

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2014/89



## ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

## A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

## 1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

<b>Šifra projekta</b>	J4-3609
<b>Naslov projekta</b>	Kakovost in funkcioniranje onesnaženih vrtnih tal kot rastlinski substrat po remediaciji
<b>Vodja projekta</b>	8259 Domen Leštan
<b>Tip projekta</b>	J Temeljni projekt
<b>Obseg raziskovalnih ur</b>	7204
<b>Cenovni razred</b>	D
<b>Trajanje projekta</b>	05.2010 - 04.2013
<b>Nosilna raziskovalna organizacija</b>	481 Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta
<b>Raziskovalne organizacije - soizvajalke</b>	3031 ENVIT okoljske tehnologije in inženiring d.o.o.
<b>Raziskovalno področje po šifrantu ARRS</b>	4 BIOTEHNIKA 4.03 Rastlinska produkcija in predelava 4.03.02 Tla in mikroklima
<b>Družbeno-ekonomski cilj</b>	08. Kmetijstvo
<b>Raziskovalno področje po šifrantu FOS</b>	4 Kmetijske vede 4.01 Kmetijstvo, gozdarstvo in ribištvo

## B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

2. Povzetek raziskovalnega projekta<sup>1</sup>

SLO

Razvili smo novo tehnologijo pranja tal z raztopino kelatnega liganda EDTA, ki omogoča odstranitev nevarnih kovin iz tal, izobarjanje in recikliranje EDTA iz procesne vode v pH gradientu in očiščenje in recikliranje procesne vode z elektrokemijskimi postopki. Tehnologija je primerna tudi za remediacijo onesnaženih a rodovitnih vrtnih tal z visokim deležem organske snovi in finih talnih delcev. Nova tehnologija omogoča remediacijo tal brez nastanka odpadnih vod; edini odpadek predstavlja trdni mulj, ki smo ga s termoplasti (npr. bitumnom) učinkovito stabilizirali in ga je mogoče odložiti kot ne-nevaren odpadek.

Tehnično in ekonomsko izvedljivost nove tehnologije smo uspešno preizkusili s postavitvijo pilotne naprave za šarže 60-75 kg vrtnih tal iz Mežiške doline, onesnažene s Pb, Zn in Cd. S postopkom remediacije smo iz tal odstranili do 80% Pb in Cd in do 40% Zn. Potencialna fitodostopnost (DTPA ekstrakcije) kovin preostalih v tleh po remediaciji, njihova mobilnost (TCLP test) in oralna biodosegljivost iz simulirane človeške želodčne in črevesne faze (PBET test) je bila v remediiranih tleh veliko manjša kot v onesnaženih. Vpliv postopka remediacije na kemijske lastnosti tal: frakcionacija toksičnih elementov, pH, vsebnost organske snovi in karbonatov, C:N razmerje, koncentracija P and mikrohranil, kationsko-izmenjalna kapaciteta tal; na fizikalne lastnosti tal: struktura in vodni potencial tal; ter na biološke lastnosti tal; struktura mikrobnih populacij (genomska DNA bakterij in gliv), inducirana respiracija in izbrane encimske aktivnosti smo raziskali v poljskem poskusu z eksperimentalnimi gredami in jih primerjali z lastnostmi originalnih onesnaženih tal. Funkcioniranje remediiranih tal kot rastlinskega in mikrobnega substrata ni bilo bistveno zmanjšano; smo pa nekaj manjše izbrane encimske aktivnosti izmerili tudi še po treh saditvenih in gnojilnih sezonah. Izpiranje onesnažil smo spremljali z v tla vgrajenimi lizimetri; zelo majhen del preostalih strupenih kovin je ostal v mobilni obliki in se je med poljskim poskusom iz tal izpral. Spremljali smo rast ter izmerili vnos nevarnih kovin v korenine in zelene dele rastlin: kitajsko zelje, čebula, cvetača, grah, špinača, paradižnik, basilika, paprika ter v druge rastline. Remediacija je pri večini rastlin povzročila manjše zmanjšanje biomase, po drugi strani pa se je zmanjšala tudi vsebnost nevarnih kovin v užitnih delih rastlin, večinoma pod mejo določeno z EU zakonodajo za koncentracijo varno za prehrano. Kolonizacija rastlin z mikoriznimi glivami je bila manjša v remediiranih tleh; ni pa razen pri špinači vplivala na izmenjava plinov preko listov in fluorescenco klorofila, torej na fiziološko stanje rastlin.

ANG

The novel EDTA-based soil washing technology using toxic elements recovery and EDTA precipitation and recycle from the used soil washing solution along the imposed pH gradient, and electrochemical polishing and recycling of process water was developed. The method enables effective remediation of garden soils with high percentage of organic matter and fines and generates no waste-waters. The only waste is solid sludge which can be easily stabilized by thermoplasts (i.e. bitumen) and safely disposed. Technical and economic feasibility of the novel method was evaluated in a pilot-scale study using 60-75 kg soil batches, using Pb, Zn and Cd contaminated garden soil from Meza Valley, Slovenia as a substrate. After remediation up to 80% of Pb and Cd and up to 40% of Zn was removed from the soil. The potential pytoavailability (DTPA extraction) of soil residual toxic elements, mobility (TCLP), oral bioavailability from stomach and intestinal phase (PBET) in soil were significantly reduced after remediation. The effect of remediation on soil chemical properties: toxic elements fractionation, pH, organic matter and carbonate content, C:N ratio, P and micro-nutrient concentration, cation-exchange capacity; on soil physical properties: soil structure and water potential; and on soil biological properties: microbial diversity (bacterial and fungal genomic DNA), induced respiration, selected enzyme activity was studied in the experimental garden and compared against non-remediated soil. The functioning of remediated soil as a plant substrate was not impaired. Somewhat lower enzyme activity was measured in remediated soil even after three cropping/fertilization seasons. Leachability of pollutants was monitored using lysimeters; very small part of residual toxic metals was mobilized and leached during the field experiment. The growth of Chinese cabbage, onion, cauliflower, green pea, spinach, tomato, basil, green paper and other vegetables and toxic elements uptake into the plants green parts and roots were measured. In general remediation effect plant biomass, but also decreases the concentration of toxic metals in eatable part of plants below levels stipulated by EU legislation. Colonization of plant roots with mycorrhizal fungi was decreased in remediated soil. Plant physiology assessed by leaf gas-exchange and chlorophyll fluorescence was not affected in most plants except in spinach.

