

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2013/198



## ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

## A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

## 1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

<b>Šifra projekta</b>	L1-2320
<b>Naslov projekta</b>	Remediacija s kovinami onesnaženih tal v Mežiški dolini z uporabo ligandov in elektrokemijskih naprednih oksidacijskih procesov
<b>Vodja projekta</b>	8259 Domen Leštan
<b>Tip projekta</b>	L Aplikativni projekt
<b>Obseg raziskovalnih ur</b>	4173
<b>Cenovni razred</b>	C
<b>Trajanje projekta</b>	05.2009 - 04.2012
<b>Nosilna raziskovalna organizacija</b>	481 Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta
<b>Raziskovalne organizacije - soizvajalke</b>	
<b>Raziskovalno področje po šifrantu ARRS</b>	1 NARAVOSLOVJE 1.08 Varstvo okolja
<b>Družbeno-ekonomski cilj</b>	02. Okolje

2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS<sup>1</sup>

<b>Šifra</b>	1.05
<b>- Veda</b>	1 Naravoslovne vede
<b>- Področje</b>	1.05 Vede o zemlji in okolju

## B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Povzetek raziskovalnega projekta<sup>2</sup>

SLO

V okviru projekta smo v laboratorijskem merilu razvili več različic tehnologije pranja z nevarnimi kovinami onesnaženih vrtnih tal z raztopinami kelatnih ligandov ter preizkusili tehnologije remediacije na osnovi stabilizacije tal. Nekaj tehnologij smo testirali tudi v

pilotnem merilu. Večina raziskav je bila usmerjena v razvoj novih metod recikliranja liganda EDTA po pranju tal in recikliranju odpadnih procesnih vod. Tako smo raziskali možnost recikliranja EDTA s kislinskim izobarjanjem, razvili postopek recikliranja odpadnih procesnih vod po razgradnji EDTA z elektrokemijskimi naprednimi oksidacijskimi postopki, pri čemer se nevarne kovine (elektro)oborijo, ter razvili elektrokemijski postopek recikliranja pralne raztopine s nadomeščanjem nevarnih kovin v EDTA kompleksu z Al iz žrtvovane Al anode v alkalnem, pri čemer je Al-EDTA raztopina obdržala enako učinkovitost odstranjevanja nevarnih kovin iz onesnaženih tal kot izhodna pralna raztopina.

V okviru projekta smo prav tako preučevali vpliv remediacije na funkcioniranje tal, kjer smo kot indikatorje stanja uporabili specifične mikrobne aktivnosti ter vpliv različnih načinov remediacije (pranje s kisljinami ali s kelatnimi ligandi) na kakovost tal, kjer smo kot indikatorje uporabili pedološke, fizikalne in kemijske parametre tal. Nadaljevali smo z v predhodnih projektih začetimi raziskavami uporabe bioindikatorjev za določevanje uspešnosti remediacije tal na osnovi določevanja in vivo biološke dostopnosti v tleh preostalih nevarnih kovin, kjer smo kot bioindikatorje akumulacije uporabili rake enakonožce *Porcelo scaber*, kot bioindikatorje učinka pa izogibalne teste z različnimi vrstami deževnikov.

Naše raziskave smo objavili v številnih člankih v revijah z visokim faktorjem vpliva, ter jih predstavili, večinoma je šlo za predavanja, na znanstvenih konferencah doma in v tujini. Raziskave novih tehnologij pranja tal pa so privedle do podelitve patenta, na tej osnovi pa tudi do ustanovitve »spin off« podjetja. Ne-nazadnje so bile v okviru projekta uspešno izvedene diplomske naloge ter po-diplomski študiji.

ANG

In this project several variants of soil washing technologies, based on chelating agents, for remediation of garden soils contaminated with toxic metals and stabilization technologies for remediation of industrial soils were developed in a laboratory scale. Some technologies were also tested in a pilot-scale. In the focus of our research were technologies for recycling of chelating agent EDTA and recycling of waste process waters after soil washing. We studied the possibility of EDTA recycling using acidic precipitation from the waste solution and developed method for recycling waste process waters by oxidative degradation of residual EDTA by electrochemical advanced oxidation processes while released toxic metals were removed by (electro)precipitation. We also developed electrochemical method to recycle used EDTA washing solution by substitution of toxic metals in chelate complex with Al from sacrificial Al anode in the alkaline pH. Recycled washing solution with chelant in Al-EDTA form retained the same activity and efficiency of toxic metal removal from contaminated soils as the original washing solution.

Within the project we studied the effect of remediation on soil functioning. Here we applied measurements of specific soil enzyme activities as indicators of the soil status. We also studied the effect of using different soil washing agents (chelating agents and acids) on soil quality where different pedological, chemical and physical parameters were used as soil quality indicators. We continued with the research which we have started in our previous project on using bioindicators as tool to assess soil remediation efficiency. We studied the bioavailability of residual toxic metals for soil isopoda *Porcelo scaber* as in vivo bioindicator of accumulation and avoidance test with different species of earthworms as bioindicators of the effect.

We have published results of our research in several papers in journals with high impact factor and presented results in domestic and international scientific conferences, mostly as oral presentations. Research on development of novel remediation technology resulted in

patent and served also as a base for starting a spin off company. Within the project several successful diploma works and pos-graduate works were completed.

#### 4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu<sup>3</sup>

V projektu smo si zadali sledeče naloge:

Cilj 1: S poskusi v laboratorijskih in pilotnem merilu raziskati učinkovitost in oceniti lastne stroške nove metode izpiranja tal za remediacijo s Pb, Zn in Cd onesnaženih tal iz Mežiške doline, z uporabo EDTA za ekstrakcijo težkih kovin iz tal in elektrokemijskih metod za obravnavo izpiralne raztopine, ter s ponovno uporabo procesnih vod in EDTA v zaprti procesni zanki. Evaluacija cenovne učinkovitosti nove metode remediacije. Cilj 1 je glavni cilj predlaganega projekta.

Cilj 2: Raziskati vplive modelnih biotskih (avtohtone vrste deževnikov) in abiotskih (vpliv temperaturnih sprememb in sprememb vlažnosti tal) dejavnikov na potencialno toksičnost (mobilnost in (bio) dostopnost) težkih kovin, ki so v tleh preostale po remediaciji tal.

