 13; str. 1565-1571; Impact Factor: 1.220; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 3.304; WoS: EI; Avtorji / Authors: Vesel Alenka, Kolar Metod, Doliška Aleš, Stana-Kleinschek Karin, Mozetič Miran
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
5.	COBISS ID	25707047 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Merjenje gostote nevtralnih atomov v kisikovi plazmi s katalitično sondo
	ANG	A fiber optic catalytic sensor for neutral atom measurements in oxygen plasma
	Opis	SLO Za ugotavljanje povezave med hitrostjo jedkanja in pa fluksom kisikovih radikalov iz plazme, rabimo natančno vedeti kakšne so gostote kisikovih atomov v plazmi. Zato so bile potrebne meritve gostote kisikovih atomov pri različnih parametrih (tlaku in moči razelektritve). V prispevku so predstavljene tovrstne meritve s katalitičnim senzorjem. Sensor je sestavljen iz katalitične sonde, ki je povezana preko optičnega kabla z infrardečim detektorjem s katerim merimo sevanje sivega telesa. Gostoto nevtralnih atomov določimo iz temperaturne krivulje sonde, saj se sonda zaradi heterogene rekombinacije kisikovih atomov močno segreva. Prednosti našega novega senzora so v natančnosti, meritve so bolj enostavne v primerjavi z ostalimi metodami in tudi uporaba sonde je bolj preprosta. V prispevku smo posebno pozornost posvetili novi proceduri za sistematično zajemanje in evalvacijo meritev. S to novo proceduro je izračun gostote iz meritvene krivulje bistveno bolj enostaven.
	ANG	In order to get a correlation between the measured etching rates and the flux of oxygen radicals to the surface, we need to know the density of oxygen atoms in the plasma. Therefore, the measurements of the density of oxygen atoms at different parameters (pressure and discharge power) were performed and are presented in this article. We used a sensor which is actually a catalytic probe which is composed of fiber optics and infrared detection system to measure the gray body radiation of the catalyst. The density of neutral atoms can be determined from the temperature curve of the probe, because the catalyst is heated predominantly by the dissipation of energy caused by the heterogeneous surface recombination of neutral atoms. The advantages of this sensor are that it is simple, reliable, easy to use, noninvasive, quantitative and can be used in plasma discharge regions. Sensor design, operation, example measurements and new measurement procedure for systematic characterization are presented.
	Objavljeno v	MDPI; Sensors; 2012; Vol. 12, no. 4; str. 3857-3867; Impact Factor: 1.953; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.269; A': 1; WoS: EA, HQ, OA; Avtorji / Authors: Zaplotnik Rok, Vesel Alenka,