### 3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu<sup>2</sup>

V projektu smo si zadali sledeče naloge / hipoteze:

1.

*Pridobitev remediiranih vrtnih tal: remediacija tal, načrtovanje eksperimentalnih gred. Remediirana tla je mogoče revitalizirati z gnojenjem in dodatki za izboljšavo talnih lastnosti.*  
Za potrebe eksperimentov smo pridobili s Pb, Zn in Cd onesnažena tla iz Žerjava v Mežiški dolini. Uporabili smo srednje onesnažena tla iz aktivnih vrtičkov s 1500 mg/kg Pb kot glavnega onesnažila ter močno onesnažena tla s >5000 mg/kg Pb. Tla smo uspešno remediirali (približno 3500 kg vsakega od obeh tipov) pri čemer smo odstranili cca. 75% Pb in Cd in do 35% Zn, po remediaciji preostale nevarne kovine pa so bile vezane na biološko manj-dosegljive talne frakcije. Remediirana tla smo testirali v 4. eksperimentalnih gredicah (1.2 x 5 x 0.3 m) ter v kolonskih ter lončnih poskusih ter lastnosti in kakovostne parametre primerjali z originalnimi tlemi. Remediirana tla smo v precejšnji meri uspešno revitalizirali z dodajanjem specifičnih in kompleksnih gnojil, komposta, hidrogela, vermikulita, absorbentov ter naravno pridobljenih kultur ter komercialnih inokulumov arboskularnih mikoriznih gliv.

2.

*Določevanje kakovosti remediiranih vrtnih tal po postopku in med procesom staranja in situ je možno s spremljanjem: pedoloških lastnosti, fizikalno-kemijskih lastnosti, bioloških lastnosti, toksikoloških parametrov, eko-toksikoloških parametrov.*  
Pedološke lastnosti remediiranih in originalnih tal smo določevali z metodami standardne pedološke analize (pH, tekstura, delež organske snovi, fosfatov, nitratov, kationska izmenjevalna kapaciteta). Fizikalne lastnosti smo določevali z ugotavljanjem vrste, velikosti in stabilnosti strukturnih agregatov, merjenjem vodnega potenciala v tleh ter hidravlične prevodnosti. Biološke lastnosti smo ugotavljali z merjenjem inducirane dihanja in specifičnih encimskih aktivnosti. (Eko) toksikološke metode so obsegale raziskave biološke dosegljivosti strupenih kovin *in vitro* (DTPA test potencialne fito-dosegljivosti in UBM ter PBET testa za ugotavljanje dosegljivosti kovin pri ljudeh preko požiranja in vdihovanja talnih delcev) in *in vivo* s kopenskimi rakci enakonožci (*Porcello scaber*) kot bioindikatorskim organizmom. Rezultati meritev so pokazali na ustreznost izbranega multi-disciplinarnega metodološkega pristopa za ugotavljanje kakovosti in funkcioniranja tal po remediaciji. Izbrane teste: pedološke lastnosti, encimske aktivnosti ter UBM teste smo in jih še uporabljamo pri spremljanju (več-letne) dinamike spreminjanja lastnosti in funkcioniranja remediiranih tal.

3.

*Vrtnine in poljščine pridelane na remediiranih tleh: čebulnice, industrijske rastline, kapusnice, plodovke, solatnice, stročnice, špinačnice, zdravilne in aromatične rastline so varne za uporabo.*  
Na hipotezo smo delno pritrdilno odgovorili z merjenjem Pb, Zn in Cd v koreninah, nadzemnih delih in užitnih delih poljščin in vrtnin. Vsebnost Pb in Zn pri rastlinah gojenih na remediiranih tleh je pri veliki večini rastlin padla pod zakonsko določene koncentracije (rastline gojene na originalnih - onesnažernih tleh so skoraj vedno vsebovale presežne koncentracije nevarnih kovin). Vsebnost Cd je bila pri nekaterih rastlinah kljub remediaciji tal nad zakonsko določenimi mejami, kar zahteva dodatne raziskave o imobilizaciji v tleh preostalega Cd (npr. z dodatki fosfatov in drugih absorbentov) ali pa izbor rastlin z manjšo sposobnostjo prevzema Cd. .

4.

*Raziskave rasti in stanja rastlin zraslih na remediiranih tleh: rastlinska biomasa, stanje rastlin in fotosintetska aktivnost*

Večina rastlin je na remediiranih tleh rasla slabše – izmerili smo manjšo biomaso in ugotovljali simptome kloroze. Slabša rast je bila predvsem posledica odstranitve mikro-hranil iz tal, predvsem Mn, med postopkom remediacije, ki je posledica ne-specifične narave kelatnega liganda (EDTA). Deloma je bil vzrok za slabšo rast tudi poslabšanje fizikalnih lastnosti tal - predvsem razpad strukturnih agregatov ter izguba dela mikrobne aktivnosti – predvsem mikoriznih gliv. Metoda spremljanja stanja (potenciala) rastlin z merjenjem fotosinteznih aktivnosti (kombinirano merjenje izmenjave plinov in fluorescence) se je izkazala kot primerna predvsem pri raziskavah revitalizacije remediiranih tal s hranili in drugimi dodatki.

5.

*Ekologija remediiranih tal: struktura in funkcija združb talnih (mikro)organizmov, mikorizne združbe, se s časom dinamično spreminja .*

Dimaniko strukture mikrobnih populacij smo spremljali na osnovi analize DNA. Ugotovili smo, da že v razmeroma kratkem časovnem obdobju poremediaciji pride do ponovne vzpostavitve prvotne strukture mikrobnih populacij, pri čemer pa je mikrobnna biomasa manjša – verjetno zaradi spremenjenih pogojev v remediiranih tleh (hranila, fizikalne lastnosti). Dinamike spreminjanja talne mikro-, mezo- in makro-favne (ekoloških zaporedij) nam zaradi časovno omejenega trajanja projekta ni uspelo sistematično raziskati, ugotovili pa smo uspešno naselitev nekaterih ključnih vrst, predvsem več vrst deževnikov.

6.

