

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2015/127



## ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

### A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

#### 1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

<b>Šifra projekta</b>	J4-4250
<b>Naslov projekta</b>	Metagenomika za preučevanje in biorudarjenje bakterijskih lakaz za sonaravno ohranjanje okolja
<b>Vodja projekta</b>	5993 Ines Mandič Mulec
<b>Tip projekta</b>	J Temeljni projekt
<b>Obseg raziskovalnih ur</b>	7159
<b>Cenovni razred</b>	D
<b>Trajanje projekta</b>	07.2011 - 06.2014
<b>Nosilna raziskovalna organizacija</b>	481 Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta
<b>Raziskovalne organizacije - soizvajalke</b>	106 Institut "Jožef Stefan" 795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo 2592 ACIES BIO, biotehnološke raziskave in razvoj, d.o.o.
<b>Raziskovalno področje po šifrantu ARRS</b>	4 BIOTEHNIKA 4.03 Rastlinska produkcija in predelava 4.03.03 Voda, kmetijski prostor, okolje
<b>Družbeno-ekonomski cilj</b>	02. Okolje
<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

Lakaze (benzendiol:kisik oksidoreduktaze) so okoljsko in industrijsko pomembni mikrobní encimi, ki ob prisotnosti kisika oksidirajo različne (poli-)fenolne snovi, med drugim lignin, protimikrobne snovi in farmacevtike. So izredno perspektivni encimi za funkcionalizacijo površin. Glivne lakaze so dokaj dobro preučene, zelo malo pa vemo o bakterijskih lakazah. Te so bile glavna tarča raziskav tega projekta, v katerem smo razvili nova molekularna orodja za detekcijo genov bakterijskih lakaz v odpadnih vodah, tleh in genomih ter metagenomih. Z bioinformacijsko analizo 2000 bakterijskih genomov in več metagenomov

smo odkrili 1200 novih potencialnih genov za bakterijske lakaze in pokazali, da so te zelo raznolike, številni geni za te encime so zapisani na plazmidih in imajo signalna zaporedja, kar nakazuje, da so zunajcelični proteini (Ausec in sod., 2011). Iz nabora teh genov smo izbrali 5 kandidatov za nadaljnje raziskave. Dva izmed njih smo uspešno heterologno izrazili, očistili in preučevali na nivoju encima. Lakaza iz bakterije *Thioalkalivibrio* sp. je zanimiva, ker je temperaturno stabilna in ima pH optimum nad pH 9 za oksidacijo 2,6-DMP (Ausec, 2014). Lakaza iz bakterije *Geobacter metalireducens* je prva lakaza, izolirana iz striktnega anaeroba, ima temperaturni optimum pri 60 °C in pH optimum 8 za oksidacijo 2,6-DMP (Verce, 2013). Dinamiko lakaznih genov smo preučili v laboratorijskih bioreaktorjih, tretiranih s farmacevtiki, v katerih smo sledili razgradnji polutantov (Božič in sod., 2014). Farmacevtiki so vplivali na dinamiko in sestavo lakaznih genov proteobakterij (Jerma in sod., v pripravi), medtem ko dodatek lignina v tla ni vplival na sestavo lakaz v talnih mikrokozmi (Mahnič, 2014). V sodelavi s skupino iz Univ. v Lyonu smo razvili novo orodje za iskanje bakterijskih lakaznih genov v metagenomskih knjižnicah s pomočjo hibridizacije na membranah z radioaktivno označenimi sondami (Jackoiod in sod., 2014). V sodelovanju s skupino iz Uni. v Groningenu smo pripravili metagenomsko knjižnico (12000 klonov) iz DNA, izolirane iz tal Ljubljanskega barja. Iz te knjižnice smo nato osamili ter heterologno izrazili en gen, encim pa očistili in okarakterizirali kot prvo lakazo iz bakterije iz debla *Acidobacteria* (Mandic Mulec, vabljen predavanje, FEMS 2013, Ausec in sod., v pripravi). V sodelovanju z Acies Bio smo postavili temelje za heterologno ekspresijo lakaz v aktinomicetah. S partnerji iz Univerze v Mariboru smo preučevali razgradnjo lignina in funkcionalizacijo površin z lakazami. Metodologija funkcionalizacije z glivno lakazo je bila objavljena v Jaušovec in sod., 2015. V sodelovanju s partnerji iz Inštituta Jožef Štefan smo odkrili, da lakaza bakterije rodu *Bacillus* dramatično zmanjša toksičnost bisfenola A (Ausec in sod., članek v pripravi), kar je biotehnoško izredno zanimivo odkritje tega projekta.

ANG

Laccases (benzenediol:oxygen oxidoreductase) are environmentally and industrially important enzymes. They oxidize a variety of important phenolic and polyphenolic substances, such as lignin, antimicrobial compounds and pharmaceuticals. They have shown promising results in the field of surface functionalization. While fungal laccases have been studied in considerable depth, there is little knowledge on bacterial laccases. These were the main focus of this project, which focused on the development of molecular tools to detect novel bacterial laccase genes in waste waters, soils and genomes and metagenomes. Analysis of over 2,000 bacterial genomes and several metagenomes revealed over 1,200 putative genes for bacterial laccases, many of those encoded on plasmids and many with signal peptides indicating their extracellular localization (Ausec et al., 2011). Five putative laccase genes were chosen for further study and two of these were successfully expressed, purified and studied at the level of enzyme. The laccase from the bacterium *Thioalkalivibrio* sp. is a thermostable enzyme with an optimum for the oxidation of 2,6-DMP at pH 9.0 (Ausec, 2014). The laccase from *Geobacter metalireducens*, the first laccase isolated from a strict anaerobe, optimally oxidizes 2,6-DMP at 60 °C and pH 8.0 (Verce, 2013). Laccase genes were studied in laboratory bioreactors treated with pharmaceuticals. Degradation of these pollutants was described (Božič et al., 2014). Only nonspecific changes were observed in composition /diversity of genes for proteobacterial laccases in treated versus non treated bioreactors (Jerma in prep.); no change was also observed in soils due to lignin treatment (Mahnič, 2014). Moreover, the diversity of bacterial laccases was studied in waste water from textile industry, and bacterial strains with laccase activity isolated. A new tool to screen metagenomic libraries for bacterial laccases was developed in collaboration with the partners from the Uni. of Lyon – it is based on hybridization of radio-labeled probes to clones spotted on high-density membranes (Jackquiod, 2014). A metagenomic library of 12,000 clones was prepared in collaboration with the partners from the Uni. of Groningen, based on the DNA isolated from the Ljubljana Marsh soil. After screening, one gene was cloned and expressed, and the enzyme characterized as the first *Acidobacteria*-affiliated laccase (Ausec et al., manuscript in preparation). The foundations were built for heterologous expression of bacterial laccases in *Actinomyces* together with our partners from Acies Bio. Lignin degradation and functionalization of surfaces with bacterial laccases was studied together with partners from University of Maribor (Jaušovec et al., 2015). Last but not least, we discovered that oxidation of Bisphenol A with a laccase from *Bacillus subtilis* drastically reduces its toxicity (with our partners from the IJS), which is of high biotechnological interest.

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

V okviru projekta nam je uspelo doseči vse zastavljene cilje.

V okviru **WP1. Karakterizacija raznolikosti in aktivnosti lakaz v naravnih in**

**onesnaženih okoljih** smo uspeli razviti nove metode za analizo genov za bakterijske lakaze; raziskati sestavo/raznolikost in aktivnost bakterijskih lakaz v izbranih okoljih in pridobiti zbirko sevov z lakazno aktivnostjo.