Cilj 3: Raziskati funkcioniranje tal po remediaciji z določevanjem rodovitnosti tal ter fizikalne in biološke kakovosti tal.

V okviru projekta smo smiselno raziskali vse predvidene projektne naloge.

#### 5. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev<sup>4</sup>

Ocenjujem, da smo ustrezno raziskali in odgovorili na vse bistvene projektne cilje. Rezultati projekta so dali odlična izhodišča za nadaljnje raziskave pri razvoju novih, še učinkovitejših tehnologij remediacije s nevarnimi kovinami onesnaženih tal. Prav tako se nadaljujejo raziskave vpliva remediacije na lastnosti tal in raziskave orodij in indikatorjev za ocenjevanje uspešnosti remediacije.

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

Bistvenih sprememb programa projektne skupine ni bilo. Spremembe sestave projektne skupine so bile deloma posledica razpoložljivih ur raziskovalcev, potrebe po specifičnih znanjih sodelavcev ter vključevanja mladih raziskovalcev.

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

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	6691193	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Elektrokemijsko recikliranje EDTA po pranju s Pb, Zn in Cd onesnaženih tal
		<i>ANG</i>	Electrochemical EDTA recycling after soil washing of Pb, Zn and Cd contaminated soil
	Opis	<i>SLO</i>	Recikliranje kelatnega liganda bi zmanjšalo strošek pranja tal na osnovi EDTA. Znane metode recikliranja niso učinkovite kadar je v odpadni pralni raztopini prisotna več kot le ena nevarna kovina. Pri raziskavi smo uporabili elektrokemijsko tretiranje raztopine EDTA pridobljene po ekstrakciji z Pb, Zn in Cd onesnaženih tal. Žrtvovana Al anoda in jeklena katoda v konvencionalni elektrolitski celici sta privedli do učinkovite odstranitve nevarnih kovin, medtem ko je EDTA prisotna v aktivni Al-EDTA obliki.
			Recycling of chelant decreases the cost of EDTA-based soil washing.

		Current methods, however, are not effective when the spent soil washing solution contains more than one contaminating metal. In this study, we applied electrochemical treatment of the washing solution obtained after EDTA extraction of Pb, Zn and Cd contaminated soil. A sacrificial Al anode and stainless steel cathode in a conventional electrolytic cell at pH 10 efficiently removed toxic metals from the solution, leaving chelant in active Al-EDTA form.
	Objavljeno v	Elsevier Scientific Publ. Co.; Journal of hazardous materials; 2011; Issue 2, Vol. 192; str. 714-721; Impact Factor: 4.173; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.895; A'': 1; A': 1; WoS: IH, IM, JA; Avtorji / Authors: Pociеча Maja, Kastelec Damijana, Leštan Domen
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
2.	COBISS ID	6690937 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Modeliranje učinkovitosti solidifikacije/stabilizacije tal onesnaženih z več nevarnimi kovinami z uporabo cementov in njihovih aditivov
		ANG Efficiency modeling of solidification/stabilization of multi-metal contaminated industrial soil using cement and additives
	Opis	SLO V laboratorijskem poskusu smo preizkusili formulacije Portland cementa, kalcijevega aluminatnega cementa in poculanskega cementa z dodatki plastifikatorjev, polipropilenskih vlaken, površinsko aktivnih snovi in akrilnih polimernih disperzij za solidifikacijo/stabilizacijo (S/S) tal industrijsko onesnaženih s Cd, Pb, Zn, Cu, Ni in As. Talni vzorci so tvorili trdne monolite z vsemi preizkušenimi formulacijami. Za izračun uspešnosti S/S smo razvili empirični model, ki poleg ranotežnega in masnega izpiranja nevarnih elementov iz trdnih monolitov upošteva tudi njihovo toksičnost.
		ANG In a laboratory study, formulations of ordinary Portland cement, calcium aluminate cement and pozzolanic cement and additives: plasticizers, polypropylene fibers, surfactants, and aqueous acrylic polymer dispersions were used for solidification/stabilization (S/S) of soils from an industrial brownfield contaminated with Cd, Pb, Zn, Cu, Ni and As. Soils formed solid monoliths with all cementitious formulations tested. To assess the S/S efficiency of the used formulations we proposed an empirical model in which data on equilibrium leaching and the mass transfer of elements from soil monoliths were weighed against the toxicity of the particular element.
	Objavljeno v	Elsevier Scientific Publ. Co.; Journal of hazardous materials; 2011; Vol. 192, Issue 2; str. 753-762; Impact Factor: 4.173; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.895; A'': 1; A': 1; WoS: IH, IM, JA; Avtorji / Authors: Voglar Grega E., Leštan Domen
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	6904441 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Recikliranje raztopine EDTA po pranju z Pb, Zn, Cd and As onesnaženih tal.
		ANG Recycling of EDTA solution after soil washing of Pb, Zn, Cd and As contaminated soil
	Opis	SLO Pranje tal z EDTA je znano učinkovita metoda odstranjevanja strupenih kovin iz tal. Praktični problem pa ostaja recikliranje uporabljene pralne raztopine. Pokazali smo, da s kisliniskim izobarjanjem možno pridobiti in reciklirati večino EDTA iz raztopine po pranju tal onesnaženih z Pb, Zn, Cd in As. EDTA in strupene kovine, ki so v raztopini preostale, smo skoraj kvantitativno odstranili v elektrolitski celici z grafitno anodo.
		ANG Soil washing with EDTA is known to be an effective means of removing toxic metals from contaminated soil. A practical way of recycling of used soil washing solution remains, however, an unsolved technical problem. We demonstrate here, in a laboratory scale experiment, the feasibility of using acid precipitation to recover EDTA from used soil washing solution obtained