	Mozetič Miran
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine⁶

Družbeno-ekonomski dosežek																							
1.	<table border="1"> <tr> <td>COBISS ID</td> <td>27802919</td> <td>Vir: COBISS.SI</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Naslov</td> <td>SLO</td> <td>Čiščenje medicinskih pripomočkov s kisikovo plazmo</td> </tr> <tr> <td>ANG</td> <td>Cleaning of medical instruments with oxygen plasma</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Opis</td> <td>SLO</td> <td>Vodja projekta je imela vabljen predavanje na 15. združeni vakuumski konferenci na Dunaju. V predavanju je predstavila plazmo kot metodo za čiščenje medicinskih predmetov in prikazala najnovejše rezultate dobljene v okviru tega projekta.</td> </tr> <tr> <td>ANG</td> <td>The project leader had an invited talk at 15th Joint Vacuum Conference in Vienna. She has presented advantages of using plasma as a method for cleaning medical devices, as well as the latest results obtained within this project.</td> </tr> <tr> <td>Šifra</td> <td colspan="2">B.04 Vabljen predavanje</td> </tr> <tr> <td>Objavljeno v</td> <td colspan="2">s. n.]; Programme schedule and book of abstracts; 2014; Str. 193; Avtorji / Authors: Vesel Alenka</td> </tr> <tr> <td>Tipologija</td> <td colspan="2">1.10 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci (vabljen predavanje)</td> </tr> </table>	COBISS ID	27802919	Vir: COBISS.SI	Naslov	SLO	Čiščenje medicinskih pripomočkov s kisikovo plazmo	ANG	Cleaning of medical instruments with oxygen plasma	Opis	SLO	Vodja projekta je imela vabljen predavanje na 15. združeni vakuumski konferenci na Dunaju. V predavanju je predstavila plazmo kot metodo za čiščenje medicinskih predmetov in prikazala najnovejše rezultate dobljene v okviru tega projekta.	ANG	The project leader had an invited talk at 15th Joint Vacuum Conference in Vienna. She has presented advantages of using plasma as a method for cleaning medical devices, as well as the latest results obtained within this project.	Šifra	B.04 Vabljen predavanje		Objavljeno v	s. n.]; Programme schedule and book of abstracts; 2014; Str. 193; Avtorji / Authors: Vesel Alenka		Tipologija	1.10 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci (vabljen predavanje)	
COBISS ID	27802919	Vir: COBISS.SI																					
Naslov	SLO	Čiščenje medicinskih pripomočkov s kisikovo plazmo																					
	ANG	Cleaning of medical instruments with oxygen plasma																					
Opis	SLO	Vodja projekta je imela vabljen predavanje na 15. združeni vakuumski konferenci na Dunaju. V predavanju je predstavila plazmo kot metodo za čiščenje medicinskih predmetov in prikazala najnovejše rezultate dobljene v okviru tega projekta.																					
	ANG	The project leader had an invited talk at 15th Joint Vacuum Conference in Vienna. She has presented advantages of using plasma as a method for cleaning medical devices, as well as the latest results obtained within this project.																					
Šifra	B.04 Vabljen predavanje																						
Objavljeno v	s. n.]; Programme schedule and book of abstracts; 2014; Str. 193; Avtorji / Authors: Vesel Alenka																						
Tipologija	1.10 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci (vabljen predavanje)																						
2.	<table border="1"> <tr> <td>COBISS ID</td> <td>28029479</td> <td>Vir: COBISS.SI</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Naslov</td> <td>SLO</td> <td>Metoda za čiščenje s telesno tekočino onesnaženih medicinskih vsadkov in pripomočkov z uporabo atomarnega kisika</td> </tr> <tr> <td>ANG</td> <td>Method for cleaning medical implants and devices contaminated with body fluid by using atomic oxygen</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Opis</td> <td>SLO</td> <td>Metodo za čiščenje medicinskih pripomočkov kontaminiranih s krvjo, ki smo jo razvili v okviru tega projekta, smo uporabili na primeru realnih vzorcev. Realne vzorce so predstavljali vijaki iz titana, ki se uporabljajo pri operacijah kolkov in nam jih je dostavil sofinancer projekta. Naša metoda, se je izkazala za uspešno, saj nam je uspelo odstraniti vse organske nečistoče, zato smo metodo tudi patentirali.</td> </tr> <tr> <td>ANG</td> <td>The method developed within this project for cleaning medical devices contaminated with blood was used for cleaning real samples which were supplied by a co-funder. The samples were screws made from titanium which are routinely used during surgical operations of bones. We have proved that our method can be successfully used for removal of organic materials and we prepared a patent application.</td> </tr> <tr> <td>Šifra</td> <td colspan="2">F.33 Patent v Sloveniji</td> </tr> <tr> <td>Objavljeno v</td> <td colspan="2">Urad RS za intelektualno lastnino; 2014; Avtorji / Authors: Vesel Alenka, Zaplotnik Rok, Mozetič Miran</td> </tr> <tr> <td>Tipologija</td> <td colspan="2">2.23 Patentna prijava</td> </tr> </table>	COBISS ID	28029479	Vir: COBISS.SI	Naslov	SLO	Metoda za čiščenje s telesno tekočino onesnaženih medicinskih vsadkov in pripomočkov z uporabo atomarnega kisika	ANG	Method for cleaning medical implants and devices contaminated with body fluid by using atomic oxygen	Opis	SLO	Metodo za čiščenje medicinskih pripomočkov kontaminiranih s krvjo, ki smo jo razvili v okviru tega projekta, smo uporabili na primeru realnih vzorcev. Realne vzorce so predstavljali vijaki iz titana, ki se uporabljajo pri operacijah kolkov in nam jih je dostavil sofinancer projekta. Naša metoda, se je izkazala za uspešno, saj nam je uspelo odstraniti vse organske nečistoče, zato smo metodo tudi patentirali.	ANG	The method developed within this project for cleaning medical devices contaminated with blood was used for cleaning real samples which were supplied by a co-funder. The samples were screws made from titanium which are routinely used during surgical operations of bones. We have proved that our method can be successfully used for removal of organic materials and we prepared a patent application.	Šifra	F.33 Patent v Sloveniji		Objavljeno v	Urad RS za intelektualno lastnino; 2014; Avtorji / Authors: Vesel Alenka, Zaplotnik Rok, Mozetič Miran		Tipologija	2.23 Patentna prijava	
COBISS ID	28029479	Vir: COBISS.SI																					
Naslov	SLO	Metoda za čiščenje s telesno tekočino onesnaženih medicinskih vsadkov in pripomočkov z uporabo atomarnega kisika																					
	ANG	Method for cleaning medical implants and devices contaminated with body fluid by using atomic oxygen																					
Opis	SLO	Metodo za čiščenje medicinskih pripomočkov kontaminiranih s krvjo, ki smo jo razvili v okviru tega projekta, smo uporabili na primeru realnih vzorcev. Realne vzorce so predstavljali vijaki iz titana, ki se uporabljajo pri operacijah kolkov in nam jih je dostavil sofinancer projekta. Naša metoda, se je izkazala za uspešno, saj nam je uspelo odstraniti vse organske nečistoče, zato smo metodo tudi patentirali.																					
	ANG	The method developed within this project for cleaning medical devices contaminated with blood was used for cleaning real samples which were supplied by a co-funder. The samples were screws made from titanium which are routinely used during surgical operations of bones. We have proved that our method can be successfully used for removal of organic materials and we prepared a patent application.																					
Šifra	F.33 Patent v Sloveniji																						
Objavljeno v	Urad RS za intelektualno lastnino; 2014; Avtorji / Authors: Vesel Alenka, Zaplotnik Rok, Mozetič Miran																						
Tipologija	2.23 Patentna prijava																						
3.	<table border="1"> <tr> <td>COBISS ID</td> <td>28124199</td> <td>Vir: COBISS.SI</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Naslov</td> <td>SLO</td> <td>Adsorpcija krvnih proteinov na plazemsko očiščenih medicinskih izdelkih</td> </tr> <tr> <td>ANG</td> <td>Adsorption of blood proteins on plasma treated medical devices</td> </tr> <tr> <td>Opis</td> <td>SLO</td> <td>Znanstveni svet ARRS je izbral članek, ki je nastal v okviru ARRS projekta, katerega vodja je bila prijaviteljica tega projekta, za najboljši dosežek na</td> </tr> </table>	COBISS ID	28124199	Vir: COBISS.SI	Naslov	SLO	Adsorpcija krvnih proteinov na plazemsko očiščenih medicinskih izdelkih	ANG	Adsorption of blood proteins on plasma treated medical devices	Opis	SLO	Znanstveni svet ARRS je izbral članek, ki je nastal v okviru ARRS projekta, katerega vodja je bila prijaviteljica tega projekta, za najboljši dosežek na											
COBISS ID	28124199	Vir: COBISS.SI																					
Naslov	SLO	Adsorpcija krvnih proteinov na plazemsko očiščenih medicinskih izdelkih																					
	ANG	Adsorption of blood proteins on plasma treated medical devices																					
Opis	SLO	Znanstveni svet ARRS je izbral članek, ki je nastal v okviru ARRS projekta, katerega vodja je bila prijaviteljica tega projekta, za najboljši dosežek na																					