**Naloga 1.1. Priprava orodja** Razvili smo metodo DGGE (denaturing gradient gel electrophoresis) za monitoring sestave bakterijskih lakaz v okolju in sicer smo razvili pobsem nov par oligonukleotidov Cu1F in Cu2R za pomnoževanje krajših odsekov lakaznih genov [COBISS.SI-ID 4284792], [COBISS.SI-ID 4418936], ki se uporablja v kombinaciji s prej razvitimi bolj široko specifičnimi oligonukleotidi (Cu1F/Cu4R; Ausec in sod., 2011, [COBISS.SI-ID 3874680]). Oba para oligonukleotidov omogočata sledenje bakterijskih lakaz z DGGE, ki so pokazale, da so tla Ljubljanskega barja zelo zanimiva za pripravo metagenomske knjižnice (opisano v WP2).

**Naloga 1.2 Vpliv bogatenja tal z ligninom na sestavo in aktivnost bakterijskih lakaz** V okviru tega projekta smo **testirali hipotezo 1**, da bo obogatitev tal z ligninom in/ali ferulično kislino vplivala na aktivnost mikroorganizmov (fenol oksidazno aktivnost, mikrobnost respiracijo) ter sestavo mikrobnost združbe v tleh (na nivoju genov za 16S rRNA in domnevne proteobakterijske lakaze). V mikrokozmi, pripravljenih s kislimi šotnimi tlemi, smo pokazali, da dodatek lignina ne vpliva na aktivnost fenol oksidaz in celokupno respiracijo mikrobov v tleh. Ferulična kislina je kot lahko razgradljiv substrat signifikantno povišala respiracijo, v nasprotju s pričakovanji pa na neznan način inhibirala reakcijo fenol oksidaz. Pokazali smo tudi, da se DGGE profili s časom inkubacije tal signifikantno spreminjajo ter na dendrogramu časovno ločijo z največjimi spremembami praviloma po enem tednu inkubacije. Iz DGGE gelov za 16S rRNA smo uspešno izrezali ter sekvencirali 13 lis in z orodjem BLAST (NCBI, januar 2013) sekvence uvrstili v rod Burkholderia. **Rezultati so hipotezo 1 ovrgli.** Vključeni so v magistrsko delo A. Mahnič, uspešno zagovarjano leta 2014 [COBISS.SI-ID 4418936], ter opisani v povzetnem članku o mikrobnih združbah tal Ljubljanskega barja: **objavljeno Mandic Mulec in sod., 2014 [COBISS.SI-ID 4389496].**

**Naloga 1.3 Vpliv onesnažil na sestavo, raznolikost in aktivnost bakterijskih lakaz** Predpostavili smo, da farmacevtiki vplivajo na sestavo lakaz in funkcijo ekosistema (**hipoteza 2**), kar smo preverjali v bioreaktorjih s Kaldnes K1 ter Mutag BioChip™ nosilčki inpritrjeno biomaso ter bremenjenih z s farmacevtiki. Razgradnjo polutantov smo spremljali kemijsko s plinsko kromatografijo in masno spektrometrijo (partner IJS) in rezultate razgradnje polutantov tudi uspešno objavili v priznani reviji (**Zupanc in sod., 2014 [COBISS.SI-ID 27217959]**). Bioreaktorje (6) smo vzorčili mesečno in merili fenol oksidazno aktivnost z ABTS, sestavo lakaz in filogenetsko sestavo pa z DGGE lakaznih genov in genov za 16SrRNA. Ugotovili smo, da lakaze v bioreaktorjih oksidirajo ABTS, če vzorce zapufamo na pH 3.5; pri višjih pH pa encimi niso bili aktivni. Profili DGGE so bili značilno različni med tretiranimi in netretiranimi bioreaktorji, združbe pa so se spreminjale tudi po času. V tretiranih bioreaktorjih je bilo opazno zmanjšanje števila lis, kar nakazuje znižano raznolikost. Filogenetska analiza je pokazala, da so bakterije v lisah dejansko proteobakterije in sicer gamaproteobakterije (38%), beta (48%), alfa (65), delta (4%) in bakteroidete (2%). Raziskava je bila predstavljena na mednarodnem kongresu (Jerman in sod., 2013) [COBISS.SI-ID 4261752] in magistrsko delo Žalig Sabine [COBISS.SI-ID 4284792], mentor IMM, somentor E. Heath (IJS). Analizirali smo tudi odpadne vode dveh tekstilnih tovarn (pH 9, pH 7, T = 30 °C). DGGE analiza je pokazala relativno nizko diverziteto lakaz v obeh virih. Nekatere gene lakaz smo sekvencirali in ugotovili, da gre ravno tako za gene iz alfa (3%)- (Erythrobacter sp.; 3 sekvence) in gama- (Pseudomonas sp., 3 sekvence; Enterobacter sp., 6 sekvenc) proteobakterij. Sestava lakaznih genov je bila odvisna od mesta in časa vzorčenja. Ti rezultati in rezultati, opisani v nalogi 1.1., bodo del članka o razvoju novega para oligonukleotidov **Jerman in sod., eksperimenti končani, članek v pripravi.**

**Naloga 1.4 Vrednotenje bakterijskih sevov kot virov novih lakaz.** Na osnovi bioinformacijske analize smo identificirali 1200 sevov kot potencialnih virov bakterijske lakaze in te podatke **objavili v priznani reviji Plos one (Ausec et al., 2011) [COBISS.SI-ID 3993720]**, citiran že več kot 15-krat. V okviru tega projekta smo uspeli pridobiti zanimive izolate iz bioreaktorjev (>100), od katerih jih je 6 zraslo in pokazalo lakazno aktivnost na alkalnem gojišču; 5 na PKE in 6 na gojišču s farmacevtiki in so okarakterizirani (sekvenca 16S rRNA). Poleg tega smo pridobili še izolate iz odpadne vode tekstilnih tovarn. Ti so filogenetsko pripadali Halomonas sp.; 1 kot Pseudomonas sp., 1; Bacillus sp., 1; Alkalibacterium sp., 2.

#### **WP2 Priprava in pregled metagenomske knjižnice**

Pripravili smo fozmidno metagenomsko knjižnico mikrobnost združbe tal barjanske šote (pH 4,3) v sodelavi s skupino prof. van Elsas, Nizozemska, vezano na FP7 Metaexplore. Knjižnica 12.000 klonov je shranjena pri -80°C v laboratoriju partnerja (UL-BF) v obliki ligacijske mešanice po 500 združenih klonov (25 epruvetk). S presejalnimi testi smo uspeli identificirati zelo zanimiv gen za bakterijsko lakazo iz skupine Acidobacteria, ki predstavlja prvo lakazo iz te zanimive skupine bakterij (glej tudi opis WP3), kar je pripeljalo do povabila vodje projekta IMM na najpomembnejšo mikrobiološko konferenco v EU, FEMS, 2013 [COBISS.SI-ID 4298616] in na mednarodni kongres SBD 2013 [COBISS.SI-ID 4293752]. Tudi maljši kolega Ausec L. je o področju predaval v okviru mednarodnega kongresa BAGECO-12 [COBISS.SI-ID 4262008] in na kongresu v Zagrebu [COBISS.SI-ID 4244600]; rezultati so bili predstavljeni tudi kot poster na več mednarodnih konferencah [COBISS.SI-ID 4355960, COBISS.SI-ID 4355448]. Raziskava je del doktorata [COBISS.SI-ID 4370040] Luka Ausca in magistrskega dela R. Mesojednika (v pripravi). Dodatno smo v sodelavi s tujimi partnerji (VTT- Finska, sodelovanje

Metaexplore) identificirali z aktivnostnimi testi in robotom v barjanski metagenomski knjižnici 6 dodatnih klonov, ki so oksidirali substrate 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid (ABTS). Fozmide klonov smo sekvencirali (sodelava z Univerzo v Biedefeldu, vezano tudi na FP7 Metaexplore) in na podlagi naših skritih modelov Markova in DNA sekvence analizirali pridobljena DNA zaporedja – ta analiza ni pokazala tipičnih lakaznih genov, kar pomeni, da bi lahko ti kloni nosili zelo nove encime, kar pa zahteva obsežne dodatne raziskave. Zelo uspešno smo v okviru tega projekta sodelovali z Univerzo v Lyonu in skupino prof. Simoneta. In sicer smo pripravili orodja za presejanje metagenomske knjižnice (400.000 klonov). V okviru te sodelave smo tako odkrili še dva zanimiva gena za bakterijske lakaze, kar nam je **prineslo v letu 2014 objavo v kvalitetni reviji [COBISS.SI-ID 4379512]** (glej dosežki) in predstavitev na kongresu [COBISS.SI-ID 4262520] .