		after extraction of Pb, Zn, Cd and As contaminated soil. EDTA and toxic metals residual in the washing solution were almost quantitatively removed from the solution in an electrolytic cell using a graphite anode.
	Objavljeno v	Pergamon Press.; Chemosphere; 2012; Vol. 86, Issue 8; str. 843-846; Impact Factor: 3.206; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.978; A': 1; WoS: JA; Avtorji / Authors: Pociеча Maja, Leštan Domen
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID	6813817 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Funkcioniranje in toksičnost umetnih zemljin sestavljenih iz aktivnih blat onesnaženih z nevarnimi kovinami
		<i>ANG</i> Functioning and toxicity of artificial soil mixtures with metal-bearing sewage sludge
	Opis	<i>SLO</i> Pripravili smo mešanice umetnih zemljin iz dveh aktivnih blat onesnaženih s strupenimi kovinami in z naravnimi mineralnimi tlemi. Eksperimentalne grede z umetnimi zemljinami smo za eno leto prepustili naravnim dejavnikom okolja ter potem izmerili toksičnost tal (kalični test z <i>Lactuca sativa</i> ), potencialno fito-dosegljivost kovin (ekstrakcijski test z dietilentriamin pentaocetno kislino – DTPA), funkcioniranje tal (specifične encimske aktivnosti tal) ter izvedli rastni test z <i>Lolium perenne</i> L. kot rastlinskim bioindikatorjem akumulacije nevarnih kovin.
		<i>ANG</i> Various artificial soil mixtures were prepared by mixing two different toxic metals containing sewage sludges with natural mineral soil. The plots with mixtures were exposed to field environmental conditions for a period of 1 year, after which we assessed soil toxicity (germination test with <i>Lactuca sativa</i> ), potential metal phyto-accessibility (diethylenetriamine pentaacetic acid – DTPA extraction test), soil functioning (by soil enzymes activity) and conducted a field growth test with <i>Lolium perenne</i> L. as a metal bio-indicator plant.
	Objavljeno v	Elsevier; Ecological engineering; 2011; Vol. 37, Issue 12; str. 1977-1982; Impact Factor: 3.106; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.559; A': 1; WoS: GU, IH, JA; Avtorji / Authors: Zapušek Novak Urška, Leštan Domen
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
5.	COBISS ID	7197561 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Recikliranje kelatnih ligandov z elektrokemijskimi metodami
		<i>ANG</i> Electrochemical treatment and recovery of chelating agents
	Opis	<i>SLO</i> Pranje tal z raztopinami kelatnih ligandov je znano učinkovita metoda odstranjevanja strupenih kovin iz tal in sedimentov. Opisano je sedanje stanje tehnike na področju elektrokemijskih metod recikliranja kelatnih ligandov iz uporabljenih procesnih vod po pranju tal.
		<i>ANG</i> Soil washing with chelating agents is known to be an effective means of removing toxic metals from contaminated soils and sediments. Current state of the art of recycling of used chelating agents after soil washing using different electrochemical methods is described.
	Objavljeno v	American Society of Civil Engineers; Chelating agents for land decontamination technologies; 2012; Str. 92-108; Avtorji / Authors: Leštan Domen
	Tipologija	1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji

### 8. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine<sup>2</sup>

Družbeno-ekonomski dosežek		
1.	COBISS ID	6497913   Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Postopek elektrokemijskega recikliranja EDTA po pranju tal <i>ANG</i> Electrochemical recycling of EDTA after soilwashing
	Opis	<i>SLO</i> Predmet izuma je postopek "Elektrokemijsko recikliranje EDTA po pranju tal" za čiščenje s strupenimi kovinami onesnaženih tal in sedimentov s pralno raztopino etilendiamin tetraacetne kisline (EDTA). EDTA tvori s kovinami vodotopne komplekse tako, da jih iz tal ali sedimenta lahko odstranimo s pralno raztopino. Postopek po izumu omogoča elektrokemijsko recikliranje EDTA v uporabljeni pralni raztopini v elektrolitski celici z žrtvovano aluminijevo (Al) anodo v bazičnih pogojih. Pri tem Al zamenja strupene kovine v kompleksu z EDTA, v pralni raztopini preostane AlEDTA kompleks (reciklirana EDTA), sproščene strupene kovine pa se izločijo z elektroobarjanjem, kot netopni hidroksidi ali z elektrokoagulacijo. Po naravnavi pH ima pralna raztopina z reciklirano EDTA sposobnost nadaljnjega odstranjevanja strupenih kovin iz onesnaženih tal ali sedimenta.  Licenco za uporabo postopka je od Univerze v Ljubljani odkupilo podjetje Envit d.o.o.  <i>ANG</i> The invention relates to the process "Electrochemical recycling of EDTA after soil washing" for remediation of toxic metals and radionuclides contaminated soils and sediments with washing solution of ethylenediamine tetraacetate (EDTA). Toxic metals are removed from soils or sediments into the washing solution by forming insoluble complexes with EDTA. The process according to invention enables electrochemical recycling of EDTA in the spent washing solution using electrolytic cell with sacrificial aluminum (Al) anode in alkaline conditions. During the process Al exchange toxic metals from EDTA complexes by forming AlEDTA complexes, while toxic metals are removed from the solution by electroprecipitation as insoluble hydroxides or by electrocoagulation. After pH adjustment the washing solution with recycled EDTA retain metal extraction capacity and can be used for further removal of toxic metals from contaminated soils or sediments.  University of Ljubljana licensed the novel process to the company Envit Ltd.
	Šifra	F.09 Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije
	Objavljeno v	Urad RS za intelektualno lastnino; 2011; 1 listina; Avtorji / Authors: Leštan Domen, Pocięcha Maja, Voglar David
	Tipologija	2.24 Patent
2.	COBISS ID	743799   Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Pranje tal v zaprti procesni zanki <i>ANG</i> Washing of metal contaminated soil in a closed process loop
	Opis	<i>SLO</i> Pranje tal z raztopinami kelatnih ligandov je znano učinkovita metoda odstranjevanja strupenih kovin iz tal. Pri razvoju tehnologij pranja tal v zaprti procesni zanki smo uporabili biološko razgradljive kelatne ligande in napredne oksidacijske postopke za kemijsko razgradnjo rezistentnih ligandov.  <i>ANG</i> Soil washing with chelating agents is known to be an effective means of removing toxic metals from contaminated soils. Bio-degradable chelating agents and advanced oxidation methods to chemically degrade chelating agents were used to develop remediation technologies for soil washing in a closed process loop.