		področju tehnike v letu 2013. Dosežek je bil predstavljen na 9. slovenskem forumu inovacij.	
	ANG	The Scientific Council of Slovenian Research Agency selected the paper A. Vesel et al, Protein Adsorption on Various Plasma-Treated Polyethylene Terephthalate Substrates, Molecules 18 (2013) 12441-12463 as an outstanding achievement and the corresponding author, A. Vesel, presented the achievement at 9th Slovenian Innovation Forum in November 2014.	
	Šifra	E.01 Domače nagrade	
	Objavljeno v	Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije; Odlični v znanosti ...; 2013; 1 str.; Avtorji / Authors: Vesel Alenka	
	Tipologija	1.25 Drugi sestavni deli	
4.	COBISS ID	28284455	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Obdelava medicinskih pripomočkov s plinsko razelektritvijo
		ANG	Discharge treatment of medical devices
	Opis	SLO	Prijaviteljica projekta je že večkrat imela predavanje na tuji univerzi. Še posebej uspešno sodelovanje ima z Evropskim centrom za polimerne materiale na Univerzi v Zlinu, kjer prijaviteljica deluje kot občasni gostujoči profesor. Tokrat je imela predavanje o fizikalno-kemijskih interakcijah plazemskih radikalov s površinami organskih materialov kot so različni polimeri in pa proteini.
		ANG	The applicant has been teaching at several universities worldwide. Fruitful collaboration has been established at European polymer centre at University in Zlin, where prof. A. Vesel serves as a guest professor. She presented a lecture about physical and chemical interaction of plasma species with the surfaces of organic materials such as various polymers and proteins.
	Šifra	B.05 Gostujoči profesor na inštitutu/univerzi	
	Objavljeno v	Univerzita Tomáš Bata; 2014; Avtorji / Authors: Vesel Alenka	
	Tipologija	3.14 Predavanje na tuji univerzi	
5.	COBISS ID	25833255	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Jedkanje PET filmov v poznem porazelektritvenem delu kisikove plazme
		ANG	Etching of PET films in late flowing afterglow of oxygen plasma
	Opis	SLO	Vodja projekta je bila somentorica študentu, ki je na študentski konferenci, ki jo vsako leto organizira MPSŠ, predstavil našo metodo za jedkanje organskih nečistoč iz medicinskih predmetov. V prispevku je prikazal raziskave hitrosti jedkanja polimera PET, ki je najbolj pogosto uporabljen material v biomedicinskih aplikacijah. Meritve hitrosti jedkanja je izvajal v poznem porazelektritvenem delu kisikove plazme v odvisnosti od tlaka oz. od doze nevtralnih atomov kisika. To so bile naše prve raziskave, kjer smo že posumili, da pri jedkanju niso pomembni samo kisikovi atomi, saj hitrost jedkanja ni naraščala z naraščajočo gostoto atomov kisika. Prispevek je bil nagrajen na domači konferenci.
		ANG	Our new method for removal (etching) of organic impurities from medical devices was presented at the conference. We investigated the rate of etching of PET polymer, which is the most commonly used material in biomedical applications, in the late flowing afterglow of oxygen plasma. Etching of PET polymer was studied as a function of pressure or dose of oxygen atoms to the surface. We have found an important conclusion that not only oxygen atoms are important in the etching process, but some other particles must contribute to the etching as well since the etching rate did not increase with the increasing dose of oxygen atoms to the surface.