#### **WP2 . Raziskave lakaznih encimov (D.3.1.)**

##### **Naloga 3.1 Heterologna ekspresija in čiščenje bakterijskih lakaz**

Heterologno izražanje genov za bakterijske lakaze in čiščenje proteinov smo izvedli v *E. coli* in *S. rimosus* kot His-tag označene proteine. Za izražanje teh encimov v aktinomocetah smo morali najprej razviti nove vektorje (pripravili smo več kot 20 variant, vendar ta sklop eksperimentov ni pripeljal do uspeha). Vendar nam je v celoti uspelo izraziti 3 bakterijske lakaze v *E. coli* in CotA lakazo, ki smo jo pripravili iz lastnega izolata. Čiščenje smo izvedli na UL-BF z Ni-NTA kromatografijo in zelene proteine sledili s PAGE elektroforezo in aktivnostnimi testi.

##### **Naloga 3.2 Karakterizacija encimov**

Uspelo nam je očistiti tri povsem nove lakaze: ThioLacc, AcidoLac, GeoLac in različico CotA v dovoljšnji količini za začetne karakterizacije encima, kar je izjemen uspeh tega projekta, saj je heterologne lakazne encime bakterij zelo težko pridobiti v aktivni obliki. Ta projekt je bil za nas pomembna priložnost, da smo v laboratorij uvedli številne nove metode za analizo proteinov. Lakaza ThioLacc izvira iz alkalofilne bakterije *Thioalkalivibrio* sp., katere gen smo identificirali kot zanimiv v bioinformacijski študiji Ausec in sod., 2011. Ugotovili smo, da je ThioLacc robusten encim, stabilen med pH 2.1 in 9.9 (pri 20 °C), ima optimum pri pH 5.0 in pH 9.5 za substrate (ABTS) in 2,6-dimethoxyphenol (DMP). Poleg tega oksidira več monofenolov, kalijev heksacianoferrat in ima temperaturni optimum pri 50 °C. Gre za zelo zanimivo alkalotolerantno in temperaturno stabilno lakazo. Rezultati so bili prikazani na mednarodnih kongresih [COBISS.SI-ID 4244600] [COBISS.SI-ID 4293752] , [COBISS.SI-ID 4262008] in so del doktorata Ausec, 2014 [COBISS.SI-ID 4370040]. V letu 2014 smo izvedli dodatne biokemične analize stabilnosti ThioLacc v sodelovanju s skupino prof. Poklar, BF in **smo že pripravili publikacijo (v recenziji v Applied Microbial Biotechnology)**. Poleg tega smo na osnovi iste bioinformacijske analize izbrali ter heterologno izrazili lakazo iz anaeroba *Geobacter metalireducens* Gmet\_2154, in sicer v *E. coli* BL21. Protein s His označevalcem smo očistili na niklovi koloni. Encim oksidira ABTS, siringaldazine in 2,6-DMP, temperaturni optimum je 60 °C; pH optimum za ABTS je 5.0; za 2,6-DMP pa 8.0. Encim je občutljiv za halidne ione. Rezultati so del magistrske naloge Marka Verceta [COBISS.SI-ID 7721337] . Lakazo *Rhodococcus erythropolis* smo poskusili izraziti v gostitelju *Streptomyces rimosus*. Preizkusili smo več strategij izražanja tega gena z različnimi promotorji in signalnimi peptidi gostiteljskega organizma in v okviru tega pripravili več kot 20 plazmidnih konstruktov (partner Acies Bio), vendar doslej ta strategija ni dala rezultatov. Kljub vsemu smo skozi te raziskave pridobili veliko pomembnih novih izkušenj. Tudi izražanje v *E. coli* ni bilo uspešno. Uspelo pa nam je heterologno izraziti in očistiti metagenomsko acidobakterijsko lakazo. Obsežna optimizacija, ki je vključevala tudi raztapljanje inkluzijskih telesc in preizkušanje indukcijskih pogojev je pripeljala do uspešnega izražanja te lakaze v *E. coli* BL21 (DE3) pLysE/pETDUET. Produkcija rekombinantnega proteina je bila 24 µg/L kulture, donos je bil 1.66 µg/Lkulture). Encim je aktiven v območju pH 2.0-4.0 z optimumom pri pH 3.0 (15.11 U/mg). Aktivnost smo izgubili, če smo pH dvignili nad 5.0. Encim je pri pH 3 aktiven v temperaturnem območju od 4 – 45 °C z optimumom pri 4 °C (24.8 U/mg). Čeprav nam je v našem laboratoriju uspelo pridobiti manjše količine aktivnega encima, smo v 2014 pridobili dodatne zanimive podatke **(eksperimenti končani, Ausec in sod., članek v pripravi)** . V povezavi s partnerjem IJS in z nizozemskim podjetjem BioDetection Systems (Amsterdam; sodelava v okviru projekta Metaexplore) smo odkrili, da naša različica CotA lakaze učinkovito razgradi zelo toksičen bisfenolA (BPA). Razgradnjo je IJS partner sledil z GC-MS/MS. CALUX test, ki omogoča zaznavanje toksičnosti hormonskih motilcev na humanih celicah, pa je pokazal, da CotA dramatično zniža toksičnost polutanta, kar je biotehnološko zelo zanimivo in bi za zdaj želeli ta podatek ohraniti kot projektno skrivnost **(eksperimenti končani, Ausec in sod., članek v pripravi)**.

##### **WP4 Upravljanje projekta in objave rezultatov**

V času projekta smo se sestajali enkrat letno. Večinoma pa je komunikacija potekala v manjših skupinah, ki so se ukvarjale s posameznimi delovnimi paketi.