*Razvoj nove tehnologije remediacije z recikliranjem liganda: optimizacija procesnih spremenljivk, optimizacija strategije ekstrakcije tal, razvoj elektrolitske celice, tehnologije separacije, strategija remediacije, povečevanje tehnologije iz laboratorijskega v večja merila, remediacija dvojno onesnaženih vrtnih tal.*

Pokazali smo, da je v pH gradientu (pH 12 – pH 2) iz uporabljene pralne raztopine možno reciklirati večji del EDTA v obliki Ca-EDTA, z uporabo elektrokemijskih naprednih oksidacijskih procesov (EAOP) pa tudi procesno vodo za pralno raztopino in kot čisto vodo za izpiranje z EDTA-mobiliziranih kovin iz remediiranih tal. Za EAOP smo razvili pretočno grafitno (anoda) elektrolitsko celico. V laboratorijskem merilu smo uspešno optimizirali procesne spremenljivke (pH, koncentracije reaktantov, razmerje tekoče –trdno, čas ekstrakcije, separacijske spremenljivke) in jih uspešno prenesli in uporabili v pilotnem merilu. Izvedli smo začetne raziskave remediacije dvojno onesnaženih tal. V ta namen smo vrtna tla iz Žerjava v Mežiški dolini industrijsko onesnažena s Pb, Zn in Cd umetno onesnažili še z naftalenom (poliaromatski ogljikovodik).

#### 4. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev<sup>2</sup>

Cilje projekta smo v skladu s predlaganim programom skoraj v celoti realizirali. Nekateri raziskave: remediacija dvojno ( z nevarnimi kovinami in z organskimi onesnažili) onesnaženih vrtnih tal, gojenje nekaterih rastlin na remediiranih tleh in spremljanje spreminjanja združb (ekološkozaporedje) na remediiranih tleh pa še potekajo.

#### 5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine<sup>4</sup>

Predlagana in sprejeta je bila pridružitev nove raziskovalne organizacije Envit doo projektne skupini. Razširitev projektne skupine je bila potrebna zaradi razvoja nove tehnologije pranja tal, ki je zahtevala raziskovanje na večjem, pilotnem merilu. Envit doo je poleg znanja in raziskav prispeval tudi opremo, ki je razvoj nove tehnologije omogočila. Razvoj je privedel do mednarodne PCT patentne aplikacije nove tehnologije pranja tal, ki ga predstavljamo kot izjemni družbeno-ekonomski dosežek.

#### 6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine<sup>5</sup>

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	7007609	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Pranje s kovinami onesnaženih vrtnih tal z EDTA v pilotnem merilu
		ANG	Pilot-scale washing of metal contaminated garden soil using EDTA
	Opis	SLO	pilotnem merilu smo preizkusili novo tehnologijo za remediacijo vrtnih tal z visoko vsebnostjo finih delcev kot neobnovljivega naravnega vira. Dosegli smo visoko učinkovito odstranjevanje Pb Zn in Cd ter uvedli separacijo trdne frakcije tal od procesne tekočine ob hkratnem izpiranju tal v eni sami stopnji postopka
		Novel remediation technology for fines rich garden soil as a nonrenewable natural resource was tested in a pilot scale. Efficient	

		ANG	treatment of multimetal; Pb, Zn and Cd contaminated soil was achieved. Soil liquid separation combined with soil rinsing in the same process step was introduced.
	Objavljeno v		Elsevier Scientific Publ. Co.; Journal of hazardous materials; 2012; Vol. 215-216; str. 32-39; Impact Factor: 3.925;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.989; A'': 1;A': 1; WoS: IH, IM, JA; Avtorji / Authors: Voglar David, Leštan Domen
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
2.	COBISS ID	6927993	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Nova metoda recikliranja EDTA in procesnih vod po pranju s kovinami večkratno onesnaženih tal
		ANG	Novel EDTA and process water recycling method after soil washing of multi-metal contaminated soil
	Opis	SLO	Razvit je bil nov postopek pranja s kovinami onesnaženih tal. Metoda temelji na recikliranju liganda EDTA v pH gradientu in recikliranju procesnih vod z uporabo naprednih oksidacijskih postopkov v zaprti procesni zanki.
		ANG	Novel washing method of metal contaminated soils was developed. Method is based on recycling chelant EDTA in a pH gradient and recycling of process waters using advanced oxidation methods in a closed process loop.
	Objavljeno v		Elsevier Scientific Publ. Co.; Journal of hazardous materials; 2012; Vol. 201-202; str. 273-279; Impact Factor: 3.925;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.989; A'': 1;A': 1; WoS: IH, IM, JA; Avtorji / Authors: Pocięcha Maja, Leštan Domen
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	6989177	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Elektrokemijsko procesiranje odpadnih voda po pranju tal z raztopino EDTA
		ANG	Electrochemical treatment of spent solution after EDTA-based soil washing
	Opis	SLO	Različni elektrodni materiali: z borom dopirana diamantna anoda, grafitna anoda, žrtvovana Fe anoda so bili preizkušeni v elektrokemijskih in Fentonovi reakciji podobnih naprednih oksidacijskih postopkih za čiščenje odpadnih voda po pranju tal.
		ANG	Different electrode materials: boron doped diamond anode, graphite anode, Fe sacrificial anode were examined in electrochemical and Fenton reaction like advanced oxidation processes for treatment of waste waters generated after soil washing.
	Objavljeno v		Pergamon Press.; Water research; 2012; Vol. 46, Issue 6; str. 1999-2008; Impact Factor: 4.655;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.409; A'': 1;A': 1; WoS: IH, JA, ZR; Avtorji / Authors: Voglar David, Leštan Domen
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID	7831417	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Vpliv pranja z EDTA na s kovinami onesnažena vrtna tla 1 del toksično tveganje in učinek na talne lastnosti
		ANG	Effect of EDTA washing of metal polluted garden soils. Part I: Toxicity hazards and impact on soil properties
			Uporabili smo več-nivojski pristop za ugotavljanje kakovosti, toksičnosti in funkcioniranja s Pb, Zn in Cd onesnaženih / remediiranih tal iz zelenjavnega vrta v Mežiški dolini. S pranjem tal smo uspešno odstranili del nevarnih