		Our contribution was awarded at the conference.
Šifra	E.01	Domače nagrade
Objavljeno v	Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana; Zbornik; 2012; Str. 33-38; Avtorji / Authors: Kolar Metod, Kreuh Darij, Vesel Alenka, Mozetič Miran, Stana-Kleinschek Karin	
Tipologija	1.08	Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine²

Vsi pomembni dosežki so že navedeni v točkah 6, 7 in 9.

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Naši originalni rezultati na področju jedkanja krvnih proteinov in polimera omogočajo nov pristop k problematiki selektivne interakcije plazemskih radikalov z organskimi materiali. Uporaba plazme za čiščenje raznih materialov vključno z medicinskimi pripomočki je zelo aktualna predvsem zaradi ekološke neoporečnosti in možnosti doseganja izredno čistih površin. Kljub temu zadeva v praksi ni enostavna predvsem v primeru odstranjevanja organskih nečistoč s površine polimernih materialov, kjer želimo doseči izredno selektivno interakcijo plazme samo z nečistočami, zato da bi preprečili jedkanje samega polimernega substrata. Dobljeni rezultati omogočajo obetavne možnosti uporabe plazme tudi v tako zahtevnih primerih čiščenja, saj smo s poznavanjem vloge in gostote reaktivnih delcev, ki igrajo ključno vlogo pri površinskih reakcijah, ugotovili, da lahko izberemo take parametre razelektritve, kjer bomo dosegli zelo veliko razliko v hitrosti jedkanja nečistoč (krvnih proteinov) v primerjavi s polimerom. Naši rezultati hitrosti jedkanja različnih organskih materialov jasno kažejo, da je možno plast nečistoč odstraniti iz površine obdelovanca, ne da bi pri tem poškodovali površino kirurškega materiala