#### **4.Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev<sup>3</sup>**



V okviru projekta smo dosegli vse zastavljene cilje in jih v okviru določenih ciljev tudi presegli in sicer smo v WP1 a) opredelili raznolikost bakterijskih lakaznih genov v naravnih (barjanska tla in ostali vzorci tal) in onesnaženih okoljih (odpadne vode tekstilnih tovarn); b) ovrednotili spremembe v raznolikosti bakterijskih genov za lakaze zaradi dodatka lignina in onesnažil (bioreaktorji) ter c) razvili nova orodja za karakterizacijo bakterijskih lakaz ter d) pridobili zbirko bakterijskih izolatov, ki izražajo lakaze. V okviru WP1 smo objavili en raziskovalni in en povzetni članek v 2014; 3 magistrske naloge, poglavja v doktoratu; v pripravi je še en o raznolikosti bakterijskih lakaznih genov in orodjih za sledenje le-teh v okolju. V okviru WP2 smo uspeli a) razviti orodja (skrite modele Markova) za bioinformatične analize DNA sekvenc (sodelava z Buidefeld Univerzo) in objaviti odličen članek v reviji PloS one Ausec in sod., 2011; b) pripraviti metagenomsko knjižnico (sodelava z UG), jo presejati in identificirati pozitiven klon (gen za lakazo acidobakterij); c) razviti nova orodja za presejanje mega metagenomskih knjižnic in tako smo odkrili še dodatni 2 lakazi ter objavili članek v letu 2014. V okviru WP3 smo uspeli a) heterologno izraziti, očistiti in začetno okarakterizirati 3 nove bakterijske lakaze, med katerimi je ena celo metagenomska, kar zagotovo presega zastavljene cilje; ni nam sicer uspelo izraziti lakaze iz bakterije rodu *Rhodococcus*, vendar pa smo uspeli b) podrobneje preučiti novo različico lakaze CotaA, kar je dalo biotehnoško izredno zanimivo odkritje, da ta aktivno razgradi in detoksificira bisfenol A. Raziskave rezultatov iz tega delovnega paketa so do sedaj dale eno objavo, v prihodnosti pa pričujemo še vsaj 3 članke, ki so že v pripravi. Družbeni vpliv projekta je bil izkazan skozi vabljen predavanja in aktivno sodelovanje na konferencah, organizacijo mednarodne conference BAGECO 12 v Ljubljani ter skozi pedagoško delo, saj so nastala 4 magistrska dela (3 že zagovarjana) in en odličen doktorat (Ausec, 2014), tematiko pa tudi aktivno vključujemo v tekoča predavanja in vaje. V okviru projekta smo uspeli vzpostaviti pomembne sodelave tudi s partnerji iz tujine (Italija, Nizozemska, Francija, Finska). Projekt je tako skupaj z FP7 Metaexplore postavil temelje za nadaljnje raziskave bakterijskih lakaz v Sloveniji ter tako razširil razumevanje te zelo zanimive skupine encimov, kar je pomembno tudi na svetovni ravni in izkazano v že citiranih publikacijah. Iz tega sklepamo, da je bil projekt zelo uspešen.

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

Večjih sprememb projekta ni bilo. V projekt smo dodatno vključili razvoj orodij za presejanje mega metagenomskih knjižnic (več kot 100.000 klonov), kar je pripeljalo do objave v sodelovanju s skupino iz Lyona, poleg tega smo dodatno vključili v zadnji fazi raziskav vloge lakaz pri razgradnji polutantov tudi Calux test in sicer v sodelovanju z Nizozemskim biotehnoškim podjetjem in IJS ter tako prišli do zelo zanimivega odkritja. ARRS projekt je bil tesno vezan na projekt FP7 Metaexplore, v okviru katerega pa je bila naša naloga le presejanje okolja za izbiro metagenomskih knjižnic. Financiranje ARRS nam je tako omogočilo, da smo raziskave bakterijskih lakaz izredno poglobili in iz nivoja mikrobne ekologije prešli na molekularni nivo in biokemijske raziskave bakterijskih encimov tudi v okviru raziskovalne skupine vodje projekta, kar je zelo velik dosežek. Tako smo v okviru tega projekta razvili znanja iz področja bioinformatike, heterolognega izražanja proteinov in celo encimatike, kjer pa je bilo sodelovanje s tujimi partnerji esencialnega značaja. Nenazadnje menimo, da je tudi zaradi financiranja ARRS EU ocenila doprinos Slovenije v FP7 projektu Metaexplore kot vzorčen primer odličnega sodelovanja in uspešnega dela, kar nam je še posebej v ponos. Vodja projekta je bila zaradi uspešnega dela zato povabljen k sodelovanju pri pripravi več EU projektov.

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

Znanstveni dosežek												
1.	<table border="1"> <tr> <td>COBISS ID</td> <td>3993720</td> <td>Vir: COBISS.SI</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Naslov</td> <td>SLO</td> <td>Bioinformatična analiza razkriva veliko raznolikost bakterijskih genov za lakazam podobne encime</td> </tr> <tr> <td>ANG</td> <td>Bioinformatic analysis reveals high diversity of bacterial genes for laccase-like enzymes</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Članek je bil objavljen v priznani reviji in je bil citiran že več kot 15-krat. Raziskovali smo bakterijske gene za lakaze in njim podobne encime v 2200 delnih in dokončanih bakterijskih genomih ter štirih metagenomih. V okviru</td> </tr> </table>	COBISS ID	3993720	Vir: COBISS.SI	Naslov	SLO	Bioinformatična analiza razkriva veliko raznolikost bakterijskih genov za lakazam podobne encime	ANG	Bioinformatic analysis reveals high diversity of bacterial genes for laccase-like enzymes			Članek je bil objavljen v priznani reviji in je bil citiran že več kot 15-krat. Raziskovali smo bakterijske gene za lakaze in njim podobne encime v 2200 delnih in dokončanih bakterijskih genomih ter štirih metagenomih. V okviru
COBISS ID	3993720	Vir: COBISS.SI										
Naslov	SLO	Bioinformatična analiza razkriva veliko raznolikost bakterijskih genov za lakazam podobne encime										
	ANG	Bioinformatic analysis reveals high diversity of bacterial genes for laccase-like enzymes										
		Članek je bil objavljen v priznani reviji in je bil citiran že več kot 15-krat. Raziskovali smo bakterijske gene za lakaze in njim podobne encime v 2200 delnih in dokončanih bakterijskih genomih ter štirih metagenomih. V okviru										

Opis	SLO	te raziskave smo razvili skrite modele Markova za iskanje tako dvo kot trodomenskih lakaz bakterij. Našli smo preko 1200 genov, ki domnevno kodirajo te encime, od katerih je 76 % kodiralo signalni peptid – to pomeni, da se ti encimi v naravi izločajo iz citoplazme. Poleg tega smo opisali nekaj pokazateljev horizontalnega prenosa genov med bakterijami. Številni zadetki v metagenomih niso pokazali filogenetske pripadnosti k določeni skupini bakterij, kar nakazuje še večjo raznolikost teh encimov, kot je vidna v sekvenciranih genomih, ki so predvsem znani za organizme, ki jih uspešno gojimo v laboratoriju. Gene za lakaze smo našli tudi v anaerobnih bakterijah, avtotrofnih in alkalofilnih organizmih, kar odpira nove hipoteze o ekoloških vlogah teh encimov.	
	ANG	The work was published in respected scientific journal with high IF and has been cited already 15 times. In this work genes for laccase-like enzymes were searched for in over 2,200 complete and draft bacterial genomes and four metagenomic datasets, using the custom profile Hidden Markov Models for two- and three- domain laccases. More than 1,200 putative genes for laccase-like enzymes were retrieved from chromosomes and plasmids of diverse bacteria. In 76% of the genes, signal peptides were predicted, indicating that these bacterial laccases may be exported from the cytoplasm, which is in contrast with the current belief. Moreover, several examples of putatively horizontally transferred bacterial laccase genes were described. Many metagenomic sequences encoding fragments of laccase-like enzymes could not be phylogenetically assigned, indicating considerable novelty. Laccase-like genes were also found in anaerobic bacteria, autotrophs and alkaliphiles, thus opening new hypotheses regarding their ecological functions.	
	Objavljeno v	Public Library of Science; PloS one; 2011; Vol. 6, no. 10; str. 1-9, e25724; Impact Factor: 4.092; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.096; A': 1; WoS: CU; Avtorji / Authors: Ausec Luka, Zakrzewski Martha, Goesmann Alexander, Schlüter Andreas, Mandić-Mulec Ines	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
2.	COBISS ID	4379512	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Karakterizacija novih katabolnih genov in mobilnih elementov z visokozmogljivostno genetsko presejalno metodo metagenomske knjižnice tal	
	ANG	Characterization of new bacterial catabolic genes and mobile genetic elements by high throughput genetic screening of a soil metagenomic library	
Opis	SLO	V tej raziskavi smo mešanico oligonuklotidnih sond hibridizirali na najlonsko visokozmogljivostne membrane na katerih so že bili nanšeni vzorci DNA knjižnice 400.000 fosmidnih klonov. Sonde smo radioaktivno označili in mešanico sond nanесли na membrane za detekcijo različnih encimskih genov, kot so glikozid hidrolaze, dehalogenase, bakterijske lakaze in različni mobilni elementi. Pozitivne točke hibridizacije smo povezali s posameznimi kloni ki smo jih imeli spravljene v metagenomski knjižnici. Identificirane klone (inserte v fosmidih) smo sekvencirali. Po sestavljanju in anotaciji genov smo odkrili povsem nove različice genov iskanih encimov, med katerimi sta bila dva zanimiva gena za bakterijski lakazi. To delo je prvo, ki pokaže potencial metagenomskega pristopa vezanega na DNA/DNA hibridizacijo za iskanje genov bakterijskih lakaz ali/in drugih encimov. Ta študija tudi pokaže, da so nekateri od katabolnih genov vnešeni v celice s horizontalnim genskim prenosom	
		In this work a mix of oligonucleotide probes was used to hybridize soil metagenomic DNA from a fosmid clone library spotted on high density membranes. The pooled radio-labeled probes were designed to target	