	Šifra	D.09	Mentorstvo doktorandom
	Objavljeno v	[N. Finžgar]; 2010; VIII, 139 f.; Avtorji / Authors: Finžgar Neža	
	Tipologija	2.08 Doktorska disertacija	
3.	COBISS ID	6276985	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Ugotavljanje strupenosti ivermektina za deževnike z izogibnim testom
		ANG	Ivermectin toxicity assesment with earthworm avoidance test
	Opis	SLO	Totalna koncentracija onesnažila v tleh pogosto ne odraža njegove dejanske toksičnosti in nevarnosti za ljudi in okolje. Za določevanje biološke dostopnosti onesnažil smo uporabili izogibalni test z deževniki.
		ANG	Total concentration of contaminant in soil does not necessary relate to its actual toxicity and hazard for humans and environment. Earthworm avoidance test was used to assess biological accessibility of pollutants in soil.
	Šifra	D.10	Pedagoško delo
	Objavljeno v	[A. Livio Torkhani]; 2010; XIII, 84 f., [13] f. pril.; Avtorji / Authors: Livio Torkhani Alja	
	Tipologija	2.09 Magistrsko delo	
4.	COBISS ID	6731641	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Učinkovitost stabilizacije za funkcionalno revitalizacijo industrijsko onesnaženih tal
		ANG	The effect of stabilization amendments on the functional recovery of industrially polluted soil
	Opis	SLO	Dodatki različnih stabilizantov v tla so močno zmanjšali biološko dosegljivost nevarnih kovin. Hkrati se fizikalne, kemijske in biološke lastnosti tal ter funkcioniranje tal (določene z merjenjem specifične aktivnosti talnih encimov) ni bistveno spremenilo ali poslabšalo.
		ANG	Different soil amendments efficiently reduced toxic metal bio-accessibility and plant uptake, while in the same time the soil physical, chemical and biological properties and soil functionality (assessed by measuring specific soil enzyme activities) were not affected or reduced.
	Šifra	B.03	Referat na mednarodni znanstveni konferenci
	Objavljeno v	University of Florence; ICOBTE 2011; 2011; Str. [1-2]; Avtorji / Authors: Udovič Metka, Tica Dragana, Leštan Domen	
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
5.	COBISS ID	6731897	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Elektrokemijsko recikliranje EDTA z žrtvovano Al anodo po remediaciji s Pb onesnaženih tal
		ANG	Electrochemical EDTA recycling with sacrificial Al anode for remediation of Pb contaminated soil
	Opis	SLO	Žrtvovana Al anoda in jeklena katoda v konvencionalni elektrolitski celici sta privedli do učinkovite odstranitve nevarnih kovin, medtem ko je EDTA presotal v aktivni Al-EDTA obliki.
		ANG	A sacrificial Al anode and stainless steel cathode in a conventional electrolytic cell at pH 10 efficiently removed toxic metals from the solution, leaving chelant in active Al-EDTA form.
	Šifra	B.03	Referat na mednarodni znanstveni konferenci
	Objavljeno v	University of Florence; ICOBTE 2011; 2011; Str. [1-2]; Avtorji / Authors: Pocięcha Maja, Leštan Domen	
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	

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

Vodja projekta Domen Leštan je v leti 2009 prejel Zoisovo priznanje za pomembne dosežke na področju varstva okolja. Mentor leta 2010 v Sloveniji. Priznanje podeljuje Društvo mladih raziskovalcev Slovenije.

Ustanovljeno je bilo "spin off" podjetje Envit d.o.o., ki je leta 2010 dobilo nagrado za najboljše startup podjetje v Sloveniji.

MR Metka Udivič je dobila Fulbrightovo štipendijo za gostovanje na Univerzi Cornell v ZDA (2010-2011).

MR Neza Finzgar je bila v letu 2011 za znanstvene dosežke nagrajena s štipendijo L'Oreal, ki jo podeljujejo L'Oreal, Unesco in Slovenska Znanstvena Fundacija, ter Nagrado za trajnostni razvoj, ki jo Javni sklad Republike Slovenije za razvoj kadrov in štipendije podeljuje za pomembne prispevke k trajnostnemu razvoju družbe na gospodarskem, družbenem in okoljevarstvenem področju. Neza Finzgar je tudi prejemnica Jesenkove nagrade kot najboljša doktorandka Biotehniške fakultete v letu 2011.

MR Maja Pociеча je bila v letu 2012 za znanstvene dosežke nagrajena s štipendijo L'Oreal, ki jo podeljujejo L'Oreal, Unesco in Slovenska Znanstvena Fundacija, ter Nagrado za trajnostni razvoj, ki jo Javni sklad Republike Slovenije za razvoj kadrov in štipendije podeljuje za pomembne prispevke k trajnostnemu razvoju družbe na gospodarskem, družbenem in okoljevarstvenem področju. Maja Pociеча je tudi prejemnica Jesenkove nagrade kot najboljša doktorandka Biotehniške fakultete v letu 2012.

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

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

SLO

V centralni in jugo-vzdoljni Evropi je več kot 1.8 milijonov mest onesnaženosti med katerimi jih 240,000 potrebuje nujne ukrepe remediacije. Za tla onesnažena s strupenimi kovinami so ustrezne tehnologije remediacije večinoma še v razvoju ali pa so cenovno zahtevne. Izbor ustrezne tehnologije je vsekakor odvisen od tipa tal in tipa onesnaženja in pa končne rabe tal po remediaciji. Pranje tal s kelatnimi ligandi, kot je etilendiamin tetraacetat (EDTA), je danes smatrano kot potencialno primerna metoda z majhnim vplivom na kakovost tal. V laboratorijske merilu, ne pa tudi komercializirani, so bili razviti nekateri načini recikliranja EDTA iz uporabljene pralne raztopine. Strupene kovine lahko ločimo iz EDTA kompleksa z Na<sub>2</sub>S. V alkalnih pogojih se strupene kovine izoborijo kot netopni kovinski sulfidi. Nič-valentne mešanice kovin (MgO-PdO, MgO-AgO) prav tako lahko uporabimo za obarjanje strupenih kovin v alkalnem, pri čemer se EDTA sprosti. Poročali so tudi o elektrolitski ločitvi strupenih kovin in EDTA v dvo-komorni elektrolitski celici ločeni s kationsko-izmenjalno membrano, ki preprečuje anodno oksidacijo EDTA. EDTA lahko recikliramo tudi z nadomestitvijo strupenih kovin z Fe<sup>3+</sup> v kislem, obarjanjem sproščenih strupenih kovin s fosfati v nevtralnem in nadomestitvijo ter izobarjenjem Fe po na-alkaljenju raztopine z NaOH tako, da ligand recikliramo kot Na sol.