	Opis	SLO	kovin, ki je bil šibkeje vezan na talne frakcije in s tem zmanjšali nevarnost, ki jo remediirana tla predstavljajo za okolje in ljudi. Vendar pa smo z ekstrakcijo odstranili tudi del esencialnih mikrohranil, nujnih za talne organizme. Skupaj z zmanjšano sposobnostjo tal za zadrževanje vode tako potencialna funkcionalnost tal ni bila v celoti povrnjena.
		ANG	We applied multi-level approach to access the quality, toxicity and functioning of Pb, Zn and Cd contaminated / remediated soil from vegetable garden in Meza Valley, Slovenia. Soil washing successfully removed labile forms of Pb, Zn and Cd and thus lowered the human and environmental hazard of remediated soil; however remediation also extracted the trace elements essential for soil biota. Conjointly with lowered water potential soil health was not completely restored.
	Objavljeno v	Elsevier; Science of the total environment; 2014; Vol.; v tisku; Impact Factor: 3.258;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.077; A': 1; WoS: JA; Avtorji / Authors: Jelušič Maša, Leštan Domen	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
5.	COBISS ID	7831673	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Vpliv pranja z EDTA na s kovinami onesnažena vrtna tla. 2. del: ali lahko remediirana tla uporabimo kot rastlinski substrat?
		ANG	Effect of EDTA washing of metal polluted garden soils. Part II: Can remediated soil be used as a plant substrate?
	Opis	SLO	Raziskali smo performanco rastlin na onesnaženih / remediiranih tleh ter varnost pridelka. Dve eksperimentalni gredici (4×1×0.3 m) smo napolnili z remediiranimi in originalnimi tlemi ter izbrani rastlinski kultivar rotirali v razdobju 16 mesecev. Z ASS smo določili prevzem Pb, Zn, Cd in mikrohranil v rastline, z DTP-testom pa njihovo bio-dosegljivost. Performanco rastlin smo določali z merjenjem fluorescence klorofila in izmenjave plinov ter določevanjem koloniziranosti korenin z mikoriznimi glivami. Remediacija je zmanjšala vnos Pb v rastline pod zakonsko določene meje. Potrebni so postopki, ki bi zmanjšali vnos ostalih strupenih kovin v rastline in tla revitalizirali.
		ANG	We studied plant performance on contaminated / remediated soil, and safety of crops produced. Two experimental plots 4×1×0.3 m were filled with remediated and original soil. Selected cultivars were rotated within 16 months. Pb, Zn, Cd and micronutrient plant uptake was measured by AAS and their phytoaccessibility by DTPA method. Plant fitness was assessed by chlorophyll fluorescence and gas exchange measurements and evaluation of root colonization with mycorrhizal fungi. Remediation reduced plant uptake of Pb bellow concentration stipulated by legislation. Measures to reduce plant accumulation of other toxic metals and to revitalize remediated soil are needed.
Objavljeno v	Elsevier; Science of the total environment; 2014; Vol.; v tisku; Impact Factor: 3.258;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.077; A': 1; WoS: JA; Avtorji / Authors: Jelušič Maša, Vodnik Dominik, Maček Irena, Leštan Domen		
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		

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

	Družbeno-ekonomski dosežek		
1.	COBISS ID	3251622	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Ponovna uporaba EDTA po pranju onesnaženih tal

		ANG	Reuse of EDTA after soil washing
Opis		SLO	Postopek rešuje problem recikliranja EDTA in procesne raztopine po ekstrakciji s kovinami in organskimi spojinami onesnaženih tal. Uporabljen je bil postopek izobarjanja EDTA v pH gradientu in recikliranja procesne raztopine v metodami naprednih oksidacijskih postopkov.
		ANG	The process solves problem of recycling of EDTA and process waters after extraction of metal and organic pollutants contaminated soil. The method of EDTA precipitation in a pH gradient and treatment of process solutions using advanced oxidation processes was applied.
Šifra	F.09 Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije		
Objavljeno v	Urad Republike Slovenije za intelektualno lastnino; 2013; 23 f, [1] f.; Avtorji / Authors: Leštan Domen, Pociеча Maja, Voglar David, Finžgar Neža		
Tipologija	2.24 Patent		
2.	COBISS ID	3488678	Vir: COBISS.SI
Naslov		SLO	Pranje onesnaženih tal
		ANG	Washing of contaminated soils
Opis		SLO	Razvita je nova tehnologijo pranja z nevarnimi kovinami onesnaženih tal s kelatnim ligandom EDTA, pri čemer smo ligand reciklirali v pH gradientu, procesno vodo pa z metodami elektrokemijskih naprednih oksidacijskih postopkov. Nova tehnologija omogoča učinkovito odstranjevanje nevarnih kovin iz tal brez nastajanja odpadnih vod.
		ANG	Novel technology was developed for washing of metal contaminated soils using chelating agent EDTA where EDTA is recycled in a pH gradient and process waters using advanced oxidation methods. Novel technology effectively removes toxic metals from soils and generates no waste waters.
Šifra	F.09 Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije		
Objavljeno v	Interantional Bureau of WIPO; 2012; Loč. pag.; Avtorji / Authors: Leštan Domen		
Tipologija	2.23 Patentna prijava		
3.	COBISS ID	6497913	Vir: COBISS.SI
Naslov		SLO	Postopek elektrokemijskega recikliranja EDTA po pranju tal
		ANG	Electrochemical recycling of EDTA after soil washing
Opis		SLO	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.
		ANG	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.
Šifra	F.09 Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije		

	Objavljeno v	Urad RS za intelektualno lastnino; 2011; 1 listina; Avtorji / Authors: Leštan Domen, Pociеча Maja, Voglar David	
	Tipologija	2.24 Patent	
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 biloško dosegljivost nevarnih kovin. Hkrati se fizikalne, kemijske in biološke lastnosti tal ter funkcioniranje tal (določene z merjenjem specifičnih aktivnosti talnih encimov) ni bistveno spremenilo ali poslabšalo.
		ANG	Different soil amendments efficiently reduced toxic metal bioaccessibility 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	3615910	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Uporaba elektrokemijskih procesov pri remediaciji tal, onesnaženih s kovinami
		ANG	Use of electrochemical processes in remediation of metal contaminated soils
	Opis	SLO	Mentor doktorandom od leta 2010:  VOGLAR David COBISS.SIID 3615910  VOGLAR, Grega E. COBISS.SIID 766327  POCIECHA, Maja. COBISS.SIID 261456384. Jesenkova nagrada za najboljšo doktorandtko Biotehniške fakultete v letu 2011, L'Orealova UNESCO štipendija za ženske v znanosti 2012  ZAPUŠEK NOVAK, Urška. COBISS.SIID 6771577  TICA, Dragana COBISS.SIID 786039
		ANG	Mentor of Ph D. students since 2010:  VOGLAR David COBISS.SIID 3615910  VOGLAR, Grega E. COBISS.SIID 766327  POCIECHA, Maja. COBISS.SIID 261456384. Jesenko award for the best PhD student at Biotechnical faculty in 2011, L'Oreal UNESCO stipend for women in science 2012  ZAPUŠEK NOVAK, Urška. COBISS.SIID 6771577  TICA, Dragana COBISS.SIID 786039
	Šifra	D.09 Mentorstvo doktorandom	
	Objavljeno v	[D. Voglar]; 2013; VIII, 115 f.; Avtorji / Authors: Voglar David	