		genes encoding glycoside hydrolases GH18, dehalogenases, bacterial laccases and mobile genetic elements (integrases from integrons and insertion sequences). Positive hybridizing spots were affiliated to the corresponding clones in the library and the metagenomic inserts were sequenced. After assembly and annotation, new coding DNA sequences related to genes of interest were identified with low protein similarity against the closest hits in databases. This work highlights the sensitivity of DNA/DNA hybridization techniques as an effective and complementary way to recover novel genes from large metagenomic clone libraries. This study also supports that some of the identified catabolic genes might be associated with horizontal transfer events.	
	ANG		
Objavljeno v		Elsevier; Journal of biotechnology; 2014; Vol. 190; str. 18-29; Impact Factor: 2.884; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.947; WoS: DB; Avtorji / Authors: Jacquioud Samuel, Demaneche Sandrine, Franqueville Laure, Ausec Luka, Xu Zhuofei, Delmont Tom O., Dunon Vincent, Cagnon Christine, Mandić-Mulec Ines, Vogel Timothy M., Simonet Pascal	
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek	
3.	COBISS ID	27217959	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Odstranjevanje zdravilnih učinkovin iz odpadnih vod z biološkimi procesi, hidrodinamsko kavitacijo in obsevanjem z UV
		ANG	Shear-induced hydrodynamic cavitation as a tool for pharmaceutical micropollutants removal from urban wastewater
	Opis	SLO	Študija ocenjuje učinkovitost dveh različnih bioloških postopkov, postopek s suspendiranim aktivnim blatom ter s pritrjeno biomaso. Za oceno delovanja smo uporabili pretočne reaktorje na laboratorijskem nivoju, katerim smo dodajali mešanico izbranih zdravilnih učinkovin z znano koncentracijo posameznih učinkovin (1 µg L <sup>-1</sup> ). Učinkovitost postopka s pritrjeno biomaso smo preučevali z dvema različnima nosilcema: Kaldnes K1 ter Mutag BioChip <sup>TM</sup> . Postopek s suspendiranim aktivnim blatom je pokazal slabo in nekonsistentno odstranjevanje klofibrinske kisline (9 % ± 28 %), karbamazepina (21 % ± 25 %) in diklofenaka (48 % ± 19 %), medtem ko je bila odstranitev ibuprofena (86 %), naproksena (74 %) ter ketoprofena (78 %) višja in konsistentna z deviacijo nižjo od 10 %. Ti rezultati so v skladu z objavljeno literaturo ter potrjujejo slabo odstranjevanje klofibrinske kisline, karbamazepina in diklofenaka s konvencionalnim biološkim čiščenjem. S postopkom s suspendiranim aktivnim blatom smo v primeru ibuprofena dosegli višjo odstranitev kot s postopkom s pritrjeno biomaso, in sicer za oba tipa nosilcev (94 % ± 8 % za Kaldnes K1 ter 94 % ± 4 % za Mutag BioChip <sup>TM</sup> nosilce), medtem ko je bila odstranitev ketoprofena in karbamazepina nižja s postopkom pritrjene biomase. Za klofibrinsko kislino ter naproksen ni bilo opažene razlike v odstranitvi med obema postopkoma. V primeru diklofenaka smo dosegli višjo odstranitev s postopkom s pritrjeno biomaso, in sicer 85 % ± 10 % z nosilci Mutag BioChip <sup>TM</sup> ter 74 % ± 22 % s Kaldnes K1 nosilci. Za povečano odstranitev izbranih zdravilnih učinkovin smo preučili hidrodinamsko kavitacijo z ali brez dodatkom peroksida. Optimalni pogoji so vodili do njihove odstranitve v različnem obsegu (3-70%), vendar so rezultati nakazali možnost povečane odstranitve izbranih spojin z optimizacijo kavitacijske naprave. Sekvenčno čiščenje odpadnih vod s pritrjeno biomaso, kavitacijo in UV je vodilo do uspešne odstranitve izbranih učinkovin (>90%). Ti rezultati so pokazali, da je mogoče doseči visoko ter konsistentno odstranitev izbranih učinkovin s kombinacijo postopkov s pritrjeno biomaso in AOP, kar je zelo pomembno za razvoj novih strategij za čiščenje odpadnih vod.
			Study evaluated suspended activated sludge (SAS) and attached-growth biomass processes using lab-scale flow-through bioreactors with the