Poleg recikliranja EDTA problem današnjih tehnologij pranja tal z ligandi še vedno predstavljajo velike količine odpadnih vod, ki jih je pred varnim izpustom v okolje potrebno primerno obdelati. Drugi metodi se. V tem projektu smo v laboratorijskem merilu razvili in v pilotnem merilu testirali metodo pri kateri se strupene kovine in EDTA ločijo v elektrolitski celici pri alkalnih pogojih z uporabo žrtvovane Al anode. Al v EDTA kompleksu nadomesti strupene kovine, ki se iz pralne raztopine izločijo z elektro-koagulacijo. Čisto procesno vodo smo pridobili z uporabo elektrokemijskih naprednih oksidacijskih postopkov.



Večina raziskav pranja tal z raztopinami EDTA je usmerjena v učinkovitost odstranjevanja strupenih kovin. Vendar pa so za končno ugotavljanje primernosti in uspešnosti tehnologije pomembnejši dejavniki kot so bio-dosegljivost kovin preostalih v tleh po remediaciji, vpliv remediacije na lastnosti tal, ter funkcioniranje remediiranih tal kot rastlinski in mikrobn (in v končni fazi tudi živalski) substrat. Pred našimi raziskavami v strokovni literaturi še ni bilo tovrstnih podatkov o vplivu pranja z EDTA na lastnosti tal. Rezultati naših raziskav kažejo, da je kljub uspešnemu zmanjšanju (eko)toksičnosti tal vpliv nove tehnologije pranja tal na pedološke, fizikalno-kemijske in biološke lastnosti tal majhen, prav tako je majhen vpliv na funkcioniranje tal.

ANG

There are more than 1.8 million contaminated sites in western central and south-eastern Europe, of which 240,000 are in need of remedial treatment. The proper remediation and management of toxic metals contaminated soil has been a widespread and costly issue. The selection of appropriate remediation technology depends on the contamination and soil type and final use of the reclaimed land. Soil washing with an aqueous solution of chelating agents, usually ethylenediaminetetraacetate (EDTA), is considered to be a remedial option with a potentially low impact on soil quality. Demonstrated on a laboratory level, but not available commercially, there have been several proposals of how to recycle spent EDTA from the used washing solution. Toxic metals can be separated from EDTA with Na<sub>2</sub>S under alkaline conditions, resulting in almost complete recovery of metals through precipitation in the form of insoluble metal sulphides. Zero-valent bimetallic mixtures (Mg<sup>0</sup>-Pd<sup>0</sup>, Mg<sup>0</sup>-Ag<sup>0</sup>) can also be used to precipitate metals from the solution, while liberating EDTA in alkaline pH. Electrolytic recovery of toxic metals and EDTA from washing solution in a two-chamber electrolytic cell separated with a cation exchange membrane to prevent EDTA anodic oxidation has been reported. EDTA can also be recycled by substituting toxic metals with Fe<sup>3+</sup> under acidic conditions, followed by precipitation of the released metals with phosphate at near neutral pH. Fe<sup>3+</sup> ions are then precipitated as hydroxides at high pH using NaOH, thus liberating the EDTA.

In addition to EDTA recycling, the generation of large amounts of waste water after soil washing, which needs treatment before safe disposal, has long remained an unsolved problem. In this project we proposed and tested in laboratory and in a pilot scale an electrochemical process where toxic metals and EDTA are separated in an electrolytic cell under alkaline conditions using a sacrificial Al anode. Al substitutes the toxic metal in complex with EDTA and the released metals are removed by electro-precipitation/coagulation. The remaining EDTA and metals in the waste solution were removed using an electrochemical advanced oxidation process to yield clean process water.

Most studies on EDTA-based soil washing focus on the effectiveness of toxic metal removal. However, the bio-availability of metals still remaining in the washed soil and the effect of the remediation process on soil properties and functioning as a plant and microbial (consequently soil fauna) substrate are the factors that finally decide the success or failure of soil washing and other remediation technologies. There was no scientific literature on the effect of EDTA-soil washing on soil properties. For the first time results of this project indicate that remediation using novel soil-washing technology while successfully reduced (eco)toxicity of contaminated soils largely preserved pedological, physico-chemical and biological soil properties and soil functioning as a plant and microbial substrate.

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

SLO

Onesnaženje tal s strupenimi kovinami, predvsem pa s svincem (Pb) predstavlja enega večjih okoljskih problemov v svetu. Pri nas so s strupenimi kovinami onesnažena območja Mežiške doline, Celjske kotline in Litije, v precejšnji meri pa so s Pb iz osvinčenega bencina onesnažena tudi tla na območjih z zgoščenim prometom, kot so mestne vpadnice in urbana središča. Tla so končni depozitorij Pb in ostalih strupenih kovin, ki potem ko industrijsko, kmetijsko ali prometno onesnaženje preneha sama postanejo vir strupenih kovin in predstavljajo nevarnost predvsem tam, kjer so ljudje s tlemi v stalnem in neposrednem stiku. Eno izmed najbolj

prizadetih območij v Sloveniji je Mežiška dolina, zgodovinsko onesnažena zaradi rudnikov in topilnic svinca. Začetki izkoriščanja svinčeve rude segajo v leto 1665, sama proizvodnja pa je trajala do leta 1994. Do prve polovice 19. stoletja so bili rudniki in topilnice majhni obrati raztreseni po celotni dolini. V letu 1893 je bila zgrajena centralna topilnica v Žerjavu. Proizvodnja Pb je s 27763 tonami dosegla višek leta 1977. Prve sisteme filtrov za zmanjšanje emisij prašnih delcev so postavili leta 1923, sistem je bil izboljšán v letih 1954, 1964 in nazadnje 1978, ko so uspeli dnevne količine izpuščenega prahu zmanjšati iz 5000 na 70 kg.