ANG

Our original results on etching of blood proteins and polymers open a new approach to solving the problem of selective interaction of reactive plasma radicals with organic materials. The application of plasma as a method for cleaning of various materials including medical devices is a very hot topic due to many advantages such as possibility to achieve extremely clean surfaces and its ecological integrity. In practice, however, one can encounter problems in the case of removing organic impurities from the surfaces of the polymer materials, where we need to achieve highly selective interaction of plasma radicals only with the organic impurities leaving the polymer surface intact. Our results have confirmed the possibility to use plasma as a method for cleaning also in such extreme situations. By getting knowledge on understanding of the role and the density of reactive plasma particles, which play a key role in the surface reactions, we found out that by careful selection of discharge parameters, we can obtain high etching rates of impurities (blood proteins) and marginal etching rate of the polymer substrate. These results clearly show that it is possible to remove the layer of impurities from the polymer surface much before the detectable etching of the polymer begins.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Po informacijah, s katerimi razpolagamo, je v Republiki Sloveniji malo skupin, ki se ukvarjajo z raziskavami, ki vodijo k razvoju novih izdelkov ali storitev za biomedicinske aplikacije. Tovrstni izdelki in storitve se ponašajo z izredno visoko dodano vrednostjo. Aktivnosti v okviru tega projekta neposredno širijo raziskave na področju, ki je prioriteto v najrazvitejših državah, s čimer se slovenska znanost postavlja ob bok najbolj razvitim državam. Uspešna realizacija projekta bo omogočila slovenski industriji dostop v tržno nišo, ki jo odlikuje izredno visoka dodana vrednost.

ANG

To the best of our knowledge there are not many groups in Slovenia performing research that leads to development of new products or services for biomedical applications. Such products and services are characterized by high value added. The activities within this project enhance research in this field which is a priority in highest developed countries worldwide. These activities enable Slovenian partners to compete with groups in highest developed countries and open a niche which is characterized by extremely high value added.

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

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

Cilj	
F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin
	Zastavljen cilj <input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat <input type="text" value="Dosežen"/> ▼
	Uporaba rezultatov <input type="text" value="V celoti"/> ▼
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj
	Zastavljen cilj <input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat <input type="text" value="Dosežen"/> ▼
	Uporaba rezultatov <input type="text" value="V celoti"/> ▼
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja
	Zastavljen cilj <input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat <input type="text" value="Dosežen"/> ▼
	Uporaba rezultatov <input type="text" value="V celoti"/> ▼
F.04	Dvig tehnološke ravni
	Zastavljen cilj <input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat <input type="text" value="Dosežen"/> ▼
	Uporaba rezultatov <input type="text" value="V celoti"/> ▼
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja
	Zastavljen cilj <input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat <input type="text" value=""/> ▼
	Uporaba rezultatov <input type="text" value=""/> ▼
F.06	Razvoj novega izdelka
	Zastavljen cilj <input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat <input type="text" value=""/> ▼
	Uporaba rezultatov <input type="text" value=""/> ▼
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka
	Zastavljen cilj <input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat <input type="text" value=""/> ▼
	Uporaba rezultatov <input type="text" value=""/> ▼
F.08	Razvoj in izdelava prototipa
	Zastavljen cilj

		<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	V celoti <input type="text"/>
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" 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 checked="" 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 checked="" 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 checked="" 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 checked="" 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 checked="" 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 checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	V celoti <input type="text"/>
F.19	Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" 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 checked="" 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 checked="" 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 checked="" 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 checked="" 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 checked="" 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 checked="" 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 checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>

	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
F.28	Priprava/organizacija razstave	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
F.29	Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value="Dosežen"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value="Delno"/>
F.31	Razvoj standardov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value="Dosežen bo v naslednjih 3 letih"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value="Uporabljen bo v naslednjih 3 letih"/>
F.33	Patent v Sloveniji	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value="Dosežen"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value="Uporabljen bo v naslednjih 3 letih"/>
F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>

Komentar

--

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

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visokošolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input 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="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 checked="" type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input 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 checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input type="radio"/>	<input checked="" 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 checked="" type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.12.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input checked="" 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 checked="" 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 checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input checked="" 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					
	Varovanje okolja in trajnostni					