		<p>addition of a mixture containing 1 µg L<sup>-1</sup> of each of the compound of interest. Furthermore, the attached-growth biomass process was evaluated for two types of carriers, Kaldnes K1 and for the first time Mutag BioChip<sup>TM</sup> carriers. The SAS process showed poor and inconsistent removal of clofibrac acid CLA (9 % ± 28 %), carbamazepine CBZ (21 % ± 25 %) and diclofenac DF (48 % ± 19 %), while ibuprofen IB, naproxen NP and ketoprofen KP yielded 86 %, 74 % and 78 % removal, respectively, with a measured deviation of &lt;10 %. The results agree with published data confirming the recalcitrant nature of CLA, CBZ and DF to classical SAS treatment. In comparison to SAS, attached-growth biomass process, for both types of carriers, resulted in higher removal efficiencies for IB (94 % ± 8 % for Kaldnes K1 and 94 % ± 4 % for Mutag BioChip<sup>TM</sup> carriers), while KP and CBZ were removed to a lesser degree. In the case of CLA and NP no difference in removal efficiencies between SAS and attached-growth biomass process were observed. Better results were obtained for DF using Mutag BioChip<sup>TM</sup> carriers (85 % ± 10 %) compared to reactors containing the Kaldnes K1 carriers (74 % ± 22 %) and SAS (48 % ± 19 %). To enhance the removal of pharmaceuticals hydrodynamic cavitation with hydrogen peroxide was evaluated. Optimal parameters resulted in removal efficiencies between 3 - 70 % and showed the potential to be augmented with different cavitation configuration. Coupling the attached-growth biomass biological treatment, hydrodynamic cavitation/hydrogen peroxide process and UV treatment resulted in removal efficiencies of &gt; 90 %. Importantly, this study proves that it is possible to remove pharmaceutical residues both consistently and to a higher degree using combination biofilm process and AOP, which has significant implications for future WWT strategies.</p>
	ANG	
	Objavljeno v	Butterworth-Heinemann;Elsevier Science; Ultrasonics Sonochemistry; 2014; Vol. 21, issue 3; str. 1213-1221; Impact Factor: 3.816;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.411; A': 1; WoS: AA, DY; Avtorji / Authors: Zupanc Mojca, Kosjek Tina, Petkovšek Martin, Dular Matevž, Kompare Boris, Širok Brane, Stražar Marjeta, Heath Ester
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID	4389496 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Struktura in funkcija mikrobnih združb v šotnih tleh
		ANG Microbial community structure and function in peat soil
	Opis	SLO V Evropi je sistematično osuševanje šotišč pomembno vplivalo na kroženje snovi v teh tleh. V povzetnem članki smo predstavili objavljene rezultate raziskav kroženja hranil v tleh Ljubljanskega barja ter sestave in aktivnosti mikrobnih združb tega občutljivega ekosistema, ki se nahaja blizu Ljubljane. V povzetnem članku smo izpostavili tudi naše raziskave pestrosti genov, ki kodirajo bakterijske lakaze v šotnih tleh in tudi povzeli eksperimentalne rezultate z ligninom bremenjenh mikrokozmov tal , v katerih smo preverjali vpliv tega polimera na sestavo lakaznih genov. Lakaze , ki so pomembni industrijski encimi, a pri bakterijah zelo slabo poznani, so v barjanskih tleh zelo pestre. Kljub visoki pestrosti se niso odzvale na dodani lignin, kar kaže, da barjanske lakaze nimajo vloge pri razgradnji lignina
		ANG Many peatlands in Europe have been subjected to land reclamation and systematic drainage which have substantially affected nutrient cycles in the soil. This work reviews published work on microbial processes linked to carbon and nitrogen transformations in the soils of the Ljubljana marsh, a drained peatland positioned close to Ljubljana, the capital city of Slovenia. This region is known for its dramatic diversity of animal and plant life, but below ground it hides diverse bacterial and archaeal communities that are highly responsive to environmental changes. Ljubljana marsh soils are also



		rich in bacterial laccase-like genes, which have the potential to be involved in lignin degradation and are therefore interesting for bioexploitations. Diversity and potential application of this enzymes, encoded by genes found in this peatland have been discussed . Future challenges involve designing studies that will reveal specific physiological functions of phenol oxidases and other enzymes involved in peat transformations and address relations between microbial diversity, function and ecosystem responses to anthropogenic disturbances
Objavljeno v		Faculty of Food Technology and Biotechnology; Food technology and biotechnology; 2014; Vol. 52, no. 2; str. 180-187; Impact Factor: 0.977; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.54; WoS: DB, JY; Avtorji / Authors: Mandić-Mulec Ines, Ausec Luka, Danevčič Tjaša, Levičnik Hoeflerle Špela, Jerman Vesna, Kraigher Barbara
Tipologija	1.02	Pregledni znanstveni članek

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

	Družbeno-ekonomski dosežek	
1.	COBISS ID	4298616
		Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Metagenomika je izpolnila obljubo
		ANG Metagenomics fulfills its promise
Opis	SLO	FEMS kongres je najpomembnejši kongres mikrobiologije na področju Evrope, na katerem je velika čast sodelovati kot vabljeni predavatelj in organizator sekcije na področju metagenomike tal. Ta dosežek kaže, da so raziskave vodje projekta cenjene in prinašajo nova in pomembna dognanja, ki so za mikrobiologe zanimiva tudi širše. Delo, ki je bilo predstavljeno na kongresu, vključuje odkritje prve acidobakterijske lakaze v kisljih šotnih tleh z uporabo metagenomike. Poleg tega je bila predstavljena bioinformacijska raziskava, s katero smo identificirali 1200 domnevnih lakaznih genov v 2200 sekvenciranih genomih s pomočjo skritih Markovih modelov. 76 % teh kodira signalne peptide in 6 % jih je zapisanih na plazmidih, kar kaže, da se lakazni geni bakterij prenašajo horizontalno. Heterologna ekspresija in čiščenje dveh od omenjenih kandidatnih lakaz je pokazala, da so te aktivne pri alkalnem pH in višjih temperaturah, kar je biotehnološko zanimivo. Raziskovalni dosežki na področju bakterijskih lakaz so bili publicirani v A'' in A' revijah.
	ANG	The FEMS congress is the most eminent meeting of microbiologists in Europe and it is a great honor to be an invited speaker at this congress. This achievement shows that the scientific work of IMM is well respected and brings novel and interesting findings that are interesting to a broad society of microbiologists. The work presented at the FEMS congress involves the first discovery of bacterial laccase from the phylum acidobacteria using metagenomics. In addition, a finding of 1,200 putative laccase like genes in 2200 draft and completed genomes by custom using profile Hidden Markov Models was presented. Up to 76 % of laccase genes encoded signal peptides and many were encoded on plasmids suggesting their mobility within bacterial domain. Two of the genes were expressed and proteins purified confirming the findings. The two novel laccases showed high pH optima which is different from well-studied fungal laccases and has relevance for biotechnological applications. Presented results have been partially published in renowned journals including A'' and A'.
	Šifra	B.04 Vabljen predavanje
	Objavljeno v	Kenes International; FEMS 2013; 2013; Str. [1, 4076.pdf]; Avtorji /

