

**ZAKLJUČNO POROČILO**  
**O REZULTATIH OPRAVLJENEGA RAZISKOVALNEGA DELA**  
**NA PROJEKTU V OKVIRU CILJNEGA RAZISKOVALNEGA**  
**PROGRAMA (CRP) »KONKURENČNOST SLOVENIJE 2006 – 2013«**

JAVNA AGENCIJA ZA RAZISKOVALNO DELO  
REPUBLIKE SLOVENIJE

**I. Predstavitev osnovnih podatkov raziskovalnega projekta**

Prejeto:

15-09-2011 029

1. Naziv težišča v okviru CRP:

5. Povezovanje ukrepov za doseganje trajnostnega razvoja

Številka zad. n. 03 113-94/2008

24

2. Šifra projekta:

V4-0490

3. Naslov projekta:

Usoda in speciacija onesnažil pri predelavi onesnažene biomase v sintetično gorivo in čisti vodik

3. Naslov projekta

3.1. Naslov projekta v slovenskem jeziku:

Usoda in speciacija onesnažil pri predelavi onesnažene biomase v sintetično gorivo in čisti vodik

3.2. Naslov projekta v angleškem jeziku:

Fate and speciation of pollutants in processing of contaminated biomass into syntetic fuel and pure hydrogen

4. Ključne besede projekta

4.1. Ključne besede projekta v slovenskem jeziku:

kontaminirana biomasa, raba kontaminiranih tal, piroliza, vplinjanje, kroženje hranil, izločanje onesnažil

4.2. Ključne besede projekta v angleškem jeziku:

contaminated biomass, use of contaminated soils, pyrolysis, gasification, recycling of nutrients, removal of contaminants

5. Naziv nosilne raziskovalne organizacije:

Institut "Jožef Stefan" (106)

5.1. Seznam sodelujočih raziskovalnih organizacij (RO):

ESOTECH d.d. (1681)

6. Sofinancer/sofinancerji:

Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano

7. Šifra ter ime in priimek vodje projekta:

01061

Andrej Stergaršek

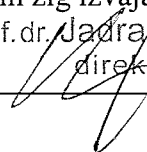
Datum: 31.08.2011

Podpis vodje projekta:



Podpis in žig izvajalca:

Prof.dr. Jadran Lenarčič  
direktor



Institut  
"Jožef Stefan"  
Ljubljana, Slovenija

6

## II. Vsebinska struktura zaključnega poročila o rezultatih raziskovalnega projekta v okviru CRP

### 1. Cilji projekta:

1.1. Ali so bili cilji projekta doseženi?

- a) v celoti  
 b) delno  
 c) ne

Če b) in c), je potrebna utemeljitev.

1.2. Ali so se cilji projekta med raziskavo spremenili?

- a) da  
 b) ne

Če so se, je potrebna utemeljitev:

Na osnovi sodelovanja z biologi smo se odločili, da vzgoja lastne biomase časovno ni ugodna za troletno trajanje projekta, zato smo odvzeli vzorce že odraslih rastlin zrastlih na onesnaženih področjih, predhodno opredeljenih v raziskavah sodelavcev Biotehniške fakultete. Dodatno k planu smo zato v obravnavo uvrstili kontaminirano lesno biomaso, ki nastaja v industrijski proizvodnji in se ne sme sežigati.

## 2. Vsebinsko poročilo o realizaciji predloženega programa dela<sup>1</sup>:

Predviden program dela

Med vrste onesnažene biomase, ki smo jo pri raziskavah uporabili, sodijo predvsem:

- 1 blata bioloških čistilnih naprav,
- 2 onesnažena biomasa, pridobljena na onesnaženih tleh,
- 3 odpadna biomasa iz kmetijske in gozdarske proizvodnje.

V Sloveniji je vrsta področij, ki so zaradi intenzivnega industrijskega izkoriščanja v preteklosti močno onesnažena, npr. okolica Idrije, širše področje Jesenic na Gorenjskem. Celje z okolico in zgornja Mežiška dolina ter posamezne lokacije, kjer so delovali industrijski obrati brez zadostnih ukrepov za varovanje okolja. Sem lahko proštujemo na primer lokacije v Lendavi, Kidričevem. Gorenji vasi, Semiču in podobne. Ta področja zahtevajo posebno pozornost ter hitro in kakovostno reševanje z namenom preprečitve nadaljevanja škodljivosti za okolje in zdravje prebivalcev. Tem okoljem je potrebno ponuditi dovolj kvalitetnih in ekonomsko privlačnih tehnologij, ki bodo prispevale k t.i. nizko ogljični družbi in k trajnemu zmanjševanju odvisnosti od uvoza energentov.