Tipologija	2.08	Doktorska disertacija
------------	------	-----------------------

## 8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine<sup>7</sup>

## 9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine<sup>8</sup>

### 9.1. Pomen za razvoj znanosti<sup>9</sup>

SLO

Onesnaženje tal, ki ga povzročamo z velikimi količinami antropogenih onesnažil in kemikalij, ki so vsidrana v kmetijska in urbana tla, postaja vedno večji svetovni problem. Številna mesta v Evropi so nastala iz industrijskih jeder in so tako podedovala dolgo zgodovino industrijalizacije in z njo povezano onesnaženje tal. Posebno strupene kovine (tako imenovane težke kovine) so pomemben razlog za zaskrbljenost saj so nerazgradljive in tako v tleh ostajajo.

Zgodovinsko je bil izkop in odlaganje onesnaženih tal (dig and dump) najpogosteje uporabljena in najhitrejša rešitev za onesnažena območja. Vendar pa uveljavljanje evropske direktive o odlaganju odpadkov (Landfill Directive, 1999/31/EC) takšno prakso močno omejuje in s tem povečuje potrebo po drugačnih tehnologijah, ki bi zadovoljile zahteve po remediaciji. V okviru projekta smo v laboratorijskem in potem v pilotnem merilu uspešno demonstrirali učinkovitost nove tehnologije pranja tal s kelatnim ligandom etilendiamin tetraacetatom (EDTA) za tla iz Mežiške doline onesnažena s Pb, Zn in Cd. Nova tehnologija omogoča recikliranje EDTA in procesnih vod s kombinacijo reakcij substitucije in izobarjenja v pH gradientu. Uporaba elektrokemijskih naprednih oksidacijskih postopkov omogoča popolno očiščenje vode in s tem zaprtost procesnega toka brez izpusta odpadnih vod. Uporaba Ca (OH)<sub>2</sub> in H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> kot bazno - kislinskega para preprečuje akumulacijo dodanih reagentov po zaporedju šarž remediacije tal in recikliranja, saj presežne reagente iz procesa izločimo z izobarjenjem slabo topne sadre (CaSO<sub>4</sub>).

Čeprav remediacija z EDTA učinkovito zmanjšuje tveganje za ljudi in za izpiranje onesnažil pa se skupaj s strupenimi kovinami odstranijo tudi mikrohranila in uničena je večina talne favne ter struktura tal. V okviru projekta smo raziskali kakovost (kemijski, fizikalni in biološki parametri), založenost in dosegljivost hranil in funkcioniranje tal po remediaciji. Za revitalizacijo remediiranih tal iz Mežiške doline smo raziskali učinkovitost dodatka kompleksih in specifičnih gnojil, različnih strategij gnojenja, kompostov, mikrobnih inokulantov in drugih dodatkov.

V projektu smo dokazali, da je tla iz Mežiške doline možno učinkovito remedirati in s tem zmanjšati vsebnost in strupenost nevarnih kovin. Ugotovili smo, da remediirana tla iz Mežiške doline lahko uspešno revitaliziramo v rodoviten, zdrav in varen rastlinski substrat.

ANG

Soil contamination, caused by the large amounts of manmade pollutants and chemicals that are being anchored into agricultural and urban soils every day, is becoming a major problem. Many cities in Europe formed from an industrial nucleus and have inherited a long industrial history and an associated legacy of urban soil contamination. In particular toxic metals (commonly referred as heavy metals) are the main causes of concern as they are nondegradable and persists in the soil.

Historically, excavation to landfill (dig and dump) has been the solution, offering a quick removal mechanism of a pollution source in the soil. Europe is now implementing the Landfill Directive (1999/31/EC) with heavy restriction on landfill and other treatments are needed to meet the need for remediation. Recently we demonstrated, first in laboratory and after in a pilots-scale level, the performance of the novel chelant-based soil washing technology for remediation of multi-metal (Pb, Zn and Cd,) contaminated soils from Meza Valley, Slovenia. In this novel technology the chelant (ethylenediamine tetraacetate, EDTA) and process water recycling relies on a combination of substitution / precipitation reactions in an imposed pH

gradient for EDTA recovery, and on electrochemical polishing of process waters for total water recycle in a closed loop. By using  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  and  $\text{H}_2\text{SO}_4$  as the base / acid pair the accumulation of added reagents in the process water after multiple soil remediation batches/recycles is prevented by precipitation and removal of poorly soluble  $\text{CaSO}_4$  during the process.

Even though EDTA remediated soil effectively lowers the human health risk and leaching hazard, the remediated soil are deprived of micronutrients (removed collaterally with toxic metals) and most of the microbial life (depressed in stringent conditions of soil extraction) and has disturbed soil structure. Within the project the quality (chemical, physical and biological parameters), nutritional status and functioning of remediated soil was investigated. For revitalization of remediated soil complex and specific fertilizers, different fertilization strategies, composts, microbial inoculants and other amendments were investigated.

Results of this project confirmed the (technical and economic) feasibility of effective remediation of toxic metal contaminated soils from Meza Valley. Soil concentration and availability (toxicity) of Pb Zn and Cd were significantly reduced. We confirmed the feasibility of revitalization measures to restore remediated soil into productive, fertile, healthy and safe plant substrate.

## 9.2. Pomen za razvoj Slovenije<sup>10</sup>

SLO

Mežiška dolina z opustelimi rudarniški in topilniškimi objekti in deponijami obsega pribl. 50 km<sup>2</sup> v severnem delu Slovenije. Specifična topologija in 500-letno rudarjenje in topljenje svinca sta povzročila onesnaženje celotne doline. Dolina je dom 6000 prebivalcem v treh večjih naseljih: Mezici, Crni in Žerjavu (s koncentracijo P v v tleh do 8000 mg kg<sup>-1</sup> je to najbolj onesnažen kraj), kjer koncentracija Pb v tleh presega kritične vrednosti opredeljene z zakonodajo.