		Authors: Mandić-Mulec Ines, Ausec Luka	
	Tipologija	1.10 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci (vabljeni predavanja)	
2.	COBISS ID	3470040	Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO	Bakterijske lakaze od gena do encima : doktorska disertacija
		ANG	Bacterial laccases from gene to enzyme : doctoral dissertation
	Opis	SLO	<p>Projekt je prispeval k nastanku doktorata in treh visoko kvalitetnih magistrskih nalog. Doktorat L. Ausca, ki je bil financiran skozi projektno delo in vključuje tri objavljene članke ter dve še neobjavljeni poglavji. Pričujoče delo prinaša vpogled v pojavnost in raznolikost lakaznih genov v genomih in metagenomih prokariotov ter v mikrobno združbo v tleh Ljubljanskega barja ( 3 članki). V drugem delu je opisana heterologna ekspresija lakaze ThioLacc v E. coli, čiščenje in karakterizacija encima. Ta alkalofilna lakaza izhaja iz bakterije Thioalkalivibrio sp. in lahko oksidira fenolne snovi v bazičnem pH in je temperaturno stabilna pri 50oC, kar je zanimiva lastnost za potencialno uporabo v biotehnologiji. Dve magistrski nalogi prinašata vpogled o vplivu lignina in ferulične kisline na mikrobno združbo in sestavo proteobakterijskih lakaz v šotnih tleh (Mahnič in sod., 2014, [COBISS.SI-ID 4418936]) in na vpliv farmaceutika diazepama na mikrobno združbo v laboratorijskih bioreaktorjih (Žalig, 2013; [COBISS.SI-ID 4284792 v sodelavi z IJS), ki so bili izpostavljeni temu farmaceutiku. Tretja magistrska naloga je bila namnjena heterolgnemu izražanju, čiščenju in karakterizaciji encima iz anaerobne bakterije Geobacter metalireducens in je prvi tovrstni encim izoliran iz anaeroba (Verce, 2013 COBISS.SI-ID 7721337). V pripravi je še četrta magistrska naloga, ki vključuje presejanje metagenomske knjižnice Ljubljanskega barja z orodji, ki jih je razvil L. Ausec, identifikacijo lakaze iz debla Acidobacteria in začetno karakterizacijo encima ( Mesojednik, v pripravi). Dosežek dokazuje pozitiven dopirinos projekta k univerzitetnemu izobraževanju v Sloveniji.</p>
		ANG	<p>Project had positive impact on the university education: as one excelent PhD thesis of. L. Ausec and four master thesis have been linked to this project. The PhD thesis involves three published research topics addressing diversity of prokaryotic genes for bacterial lacacses in published genomes and metagenomes, development of special tools to perform bioinformatics analysis and discovery of 1200 novel putative lacacses. It also addresses diversity of bacteria and their laccase genes in peat soils of Ljubljana marsh. The unpublished part of the PhD thesis describes the heterologous expression , purification and biochemical characterization of ThioLacc enzymes. This alkalophilic enzyme originates from Thioalkalivibri sp. and oxidizes a variety of phenolic compounds at alkaline pH and at 50oC. Thus it could potentially be interesting for future biotechnological applications. Two master thesis brought an insight into response of proteobacterial laccase genes to enrichment of peat soil by lignin and pherulic acid ( Mahnič, 2014; [COBISS.SI-ID 4418936]) and describes the influence of diazepam on bacterial community and laccase composition in wastewater bioreactors ( laboratory scale) (Žalig, 2013; [COBISS.SI-ID 4284792, collaboration with IJS) that were treated with this pharmaceutical. The third master thesis was dedicated to heterologic expression, purification and initial characterization of laccase from Geobacter metalireducens and represent the first report on laccase from an anaerob (Verce, 2013 COBISS.SI-ID 7721337). The fourth MSc thesis is in preparation ( experimental part completed) and it includes experiments of screening the bog soil metagenomics library, the discovery of a putative laccase gene form phylum Acidobacteria, its heterologous expression in E. coli and initial conformation of laccase activity associated with the new enzyme. This is also the first laccase studied in this very interesting phylum (Mesojednik ,</p>

			in prep.). The achievement indicates the exceptional social impact on university education in Slovenia.
	Šifra	D.09	Mentorstvo doktorandom
	Objavljeno v	AUSEC, Luka. Bakterijske lakaze od gena do encima : doktorska disertacija = Bacterial laccases from gene to enzyme : doctoral dissertation. Ljubljana: [L. Ausec], 2014. X, 76 f., ilustr. [COBISS.SI-ID 4370040]	
	Tipologija	2.08	Doktorska disertacija
3.	COBISS ID	4259448	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Mreženje in plastičnost mikrobnih združb
		ANG	Networking and plasticity of microbial communities
	Opis	SLO	Vodja projekta Prof. dr. Ines Mandić Mulec je predsedovala znanstvenemu odboru in tudi organizacijskemu odboru 12. mednarodnega kongresa BAGECO -12(Bacterial genetics and Ecology) junija, 2013, ki je potekal v Ljubljani. Kongres je privabil 300 udeležencev iz 50 držav sveta in je napomembnejši evropski kongres s področja mikrobne ekologije in genetike, ki poteka vsaki dve leti. Je kongres, ki odpira nove koncepte na področju ekologije mikroorganizmov in povabilo k organizaciji in predsedovanju tega kongresa je izredna čast, ki kaže na uveljavljenost vodje projekta na področju mikrobne ekologije.. Kongres je bil izredno uspešen in je domačim raziskovalcem odprl vrata za številne sodelave s svetovno priznanimi raziskovalnimi skupinami. Na kongresu je Ausec L predstavil svoje raziskovalno delo na bakterijskih lakazah, poleg tega so bili rezultati tega projekta predstavljeni še v obliki 3 postrov.
		ANG	The project leader Prof. Dr Ines Mandić Mulec was the chair of the scientific and also of the organizing committee of the 12th Symposium on Bacterial Genetics and Ecology (BAGECO-12) which took place in Ljubljana, Slovenia, from 9-13 June 2013 and attracted 300 participants from 50 different countries. BAGECO meetings are held biannually and have developed into one of the most important international conferences on bacterial ecology. A major motivation of the BAGECO meetings is to open new conceptual avenues leading to better understanding of the ecology and evolution of bacteria. The symposium was a success, opened the doors for collaborations with the best research groups in the world and signifies the international scientific impact of the project leader. Ausec L. presented a talk on bacterial laccases, in addition we presented results of the project in the form of three posters.
	Šifra	B.02	Predsedovanje programskemu odboru konference
	Objavljeno v	Conventus Congressmanagement & Marketing; 2013; 150 str.; Avtorji / Authors: Mandić-Mulec Ines	
	Tipologija	2.25	Druge monografije in druga zaključena dela
4.	COBISS ID	4299896	Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO	Vodenje nacionalnih in mednarodnih projektov
		ANG	Leadership of national and international projects
	Opis	SLO	Vodja tega projekta je bila tudi partner v šest milijonskem FP7 projektu Metaexplore (2009-2014), ki je povezal 17 raziskovalnih inštitucij iz Evrope in eno iz Argentine. Znotraj projekta smo preučevali lakaze bakterij. Povezava tega in EU projekta je bila izjemno pomembna za postavitvev področja bakterijskih lakaz, saj smo eni redkih skupin, ki se ukvarja s to problematiko. Vpetost v Metaexplore je omogočila naši projektni skupini, da doprinese tudi na drugih področjih, ki niso bila naša osnovna zadolžitev partnerja in tako so se spletle mreže sodelovanj s ključnimi skupinami na področju mikrobne metagenomike (Univerza v Groningenu, Univerza v Copenhagenu, Univerza v Lyonu, Univerza v Bielefeldu) in encimatike lakaz

		( VTT- Finska, Univeza v Insubriji), ki bodo povečale končni izkupiček publikacij in uspeh tega projekta ter so osnova za nadaljnje skupne prijave projektov na nivoju EU. Poleg sodelovanja znotraj FP7 Metaexplore, kjer smo zelo veliko prispevali h končnemu poročilu, ki je dobilo pozitivno ocenjeno, in vodenja ARRS projekta Metagenomika lakaz je IMM vodila še ARRS projekt "Ekologija socialnih interakcij pri bakteriji Bacillus subtilis" in več manjših industrijskih projektov s čimer je iskazala kontinuiran in pomemben družbeni doprinos.
	ANG	The project leader prof. Ines Mandic Mulec was a partner in the six million FP7 EU project Metaexplore, which connected 17 European research institutions and one Argentinian University. The main task of the IMM group was to study diversity of bacterial laccases in soils and other environments, however due to the additional ARRS financing of this project we were able to collaborate and participate in many more tasks of FP7 project that were initially assigned to us and were thus presented as an example of best collaborative practice. The FP7 has already obtained a positive evaluation of the final report to which we significantly contributed. The link between this and the EU project was extremely important as it allowed us to form strong links with many excellent groups in EU in the field of metagenomics ( University of Groningen, University of Copenhagen, University of Lyon, University of Bielefeld) and with those who have strong expertise on enzymes ( VTT- Finland, University of v Insubria).This will increase the final benefits and social contribution of this project. In addition to being a partner in FP7 Metaexplore and in this project IMM also lead ARRS project Ecology of social interactions of B. subtilis and several smaller and targeted industrial project. Altogether this signifies that the project leader has through her leadership responsibilities provided a socially positive impact on our society .
Šifra	D.01	Vodenje/koordiniranje (mednarodnih in domačih) projektov
Objavljeno v	ELSAS, Jan D., MANDIĆ-MULEC, Ines. Metagenomics for bioexploration - tools and application : METAEXPLORE : collaborative project. Groningen: Rijksuniversiteit Groningen, 2009. 1 zv. (loč. pag.). [COBISS.SI-ID 4299896]	
Tipologija	2.14	Projektna dokumentacija (idejni projekt, izvedbeni projekt)