Onesnažene površine so lahko koristne za proizvodnjo biomase, ki ob tem sicer postane kontaminirana, vendar uporabna za nadaljno predelavo v gorivo, v isti namen pa lahko uporabimo tudi kontaminirano blato bioloških čistilnih naprav (BČN).

Kontaminirana biomasa, pridobljena na opisani način, bi bila uporabna za predelavo v različne vrste goriv, obenem pa bi v onesnaženi prsti zmanjševala koncentracijo onesnažil in v daljšem časovnem obdobju potencialno zagotovila uporabo prsti tudi za druge vrste kmetijske pridelave. Osnovni problem, ki ga bo raziskava reševala, je ugotavljanje usode in speciacija onesnažil, prisotnih v takšni biomas, med različnimi fazami predelave le-te v kvalitetna tekoča goriva in v čisti vodik,

Naše ambicije za ta raziskovalni segment izhajajo iz našega dosedanjega dela, v polpreteklem obdobju na razvoju pirolize trdnih odpadkov, v zadnjem času pa na razvoju termične obdelave odpadkov na demonstracijki napravi s kapaciteto do 80 kg/h. Na tej napravi, razviti v sodelovanju z industrijskim partnerjem Esotechom, izvajamo razvojne raziskave za posamezne gospodarske organizacije. Dodatno znanje, ki ga uporabljamo pri tem delu, izhajajo iz naših poglobljenih izkušenj z razvojem tehnologije čiščenja dimnih plinov, ki se vedno pojavlja kot zadnji tehnološki sklop v termičnih procesih. Gre za čiščenje makro onesnažil, kot so SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, HCl itd., posebej pa je pomembno tudi odstranjevanje toksičnih elementov, kot so toksične kovine in polkovine, na primer: Hg, Cr, Cd, Pb, Sb, Zn, Cu, As itd.

Osnovna ideja je bila povezava bioloških ekoremediacijskih metod, s katerimi bi na kontaminiranih površinah lahko proizvajali biomaso, ki sicer ne bi bila uporabna za druge namene, in jo uporabili kot izvor energije. Ugotavljamo, da sežig biomase ni najbolj ekonomičen način izrabe le-te za pridobivanje kvalitetne energije, to je predvsem električne energije. Posebno oviro predstavlja potrebna navzočnost porabnikov

<sup>1</sup> Potrebno je napisati vsebinsko raziskovalno poročilo, kjer mora biti na kratko predstavljen program dela z raziskovalno hipotezo in metodološko-teoretičen opis raziskovanja pri njenem preverjanju ali zavračanju vključno s pridobljenimi rezultati projekta.

nizkotemperaturne toplote, in to preko celega leta, zato da se dvigne celokupni izkoristek dosegljive toplote. Tudi stopnja pretvorbe toplote v elektriko je relativno zelo nizka zaradi nizkih dovoljenih temperatur v kotlu, segrevanem z odpadki, predvsem zaradi korozijskih problemov opreme. V nadaljevanju teh raziskav zato nameravamo razviti pridobivanje sinteznega plina iz biomase. Prednost uporabe biomase je v njeni relativni čistosti v primerjavi s premogom ali komunalnimi odpadki. Sintezni plin je mogoče pripraviti v taki sestavi, da je uporaben za sintezo tekočih transportnih goriv (diesel, bencin), ali pa pridobivati čisti vodik, uporaben za proizvodnjo električne energije v gorilnih celicah. Pri takem konceptu se izognemo velikim težavam pri skladiščenju vodika in električne energije, saj lahko uporabimo ceneno in obstoječo infrastrukturo za skladiščenje in distribucijo naftnih derivatov ali pa shranjujemo na mestu uporabe biomase in jo po potrebi spreminjamo v vodik in elektriko ter toploto (kogeneracija) v gorivnih celicah. Gre za integracijo vpeljanih logističnih infrastrukturnih kapacitet in napredne visoko učinkovite izrabe energije prisotne v biomasi.