Prve meritve vsebnosti Pb v krvi prebivalcev Mežiške doline so bile izvedene v letih 1974 – 1976. Povprečna koncentracija Pb v krvi predšolskih otrok je presegala 400 µg-l. Z letom 2007 se je zato začeli izvajati državni program sanacije Mežiške doline, ki pa kljub izvedenim ukrepom ni prinesel zmanjšanja števila otrok, pri katerih je bila ugotovljena vrednost Pb v krvi večja kot 100 ng L<sup>-1</sup>, ki jo kot nevarno prepoznava zakonodaja. .

Za napoved tveganja povečane koncentracije Pb v krvi pri otrocih, ki živijo v onesnaženih okoljih je Ameriška okoljska agencija razvila integrirani biokinetični model za določevanje vnosa Pb (IEUBK). Z uporabo projektnih podatkov smo ugotovili da je onesnaženost tal s Pb glavni vzrok za povišano vsebnost Pb v krvi otrok iz Mežiške doline. Za tla iz Mežiške doline smo v okviru projekta razvili tehnično in ekonomsko izvedljivo tehnologijo remediacije takih tal. Geostatistična simulacija je nadalje pokazala, da onesnažena tla pokrivajo površino 19.4 km<sup>2</sup> in da je z remediacijo možno zmanjšati površine s preseženimi kritičnimi koncentracijami Pb (530 mg kg<sup>-1</sup>) za 91%.

Cilj projekta je bil tudi raziskati možnosti remediacije (pranje tal z EDTA) za zmanjšanje tveganja zastrupitve s Pb pri otrocih iz Mežiške doline. Podatke o celokupnih in bio-dosegljivih koncentracijah Pb iz številnih lakacijah v Mežiški dolini smo uporabili v EUBK modelu ter napovedali koncentracije Pb v krvi otrok pred in po remediaciji. Povprečne koncentracije Pb pred in po remediaciji so bile 93 in 48 µg L<sup>-1</sup>, 244 in 144 µg L<sup>-1</sup> ter 115 in 54 µg L<sup>-1</sup> za Mezico, Žerjav in Črno. Rezultati projekta so tako pokazali, da ima (razen v Žerjavu) izvedba remediacije tal potencial, da omogoči zmanjšanje koncentracije Pb v krvi otrok iz Mežiške doline pod dovoljeno varno mejo.

Pri projektu je kot partner sodelovalo podjetje Envit okoljske tehnologije in inženiring doo. Envit je t.i. SME in ima tudi status zasebne raziskovalne organizacije. Podjetje je leta 2010 prejelo nagrado za najboljše startup podjetje v Sloveniji. Envit doo je vodilni partner Life+ projekta ReSoil razvoj in demonstracija remediacijskega obrata kapacitete 6 ton na dan v Mežiški dolini (LIFE 12 ENV/SI/000969), ki temelji na lastni patentirani tehnologiji, ki jo je Evit doo razvil v okviru projekta.

Projekt je ponudil študentom priložnost, da kot del projektne skupine opravljajo svoje raziskovalno delo. Med izvajanjem projekta je diplomiralo 8, magistriral 1 in doktoriralo 6 študentov.

ANG

The Meza Valley encompasses approximately 50 km<sup>2</sup> in northern part of Slovenia and includes abandoned lead mining and smelting industrial complex and numerous confined and unconfined deposits. Specific topology and 500-years of mineral industry releases resulted in metal contamination of soils across all region. The site is home to more than 6000 people in three residential communities. Cities of Mezica, Crna and Zerjav (with Pb soil concentration up to 8000 mg kg<sup>-1</sup>) were developed around historically known locations of past Pb smelters. All three areas exhibit soil Pb concentrations well above critical value stipulated by Slovenian legislation.

First analyses of blood Pb concentrations for the inhabitants of the Meza Valley were carried out during 1974 – 1976. The median blood Pb concentration of preschool children was over 400 µg-l. In 2007 the on-going Action program for improving the quality of the environment in Meza Valley was implemented. Despite accepted measures results of annual surveys of Pb blood concentration indicated that the number of children with levels higher than 100 ng L<sup>-1</sup>, stipulated by Slovenian legislation as hazardous, did not significantly change.

To predict the risk of elevated blood Pb levels in children which are exposed to Pb USEPA introduced the Integrated Exposure Uptake Biokinetic (IEUBK) model. Using this model we concluded that Pb soil contamination is the main environmental factor explaining the elevated Pb blood level in children in the Meza Valley. For soils from Meza Valley we developed technically and economically feasible remediation technology. Geostatistical simulations showed that the contaminated area covers 19.4 km<sup>2</sup> and that soil remediation has the potential to reduce the area with Pb above the critical regulatory threshold limit (530 mg kg<sup>-1</sup>) by 91%.

The aim of current study was to investigate the potential of EDTA-based soil remediation in Meza Valley to reduce children's risk from Pb poisoning. The total soil Pb concentration and concentration of bio-available Pb before and after EDTA extraction of soils from multiple locations in cities of Mezica, Zerjav and Crna in Meza Valley were measured and used in IEUBK model to predict Pb blood level in children before and after soil remediation. Mean blood Pb level before and after remediation was 93 and 48 µg L<sup>-1</sup>, 244 and 144 µg L<sup>-1</sup>, 115 and 54 µg L<sup>-1</sup> for Mezica, Zerjav, Crna, respectively. The results of our study therefore indicate that except for city of Zerjav, the soil remediation has potential to decrease the blood Pb concentration in children under the level of concern.

As a project partner Envit nvironmental technologies and engineering Ltd cooperated with Biotechnical Faculty, University of Ljubljana. Envit Ltd is an SME and has status of a private research organisation. The company was awarded in 2010 as the best startup company in Slovenia. Envit Ltd is leading partner in Life+ project ReSoil – development of demonstrational soil remediation facility with capacity 6 ton of soil per day in Meza Valley, Slovenia (LIFE 12 ENV/SI/000969)., based on patented technology developed largely within this completed project.

Opportunity was give to pre-graduate and graduate students to work as a part of the project team. During the project 9 diploma (M.Sc) and 6 doctoral (Ph.D.) theses were completed.