Tla v Mežiški dolini so danes najpomembnejši vir sekundarne kontaminacije s Pb pa tudi z Zn in Cd. Rezultati raziskav namreč kažejo na neposredno povezavo med vsebnostjo Pb v krvi 3-letnih otrok iz Mežiške doline in koncentracijo Pb v hišnem prahu in v tleh v okolici njihovih domov. Zaradi ugotovljenih visokih vsebnosti Pb v krvi otrok je v letu 2007 slovenska vlada začela financirati sanacijski program Mežiške doline, ki vključuje izobraževanje lokalnega prebivalstva, izboljšanje higiene v vrtcih, asfaltiranje in pranje cest, monitoring nevarnih kovin v prahu in v nekaterih promerih prekrivanje onesnaženih tal s 5-10 cm debelo plastjo ne-onesnaženih tal. Vsaj zadnji ukrep je sporen, saj je iz strokovne literature znano, da je za učinkovito prekrivanje potrebna vsaj 40-60 cm debela plast ne-onesnaženih tal. Kljub naštetim izvedenim ukrepom se število otrok s koncentracijo Pb v krvi večjo od 100 ng L<sup>-1</sup>, ki je po slovenski zakonodaji nevarna, med 6-letnim izvajanjem programa sanacije ni zmanjšalo ali bistveno spremenilo. Vzporedno s programom sanacije Mežiške doline je ARRS sprejela v financiranje projekte, ki naj bi prepeljali do učinkovite tehnologije remediacije (čiščenja) onesnaženih tal; predvsem do trajne odastranitve Pb iz tal. Preizkušanih in raziskanih je bilo več pristopov: fitoekstrakcija in kemijsko-inducirana fitoekstrakcija z različnimi rastlinami se je izkazala kot neuspešna. Ekstrakcija Mežiških tal s kislinami je bila neučinkovita in je tla močno poškodovala. Tla iz Mežiške doline večinoma vsebujejo visok delež organske snovi, melja in glin, kar preprečuje uspešnost metod fizikalne ločitve močno kontaminiranih finih delcev od preostalega dela tal (npr. v hidrociklonih). Rezultati tega projekta pa so pokazali na učinkovitost metode pranja tal s kelatnim ligandom etilenediamin tetraacetatom (EDTA) pri odstranjevanju strupenih kovin in trajnem zmanjšanju biološke dosegljivosti in dostopnosti po remediaciji v tleh preostalih nevarnih kovin. Rezultati projekta so pokazali na razmeroma majhen vpliv remediacije na kakovost in zdravje tal kot rastlinskega substrata. Končno so rezultati raziskav nove tehnologije pranja tal v plotnem merilu potrdili tehnično možnost izvedbe v polnem merilu in ekonomsko upravičenost razvite metode. Nova tehnologija remediacije omogoča trajno odstranitev onesnažil iz tal Mežiške doline in bi jo bilo potrebno vključiti v obstoječ program sanacije Mežiške doline kot njegov nujen in bistven del

ANG

Soil pollution with toxic metals, for example with lead (Pb) is ubiquitous environmental problem worldwide. In Slovenia critical concentrations of toxic metals in soil were measured in Meza Valley, in wider Celje and Litija districts, along highways and areas with high traffic density such as urban centers. Soils are the final depository of toxic metals and become themselves, after cessation of industrial, agronomical and pollution from traffic, the source of pollution posing health hazard to human populations which are in closed contact or exposed to contaminated soil. In Slovenia one of the most affected locations is Meza Valley, historically contaminated from Pb mining and smelting industry which commenced in 1665 and continued until 1994. Until the second half of 19. century mines and smelters were small and scattered through the Valley. In 1893 new centralised smelting plant was build in the city of Zerjav and Pb production peaked with 27763 tons in year 1977. First systems of filters to decrease dust emissions were installed in 1923 and were further improved in years 1954, 1964 and finally in 1978 after which the daily quantity of released dust was reduced from 5000 to 70 kg.

Soils from Meza Valley are now the most significant source of secondary contamination by Pb and also of Zn and Cd. Indeed, experimental evidences are pointing toward significant correlation of Pb blood level in of 3-years old children and concentration of Pb in house dust and soil around their residences. Alarmed by data on elevated Pb concentration in blood of small children Slovenian government in 2007 initialized Meza Valley restoration program which encompassed risk awareness education of local population, improvement of hygiene standards in kinder-gardens, road asphaltting and dust control, and limited capping of contaminated areas with 5-10 cm layer of non-polluted soil. The later measure was disputed since at least 40-60 cm layer of new soil was reported to be efficient. Despite accepted measures results of annual surveys of Pb blood concentration indicated that the number of children with levels higher than

100 ng L-1, stipulated by Slovenian legislation as hazardous did not decline nor change significantly during the 6-year period of restoration program. In parallel with Meza Valley site restoration program Slovenian Research Agency has been funding projects aiming to develop efficient remediation technology for permanent removal of Pb and co-contaminating metals from Meza soils. Several approaches were tested: phytoextraction and chemically-induced phytoextraction with different plants and soil extraction with acid were proved not to be efficient and the later has also distinctly negative impact on soil properties. Soils from Meza Valley predominantly contain high content of organic matter, clay and silt therefore physical separation (i.e. in hydrocyclones) of contaminated fines from relatively non-contaminated bulk soil is also not feasible. On the other hand results of the current project provided experimental evidence that soil washing using chelating agent ethylenediamine tetraacetate (EDTA) efficiently removed toxic metals from soil and permanently reduced bioaccessibility and bioavailability of residual toxic metals in Meza soils. Results of the current project also confirmed quite minor effect of the proposed remediation technology on properties and health of soil as a plant substrate. Finally, results of the pilot-scale testing proved technical and economic viability of the novel technology. The novel remediation technology provides for permanent solution of soil contamination in Meza Valley and should be included into ongoing Meza Valley restoration program as the most urgent and vital component.