#### Pričakovani rezultat

Pričakovani rezultati so predvsem naslednji:

1. analiza in speciacija onesnažil v kontaminirani prsti, biomasi in različnih masnih tokovih pri sintezi goriva;
2. določitev usode kontaminantov v tehnologiji dvostopenjskega uplinjanja biomase, to je piroliza do ogljika, proizvodnja sinteznega plina (mešanice CO in H<sub>2</sub>) in/ali vodika v vzvrtinčenem sloju;
3. razvoj tehnologije čiščenja sinteznega plina; odstranjevanje CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, HCl, NH<sub>3</sub>, CO, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S, COS ter toksičnih kovin kot so Hg, Cr, Cd, Cu, Zn, Pb, Zn, Cu itd. zaradi proizvodnje zelo čistih plinov za katalitično sintezo tekočih goriv in za uporabo vodika v gorivnih celicah.

#### Opravljen delo in doseženi rezultati

Pri izbiri in pripravi vzorcev kontaminirane biomase smo sodelovali s strokovnjaki Biotehniške Fakultete, ki so opravili v svojih predhodnih raziskavah vrsto vzorčevanj in tudi ocenili velikost kontaminiranih področij v Sloveniji. Med sodelovanjem smo prišli do zaključka, da bi vzgoja svojih kontaminiranih rastlin bila časovno prezahtevna in nebi dobili realnih vzorcev biomase v treh letih trajanja projekta, zato smo pod vodstvom prof. dr. Marka Zupana vzorce odraslih drevesnih vrst odvzeli na kontaminiranem industrijskem področju, ki so ga biologi že predhodno kartirali. Na področju ruševin stare Cinkarne v Celju smo odvzeli vzorce treh avtohtonih in ene alohtone vrste in sicer: brezo, topol in vrbo ter pajesen kot alohtono drevesno vrsto. Vzorce smo ločili na posamezne frakcije in sicer na vejice z listi, veje, deblo (analizirali smo tudi ločeno lubje in les) in korenine. Zračno sušene vzorce smo drobili v sekljalniku in iz sekancev pridobili s četrтинjenjem vzorce za fino pomletje za analizo.

Porazdelitev onesnažil med posameznimi deli rastlin, merjena z multielementno analizo z metodo nevtronske aktivacije in s kemijskimi metodami, je pomembna za določitev postopka priprave biomase tako, da bi z biomaso odstranili z rastišča čim več onesnažil. Odvisnost hitrosti dekontaminacije tal sicer ni bila naloga tega projekta.

Kot vzorec onesnažene kmetijske odpadne biomase smo vzeli suho rozgo vinske trte.

Obdelali smo tudi vzorec blata iz komunalne biološke čistilne naprave.

Za vse vzorce velja, da smo jih sušili s pomočjo sončne energije, bodisi z direktnim

obsevnjem, ali pa s pomočjo pretoka zraka.

Sušenje brez uporabe primarnega vira energije močno poveča izkoristek celotnega postopka pretvorbe kontaminirane biomase v sintezni plin in goriva.

En vzorec odpadne industrijske kontaminirane biomase je bil suh in sicer gre za odpadke ivernih plošč.

Izdelali smo opremo za predelavo vzorcev suhe mlete biomase v sintezni plin, to je mešanice vodika in ogljikovega monoksida s primesmi.

Postopek je sestavljen iz dveh stopenj, ki sta lahko povezani ali pa lokacijsko ločeni.

Prva stopnja je sušenje, mletje in piroliza biomase do ogljenega ostanka. Izbrali smo nizkotemperaturno počasno pirolizo, da bi pridobili čimveč oglja in manj plinastih in tekočih produktov pirolize.

Poskusno pirolitsko peč smo segrevali posredno s plamenom in zbirali plinsko fazo, kondenzat sestavljen iz katrana in vode, vodo iz vodne zapore, v kateri so se zbirale vodotopne plinske komponente ter ogljen pirolizni ostanek. Z multielementno analizo vzorcev smo določili porazdelitev onesnažil po posameznih produktih. Poleg onesnažil smo v vzorcih biomase in v oglju določili ogljik, vodik, dušik, kisik in kurilno vrednost. Cilj prve faze je pridobiti čim več piroliznega oglja, porabiti vse gorljive odpadke (plin in organski kondenzat) za segrevanje pirolitske peči ter iz plina izprati komponente, ki predstavljajo hranila za rastline, predvsem smo se osredotočili na kemijsko vezani dušik. Ločenje dušika je prvi krog vračanja hranil in njihovega ločevanja od onesnažil.