**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		
<b>F.01</b>	<b>Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>

	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.02</b>	<b>Pridobitev novih znanstvenih spoznanj</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.03</b>	<b>Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.04</b>	<b>Dvig tehnološke ravni</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.05</b>	<b>Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.06</b>	<b>Razvoj novega izdelka</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.07</b>	<b>Izboljšanje obstoječega izdelka</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.08</b>	<b>Razvoj in izdelava prototipa</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.09</b>	<b>Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.10</b>	<b>Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE

	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.11</b>	<b>Razvoj nove storitve</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.12</b>	<b>Izboljšanje obstoječe storitve</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.13</b>	<b>Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.14</b>	<b>Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.15</b>	<b>Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input 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 type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.17</b>	<b>Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.18</b>	<b>Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

<b>F.19</b>	<b>Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.20</b>	<b>Ustanovitev novega podjetja ("spin off")</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.21</b>	<b>Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input 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 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 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 type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.25</b>	<b>Razvoj novih organizacijskih in upravljaljskih rešitev</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.26</b>	<b>Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljaljskih rešitev</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.27</b>	<b>Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input 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 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 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 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 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 type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.33</b>	<b>Patent v Sloveniji</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.34</b>	<b>Svetovalna dejavnost</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.35</b>	<b>Drugo</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

**Komentar**


---

--

**11. 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 type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo: <input style="width: 150px;" type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.02</b>	<b>Gospodarski razvoj</b>					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.12.	Drugo: <input style="width: 150px;" type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.03</b>	<b>Tehnološki razvoj</b>					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.04.	Drugo: <input style="width: 150px;" type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.04</b>	<b>Družbeni razvoj</b>					
G.04.01	Dvig kvalitete življenja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.06.	Drugo: <input style="width: 150px;" type="text"/>	<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>					
	<b>Varovanje okolja in trajnostni</b>					



<b>G.06.</b>	<b>razvoj</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.07</b>	<b>Razvoj družbene infrastrukture</b>					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.08.</b>	<b>Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva</b>	<input 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**

--

**12.Pomen raziskovanja za sofinancerje<sup>11</sup>**

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

**13.Izjemni dosežek v letu 2013<sup>12</sup>****13.1. Izjemni znanstveni dosežek**

JELUŠIČ, Maša, VODNIK, Dominik, MAČEK, Irena, LEŠTAN, Domen. Effect of EDTA washing of metal polluted garden soils. Part II, Can remediated soil be used as a plant substrate?. Science of the total environment, 2014, vol. 475, str. 142-152. [COBISS.SI-ID 7831673]

**13.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek**

LEŠTAN, Domen. Washing of contaminated soils : international application no.: PCT/SI201200039, filing date 14. 6. 2012. Geneva: Interantional Bureau of WIPO, 2012. [COBISS.SI-ID 3488678]

Patentna prijava je trenutno v postopkih pred vec nacionalnimi patentnimi uradi. Vložene so prijave v ZDA. Kanadi in vec drzavah EU.

## 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	11.4.2014
-----------	-----------

### Oznaka prijave: ARRS-RPROJ-ZP-2014/89

---

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

<sup>2</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>3</sup> Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)

<sup>4</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>5</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>6</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>7</sup> 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](#)

<sup>8</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>9</sup> Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)

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

<sup>11</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>12</sup> Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega projekta v letu 2013 (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/2014 v1.03

91-A5-0B-28-18-0A-A0-58-DB-FC-F4-F5-17-08-C5-FF-23-FE-0F-9A

## **Priloga 1**

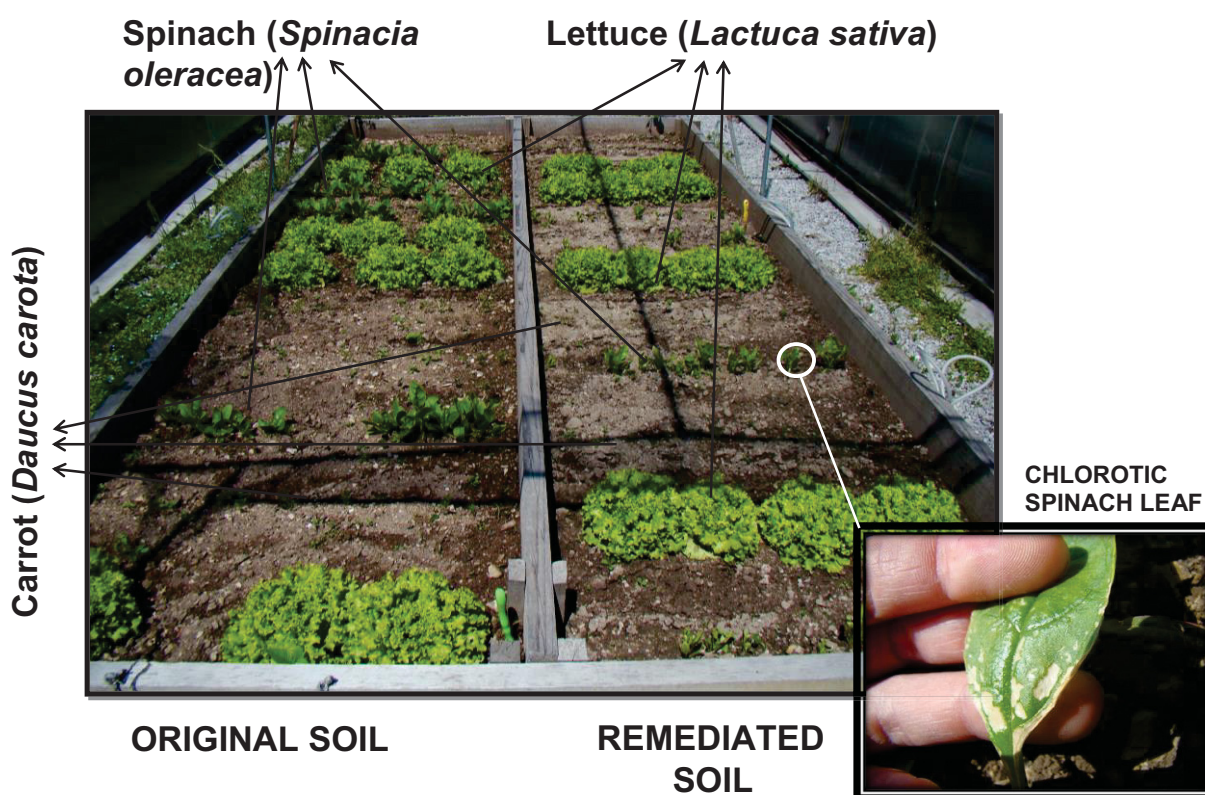
# BIOTEHNIKA

## 4.03 Rastlinska produkcija in predelava

### 4.03.02 Tla in mikroklima

**Dosežek:** JELUŠIČ, Maša, VODNIK, Dominik, MAČEK, Irena, LEŠTAN, Domen. Effect of EDTA washing of metal polluted garden soils. Part II, Can remediated soil be used as a plant substrate?. Science of the total environment, 2014, vol. 475, str. 142-152. [COBISS.SI-ID 7831673]