G.06.	razvoj	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07	Razvoj družbene infrastrukture					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	<input checked="" 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	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.09.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

Komentar

--

12.Pomen raziskovanja za sofinancerje¹¹

	Sofinancer			
1.	Naziv	Ekliptik d.o.o.		
	Naslov	Teslova 30, Ljubljana		
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	93.944	EUR	
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:	25	%	
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		Šifra	
		1.	pridobljeno novo znanje glede plazem in uporabe plazemskih tehnologij	F.01
		2.	mentorstvo doktorandu iz gospodarstva	D.09
		3.	razvoj nove okolju prijazne metode za čiščenje medicinskih pripomočkov z možnostjo nadaljnjega trženja	F.05
		4.	patentiranje nove metode	F.33
		5.	večja usposobljenost osebja	F.03
	Komentar			
	Ocena	Dosegli smo vse cilje, ki so bili predvideni v projektu, in ki so vodili k razvoju nove tehnologije plazemskega čiščenja medicinskih pripomočkov. Metoda je prestala uspešno testiranje na primeru s krvjo onesnaženih pripomočkov, ki jih je dostavil sofinancer. S tem bo lahko tehnologija postala uporabna za morebitno trženje, saj je glavno tržno področje sofinancerja proizvodnja in distribucija medicinske opreme. Industrijski partner je s temi raziskavami pridobil ustrezna znanja, ki jih lahko v bodoče tudi komercializira.		

13.Izjemni dosežek v letu 2014¹²**13.1. Izjemni znanstveni dosežek**

Eksperimentalno smo dokončno potrdili hipotezo o sinergijskem učinku nevtralnih atomov in metastabilnih molekul kisika pri jedkanju organskih materialov v porazelektrivni kisikove

plazme. Izmerili in objavili smo vrednosti hitrosti jedkanja krvnih proteinov pri različnih dozah omenjenih reaktivnih delcev. Vir: A. Vesel, M. Kolar, N. Recek, K. Kutasi, K. Stana-Kleinschek, M. Mozetic, Etching of blood proteins in the early and late flowing afterglow of oxygen plasma, Plasma Processes and Polymers 11 (2014) 12-23.

13.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

Vodja projekta je bila somentorica doktorandu iz gospodarstva, ki je leta 2014 uspešno zaključil s študijem in oddal doktorsko disertacijo, katere del so bile tudi meritve hitrosti jedkanja polimera PET z metodo kremenove mikrotehnice v razelektrivni kisikove plazme in plazme generirane v amonijaku (mešanici vodikovih in dušikovih radikalov). Doktorant je nato zagovor doktorata uspešno prestal v začetku leta 2015.

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:

Institut "Jožef Stefan"

Alenka Vesel

ŽIG

Kraj in datum:

Ljubljana

4.3.2015

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2015/11

¹ Napišite povzetek raziskovalnega projekta (največ 3.000 znakov v slovenskem in angleškem jeziku) [Nazaj](#)

² Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega projekta in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

³ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)

⁴ V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega projekta, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega projekta oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine v zadnjem letu izvajanja projekta, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

⁵ Navedite znanstvene dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A" ali A'. [Nazaj](#)

⁶ Navedite družbeno-ekonomske dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Družbeno-ekonomski rezultat iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A" ali A'.

Družbeno-ekonomski dosežek je po svoji strukturi drugačen kot znanstveni dosežek. Povzetek znanstvenega dosežka je

praviloma povzetek bibliografske enote (članka, knjige), v kateri je dosežek objavljen.

Povzetek družbeno-ekonomskega dosežka praviloma ni povzetek bibliografske enote, ki ta dosežek dokumentira, ker je dosežek sklop več rezultatov raziskovanja, ki je lahko dokumentiran v različnih bibliografskih enotah. COBISS ID zato ni enoznačen, izjemoma pa ga lahko tudi ni (npr. prehod mlajših sodelavcev v gospodarstvo na pomembnih raziskovalnih nalogah, ali ustanovitev podjetja kot rezultat projekta ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)

⁷ Navedite rezultate raziskovalnega projekta iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 6 in 7 (npr. ni voden v sistemu COBISS). Največ 2.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

⁸ 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](#)

⁹ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)

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

¹¹ 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](#)