**11. Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!  
Označite, katerega od navedenih ciljev ste si zastavili pri projektu, katere konkretne rezultate ste dosegli in v kakšni meri so doseženi rezultati uporabljeni**

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

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

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

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

<b>F.32</b>	<b>Mednarodni patent</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.33</b>	<b>Patent v Sloveniji</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	V celoti <input type="text"/>
<b>F.34</b>	<b>Svetovalna dejavnost</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.35</b>	<b>Drugo</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	V celoti <input type="text"/>

**Komentar**


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

	<b>Vpliv</b>	<b>Ni vpliva</b>	<b>Majhen vpliv</b>	<b>Srednji vpliv</b>	<b>Velik vpliv</b>	
<b>G.01</b>	<b>Razvoj visokošolskega izobraževanja</b>					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.02</b>	<b>Gospodarski razvoj</b>					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" 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 checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	

G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input 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"/>	
<b>G.03</b>	<b>Tehnološki razvoj</b>					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input 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"/>	
<b>G.04</b>	<b>Družbeni razvoj</b>					
G.04.01	Dvig kvalitete življenja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" 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"/>	
<b>G.05.</b>	<b>Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete</b>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.06.</b>	<b>Varovanje okolja in trajnostni razvoj</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
<b>G.07</b>	<b>Razvoj družbene infrastrukture</b>					
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"/>	
<b>G.08.</b>	<b>Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva</b>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.09.</b>	<b>Drugo:</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

**Komentar**

--

**13.Pomen raziskovanja za sofinancerje<sup>12</sup>**

Sofinancer			
1.	Naziv	Občina Črna na Koroškem	
	Naslov	Center 101,2393 Črna na Koroškem	
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	15.000	EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:	25	%



Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		Šifra
	1.	
	2.	
	3.	
	4.	
	5.	
Komentar	Napomemnejši rezultat za sofinancerja je patent "Postopek elektrokemijskega recikliranja EDTA po pranju tal" COBIS ID 6497913. Vpis šifre ni možen.	
Ocena	Občino Črno na Koroškem smo za izvedbo projekta nujno potrebovali, prevsem zaradi dostopa do onesnaženih tal, izkopa in odvoza tal do raziskovalne organizacije, ki ga je Občina organizirala in v celoti financirala.	

#### 14. Izjemni dosežek v letu 2012<sup>13</sup>

##### 14.1. Izjemni znanstveni dosežek

Nova metoda remediacije

POCIECHA, Maja, KASTELEC, Damijana, LEŠTAN, Domen. Electrochemical EDTA recycling after soil washing of Pb, Zn and Cd contaminated soil. J. hazard. mater.. [Print ed.], 2011, issue 2, vol. 192, str. 714-721, ilustr., doi: 10.1016/j.jhazmat.2011.05.077. [COBISS.SI-ID 6691193]

Tla so končni depozitorij strupenih kovin, ki potem ko industrijsko, kmetijsko ali prometno onesnaženje preneha sama postanejo vir strupenih kovin in predstavljajo nevarnost tam, kjer so ljudje s tlemi v neposrednem stiku. Razvili smo nov postopek recikliranja liganda EDTA in procesne vode pri remediacijski metodi pranja tal onesnaženih s svincem, cinkom in kadmijem z uporabo kelatnih ligandov »ex situ«. Novi postopek recikliranja EDTA temelji na transkompleksaciji in nadomestitvi strupenih kovin v kelatnem kompleksu pri alkalinih pH, pri čemer se kelatni ligand reciklira v aktivni Al-EDTA obliki.

##### 14.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

Patent

LEŠTAN, Domen, POCIECHA, Maja, VOGLAR, David. Postopek elektrokemijskega recikliranja EDTA po pranju tal : SI 23314 (A), 2011-09-30. Ljubljana: Urad RS za intelektualno lastnino, 2011. 1 listina. [COBISS.SI-ID 6497913]

Predmet izuma je postopek "Elektrokemijsko recikliranje EDTA po pranju tal" za čiščenje s strupenimi kovinami onesnaženih tal in sedimentov s pralno raztopino etilendiamin tetraacetne kisline (EDTA). Postopek po izumu omogoča elektrokemijsko recikliranje EDTA v uporabljeni pralni raztopini v elektrolitski celici z žrtvovano aluminijevo (Al) anodo v bazičnih pogojih. Pri tem Al zamenja strupene kovine v kompleksu z EDTA, v pralni raztopini preostane Al-EDTA kompleks (reciklirana EDTA), sproščene strupene kovine pa se izločijo z elektroobaranjem, kot netopni hidroksidi ali z elektrokoagulacijo. Po naravnavi pH ima pralna raztopina z reciklirano EDTA sposobnost nadaljnega odstranjevanja strupenih kovin iz onesnaženih tal ali sedimenta.

## 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, Biotehniška  
fakulteta

Domen Leštan

---

**ŽIG**

Kraj in datum: 

Ljubljana	14.3.2013
-----------	-----------

**Oznaka prijave: ARRS-RPROJ-ZP-2013/198**

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

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

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

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

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

<sup>6</sup> 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](#)

<sup>7</sup> 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](#)

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

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

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

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

<sup>12</sup> Rubrike izpolnite / 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](#)

<sup>13</sup> Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega projekta v letu 2012 (največ 1000 znakov, vključno s presledki). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost pisave najmanj 16, približno pol strani) in opis izjemnega dosežka (velikost pisave 12, približno pol strani). Diapozitiv/-a priložite kot priponko/-i k temu poročilu. Vzorec diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/>. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-RPROJ-ZP/2013 v1.00  
50-18-29-50-74-86-93-B8-38-1E-FA-FF-8B-A5-BF-4E-C5-81-02-7C