## 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

Lakaze razgradijo različne ksenobiotike v okolju in so izredno široko uporabni encimi, ki jih uporabljajo v industriji beljenja papirja, tekstila, v farmacevtski industriji in v živilstvu. Ti encimi imajo velik potencial za odstranjevanje onesnažil in so zato vsestransko zanimivi. V okviru tega temeljnega projekta smo preučevali te pomembne encime predvsem pri bakterijah, ker so bakterijske lakaze zelo slabo raziskane a smo skozi ta projekt razširili znanja o teh zanimivih encimih. Rezultati tega projekta so bili publicirani v eminentnih revijah in že dobro citirani. Rezultati so pripeljali tudi do vabljenih predavanj na najpomembnejši konferenci na področju mikrobiologije v Evropi (FEMS) in povabilo za organizacijo sekcije o metagenomiki tal, kar je bila centralna tema tega projekta. Naši raziskovalni uspehi so pripeljali tudi k povabilu priprave številnih EU projektov. V okviru tega projekta smo razvili nova orodja za slednje bakterijskih lakaz v genomih in metagenomih ter orodja za slednje genov za lakaze v okolju, kar je izrednega pomena za nadaljnje študije diverzitete lakaz, identifikacijo novih genov te skupine v

metagenomih ali v okolju. Skozi ta projekt smo postali pionirji na področju razumevanja raznolikosti bakterijskih lakaz. Preučevali smo tudi razgradnjo farmacevtikov in drugih polutantov s temi encimi in identificirali lakazo, ki kaže oksidacijsko aktivnost pomembnega polutanta ter zniža ne njegovo toksičnost. Poleg tega smo očistili prvi na svetu dve bakterijski lakazi in pridobili prvo lakazo Acidobakterij s pomočjo metagenomike. Ker je znanje o bakterijskih lakazah še zelo na začetku in so študije bakterijskih lakaz na nivoju proteina izredno redke (manj kot 10 jih je bilo preučevanih v laboratoriju in le 4 intenzivneje), so rezultati tega projekta, v okviru katerega nam je uspelo očistiti in delno okarakterizirati 3 nove lakaze in identificirati več kot 1200 novih genov pomembno razširi znanje o bakterijskih lakazah.

ANG

Laccase are oxidoreductase that are highly versatile enzymes and of high interest for many industrial and environmental applications including paper and textile industry, pharmaceutical or food industry but are also of high interest as enzymes added to increase efficiency of biofuel production or removal of toxic chemicals from the environment. The results gained within this project were published in several eminent journals and have brought invitations to present results at foreign universities and international conferences including an invited lecture at the most important EU conference in Europe (FEMS) as well as the request to organize and chair the section on soil metagenomics. The later is the prime subject of this project. This led to invitations for preparations of several EU project proposals as experts on bacterial laccases. Novel tools and knowledge that we developed enabled us to significantly increase understanding of laccase diversity in the environment, add to the number of bacterial laccases (3) that were previously studied in vitro (less than 10) and find completely novel genes in the environment, some of which are the first time example of laccase in a phylum, like the Acidobacterial laccase is the first ever identified in this large phylum and studied in vitro- the same holds for another two laccases that we addressed- the alkalophilic phenol-oxidoreductase from *Thioalcalovibrio* or *Geobacter*. Thus the project yielded a wide array of interesting and novel insights and had therefore an important influence on science. We have already published several papers and we expect that at least two -three more should be published in the future.

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

SLO

Projekt je imel izredno pozitiven vpliv tudi na Slovensko družbo in sicer je skozi trazvoj znanja doma odprl možnost za boljše sodelovanje s tujimi partnerji in tako širil ugled slovenske znanosti. Ta moment je bil še posebej poudarjen v povezavi z EU projektom metaexplore, saj smo skozi povečano financiranje raziskav bakterijskih lakaz lahko tudi bolje prispevali k EU projektu. S tem se je povečal ugled naše države in naše znanosti in tudi odprla možnost za nove aplikacije EU projektov, kar bo v prihodnosti prineslo ekonomske koristi in potencialna delovna mesta. Vodja projekta je v času projekta organiziral mednarodni kongres BAGECO12, kar je direktno pozitivno vplivalo na slovenski turizem, saj je v Slovenijo pripeljal 300 udeležencev iz vsega sveta. Poleg tega je imel projekt tudi pomemben vpliv na izobraževanje na dodiplomski in podiplomski ravni. Znanja, ki smo jih pridobili v okviru projekta smo direktno prenesli v različne predmete, ki jih počujemo v okviru študijev mikrobiologije, biotehnologije, kemije, biologije in varstva okolja. V tesni povezavi s projektom je nastal en doktorat in 3 magistrska dela, kar kaže na interes študentov za to področje., znanja pa smo vključili tudi v laboratorijske vaje in predavanja, kar je razširilo družbeni vpliv projekta še na večje število študentov. Ker je bil partner tudi biotehnoško podjetje Acies bio, je projekt direktno vplival tudi na prenos znanja v gospodarstvo.

ANG

The project had also a positive impact at the level of society as it increased opportunities for international collaborations, especially those that have originated through FP7 Metaexplore were we were the only partner addressing bacterial laccases. Due to additional financing obtained through this project we obtained an opportunity to broaden our expertise number of collaborative projects with other partners. These collaborations had broader impact as enabled exchange of students and knowledge at many levels- also through the BAGECO12 conference that was organized by the project leader during the active period of the project, which brought financial benefits also outside of the science field. As we are dedicated teachers we were able to directly incorporate the acquired knowledge into the education processes in microbiology,

biotechnology, biology, chemistry and environmental protection at undergraduate and postgraduate levels (life sciences and biomedicine). This has been evident through 1 PhD and 4 master theses that have been linked to this project. Transfer of knowledge has been achieved also through course lectures and practices and by offering hands-on research work to many students that were interested to perform an individual research project in the labs of the project leader prof. Mandic Mulec and other partners. World demand for enzymes continues to rise and the fundamental objective of this project was to discover and characterize novel enzymes – laccases, which we did but we also we also discovered a novel application for this enzymes in environmental biotechnology , which may have long term benefits in the future. The projt partner was also a biotech company - this means that the knowlodge gained in the project has been directly transfered to business sector.

#### 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 upravljavskih 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 upravljavskih rešitev</b>	

	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
<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" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
<b>F.28</b>	<b>Priprava/organizacija razstave</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
<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" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
<b>F.30</b>	<b>Strokovna ocena stanja</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
<b>F.31</b>	<b>Razvoj standardov</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
<b>F.32</b>	<b>Mednarodni patent</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
<b>F.33</b>	<b>Patent v Sloveniji</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
<b>F.34</b>	<b>Svetovalna dejavnost</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
<b>F.35</b>	<b>Drugo</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>

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**

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
<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 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 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 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 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>	<input 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 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 2014<sup>12</sup>****13.1. Izjemni znanstveni dosežek**

--

**13.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek**

--

**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

Ines Mandič Mulec

---

**ŽIG**

Kraj in datum: 

Ljubljana	16.3.2015
-----------	-----------

**Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2015/127**

---

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

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

3D-86-2B-34-64-7B-1D-DA-FD-1D-D0-BA-D5-FE-DB-57-4F-AC-BC-C7