#### 1 season, 2<sup>nd</sup> cropping (fertilized: compost)



Danes smo priča globalnemu razcvetu urbane hortikulture, vrtničarstva in kmetijstva pri vseh socialno-ekonomskih skupinah in tudi na onesnaženih tleh. Nova praksa izpolnjuje več funkcij; od pridelave hrane do večje kohezivnosti lokalnih skupnosti in blaženja socialno-ekonomskih napetosti. Hkrati pa raziskave kažejo, da vsebnost strupenih kovin v zelenjavi in poljščinah pridelanih na urbanih zemljiščih pogosto presega evropske zakonsko dovoljene vrednosti. Nova tehnologija omogoča remediacijo onesnaženih vrtnih tal, ki vsebujejo visoke deleže glinenih mineralov, organske snovi in drugih drobnih talnih frakcij, kar je sicer značilnost rodovitnih tal. Kot modelna tla za remediacijo smo uporabili onesnažena tla aktivnih vrtničkov iz Žerjava v Mežiški dolini. V eksperimentalnih gredicah opremljenih z lizimetri smo raziskali primernost remediiranih tal za ozelenitev in vrtnarjenje. Raziskali smo performanco rastlin: rast in nastalo biomasa, stres, fotosintetsko aktivnost ter vnos strupenih kovin v korenine, nadzemne dele ter užitne dele izbranih poljšin in zelenjavnic.

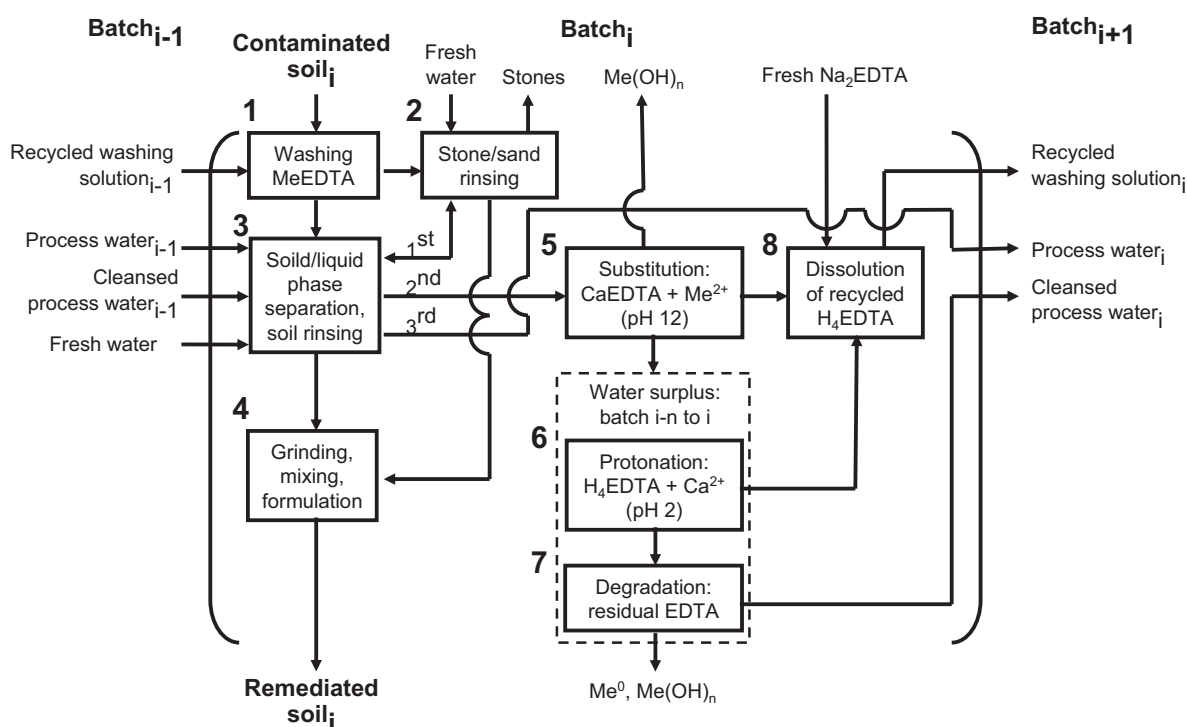
## **Priloga 2**

# BIOTEHNIKA

## 4.03 Rastlinska produkcija in predelava

### 4.03.02 Tla in mikroklima

**Dosežek:** LEŠTAN, Domen. Washing of contaminated soils : international application no.: PCT/SI201200039, filing date 14. 6. 2012. Geneva: Interantional Bureau of WIPO, 2012. [COBISS.SI-ID 3488678]



*Process scheme of the novel soil washing technology: 1. soil washing, 2. separation and rinsing of the process oversize material, 3. phase separation and soil rinsing, 4. treatment of remediated soil, 5. alkaline substitution and metal precipitation, 6. acid precipitation and EDTA recovery, 7. electrolytic degradation of EDTA remaining in the process solution, 8. preparation of the recycled washing solution*

Predmet izuma je postopek "Pranje onesnaženih tal" za čiščenje s strupenimi kovinami onesnaženih tal in sedimentov oziroma njihovih onesnaženih frakcij s pralno raztopino kelatnih ligandov. Kelatni ligandi tvorijo s kovinami vodotopne komplekse tako, da jih iz tal ali sedimenta lahko odstranimo s pralno raztopino. Poleg strupenih kovin postopek po izumu omogoča hkratno odstranjevanje organskih onesnažil iz tal in sedimentov s pralno raztopino, ki poleg kelatnih ligandov vsebuje tudi površinsko aktivne snovi ali organska topila. Postopek po izumu omogoča ločitev trdne faze tal in sedimentov ter procesne raztopine, recikliranje kovinskega liganda in procesnih vod ter njuno ponovno uporabo v zaprti procesni zanki