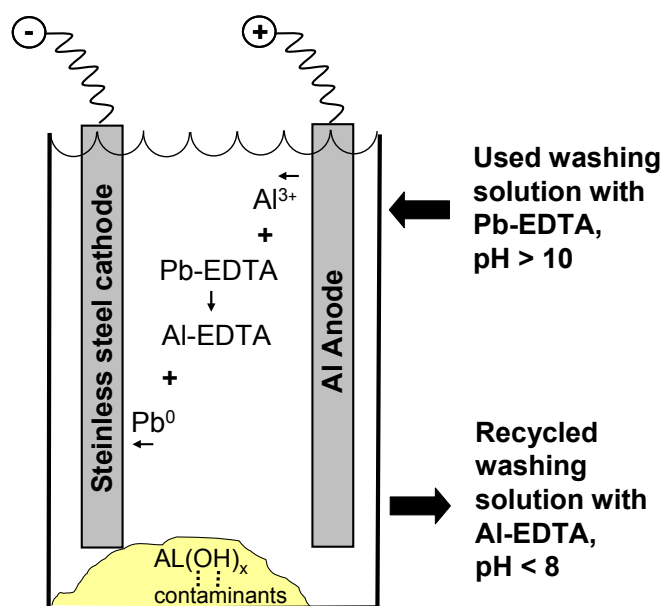
# BIOTEHNIKA

## 4.03 Rastlinska produkcija in predelava

### 4.03.02 Tla in mikroklima

**Dosežek:** POCIECHA, Maja, KASTELEC, Damijana, LEŠTAN, Domen.

Electrochemical EDTA recycling after soil washing of Pb, Zn and Cd contaminated soil. J. hazard. mater.. [Print ed.], 2011, issue 2, vol. 192, str. 714-721, ilustr., doi: 10.1016/j.jhazmat.2011.05.077. [COBISS.SI-ID 6691193]



Onesnaženje tal s strupenimi kovinami predstavlja enega večjih okoljskih problemov v svetu. Pri nas so s strupenimi kovinami onesnažena območja Mežiške doline, Celjske kotline in Litije, v precejšnji meri pa so s Pb iz osvinčenega bencina onesnažena tudi tla na območjih z zgoščenim prometom, kot so to mestne vpadnice in urbana središča.

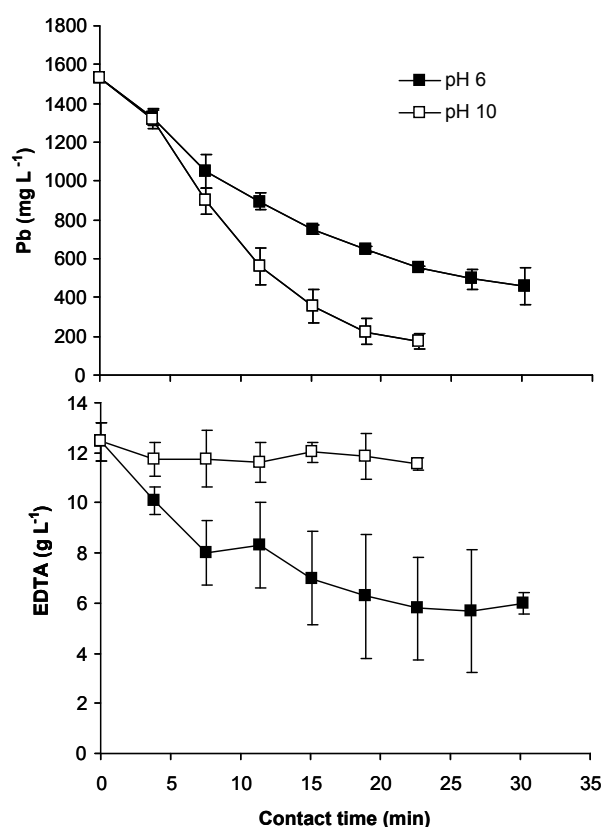
Tla so končni depozitorij strupenih kovin, ki potem ko industrijsko, kmetijsko ali prometnoonesnaženje preneha sama postanejo vir strupenih kovin in predstavljajo nevarnost tam, kjer so ljudje s tlemi v neposrednem stiku. Razvili smo nov postopek recikliranja liganda EDTA in procesne vode pri remediacijski metodi pranja tal onesnaženih s svincem, cinkom in kadmijem z uporabo kelatnih ligandov »ex situ«. Novi postopek recikliranja EDTA temelji na trans-kompleksaciji in nadomestitvi strupenih kovin v kelatnem kompleksu pri alkalinih pH, pri čemer se kelatni ligand reciklira v aktivni Al-EDTA obliki.

# BIOTEHNIKA

## 4.03 Rastlinska produkcija in predelava

### 4.03.02 Tla in mikroklima

**Dosežek:** LEŠTAN, Domen, POČIECHA, Maja, VOGLAR, David. Postopek elektrokemijskega recikliranja EDTA po pranju tal : SI 23314 (A), 2011-09-30. Ljubljana: Urad RS za intelektualno lastnino, 2011. 1 listina. [COBISS.SI-ID 6497913]



Concentrations of Pb and EDTA in the washing solution during electrochemical treatment at pH 6 and 10. Error bars represent standard deviation from the mean value (n=3).

Predmet izuma je postopek "Elektrokemijsko recikliranje EDTA po pranju tal" za čiščenje s strupenimi kovinami onesnaženih tal in sedimentov s pralno raztopino etilendiamin tetraacetne kisline (EDTA). EDTA tvori s kovinami vodotopne komplekse tako, da jih iz tal ali sedimenta lahko odstranimo s pralno raztopino. Postopek po izumu omogoča elektrokemijsko recikliranje EDTA v uporabljeni pralni raztopini v elektrolitski celici z žrtvovano aluminijevo (Al) anodo v bazičnih pogojih. Pri tem Al zamenja strupene kovine v kompleksu z EDTA, v pralni raztopini preostane AlEDTA kompleks (reciklirana EDTA), sproščene strupene kovine pa se izločijo z elektrobarjanjem, kot netopni hidroksidi ali z elektrokoagulacijo. Po naravnavi pH ima pralna raztopina z reciklirano EDTA sposobnost nadaljnjega odstranjevanja strupenih kovin iz onesnaženih tal ali sedimenta.