¹² Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega projekta v letu 2014 (največ 1000 znakov, vključno s presledki). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost pisave najmanj 16, približno pol strani) in opis izjemnega dosežka (velikost pisave 12, približno pol strani). Diapozitiv/-a priložite kot priponko/-i k temu poročilu. Vzorec diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/>. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-RPROJ-ZP/2015 v1.00a

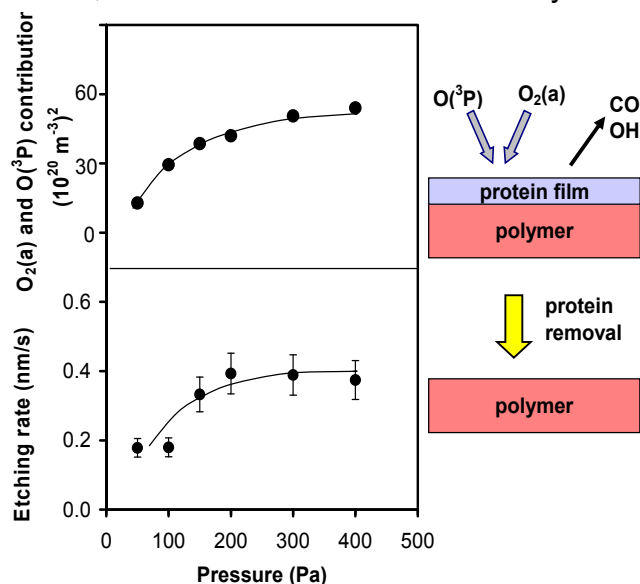
30-32-6C-6C-51-CB-71-A0-D9-2B-20-AA-0D-50-FD-85-B7-D3-49-6F

Priloga 1

INTERDISCIPLINARNE RAZISKAVE

Področje: 2.11 Druge tehniške in tehnološke vede

Dosežek 1: Etching of blood proteins in the early and late flowing afterglow of oxygen plasma, Vir: Plasma Processes and Polymers 11 (2014) 12-23



Zgornja slika prikazuje produkt gostote nevtralnih atomov kisika in gostote metastabilnih molekul kisika v odvisnosti od tlaka, spodnja slika pa odvisnost hitrosti jedkanja proteinov od tlaka. Ujemanje obeh krivulj potrjuje hipotezo o sinergijskem učinku nevtralnih atomov in metastabilnih molekul kisika pri jedkanju proteinov, kar je shematično prikazano na desni sliki.

Če želimo plazmo uporabiti za čiščenje medicinskih pripomočkov, je potrebno poznavanje hitrosti jedkanja krvnih proteinov, saj je od tega odvisna izbira parametrov razelektritve in čas obdelave v plazmi. Ugotovili smo, da so hitrosti jedkanja proteinov v porazelektritvenem delu okoli 0.5 nm/s, odvisno od vrste proteinov in tlaka, ter s tem posledično gostote reaktivnih delcev v porazelektritvi. Natančne študije odvisnosti hitrosti jedkanja od tlaka so pokazale, da to odvisnost od tlaka ne moremo razložiti samo z upoštevanjem gostote nevtralnih atomov kisika, ki kaže drugačen trend odvisnosti od tlaka. Tako smo prišli do pomembne ugotovitve, da morajo poleg nevtralnih atomov kisika igrati ključno vlogo tudi metastabilne molekule kisika v vzbujenem stanju, saj lahko le z upoštevanjem sinergijskega učinka obeh vrst delcev razložimo dobljeno tlačno odvisnost.

Poznavanje hitrosti odstranjevanja krvnih nečistoč in poznavanje ključnih delcev v razelektritvi, ki igrajo pomembno vlogo pri jedkanju, omogoča natančnejšo izbiro želenih parametrov razelektritve (tlak, moč) in s tem natančnejšo kontrolo hitrosti jedkanja krvnih nečistoč. To je pomembno za optimizacijo postopka čiščenja medicinskih pripomočkov, še posebej v primeru, ko so ti narejeni iz polimernih materialov, ki se v plazmi lahko prav tako jedkajo. Z našimi raziskavami smo dokazali, da lahko izberemo take parametre razelektritve, da odstranimo krvne nečistoče s polimerne površine, ne da bi poškodovali tudi sam pripomoček iz polimera.