Pirolizni ostanek je suha, trdna in inertna snov, ki jo lahko skladiščimo dolgo časa v zelo enostavnih napravah in tako kompenziramo sezonska nihanja v proizvodnji kontaminirane biomase. Sicer je ta nihanja mogoče zgladiti tudi s skladiščenejm zdrobljene suhe biomase, v primeru, ko bi bila piroliza in vplinjevanje povezana procesa.

Druga stopnja je vplinjanje, ki smo ga izvajali v šaržnem reaktorju. Dovod energije za endotermno reakcijo vplinjanja je bil izveden z električno energijo, kot reagent smo dovajali vodno paro. Ta koncept daje kot produkt samo plinske komponente, ki so bodisi uporabne - vodik in ogljikov monoksid – bodisi so topne v vodi – ogljikov dioksid in onesnažila kot sta divodikov sulfid in vodikov klorid. Predvsem pa je pomembno, da v plinih ni balasta, dušika in argona. Potrebno električno energijo pridobimo bodisi iz toplote po vplinjevanju preko parnega ciklusa, bodisi z uporabo dela proizvedenega plina na toplotnem stroju (na primer na plinski turbini) ali pa z porabo dela končnega produkta, to je očiščenega plina na gorivni celici. Vsa neizkoriščena toplota pri pretvorbi v mehansko delo se porabi v postopku predgrevanja materialov in reagentov, kot je para. Pri vplinjanju ostaja trden produkt, ki predstavlja pepel biomase, torej vsebuje kalijeve soli. Zajemanje kalijevih soli predstavlja drugi krog vračanja hranil v proizvodnjo biomase. Tretja osnovna spojina iz vrste hranil so fosfati, ki jih zajamemo pri čiščenju sinteznega plina.

Čiščenje piroliznega plina smo izvajali s spiranjem z vodo in analizirali vodno raztopino v vodni zapori. Kar se tiče čiščenja plinskih slednih komponent v sinteznem plinu smo spremljali razvoj postopkov čiščenja z odstranjevanjem različnih specifičnih komponent. Povzeli smo tehnološke možnosti čiščenja pri nizkih temperaturah, kar zahteva prenos toplote iz vročega surovega plina na očiščen plin. Pri tem prihaja do izgub toplote, naprave pa so kompleksne in drage. Glede eksperimentalnega dela smo se pri čiščenju v tem trenutku osredotočili predvsem na razvoj postopkov odstranjevanje živega srebra iz plinaste faze pri nižjih temperaturah (pod 100 0C). V nadaljnjih raziskavah se usmerjmo na razvoj postopkov odstranjevanja Hg iz plinske faze pri visokih temperaturah (400 do 500 0C).

### 3. Izkoriščanje dobljenih rezultatov:

3.1. Kakšen je potencialni pomen<sup>2</sup> rezultatov vašega raziskovalnega projekta za:

- a) odkritje novih znanstvenih spoznanj;
- b) izpopolnitev oziroma razširitev metodološkega instrumentarija;
- c) razvoj svojega temeljnega raziskovanja;
- d) razvoj drugih temeljnih znanosti;
- e) razvoj novih tehnologij in drugih razvojnih raziskav.

3.2. Označite s katerimi družbeno-ekonomskimi cilji (po metodologiji OECD-ja) sovpadajo rezultati vašega raziskovalnega projekta:

- a) razvoj kmetijstva, gozdarstva in ribolova - Vključuje RR, ki je v osnovi namenjen razvoju in podpori teh dejavnosti;
- b) pospeševanje industrijskega razvoja - vključuje RR, ki v osnovi podpira razvoj industrije, vključno s proizvodnjo, gradbeništvom, prodajo na debelo in drobno, restavracijami in hoteli, bančništvom, zavarovalnicami in drugimi gospodarskimi dejavnostmi;
- c) proizvodnja in racionalna izraba energije - vključuje RR-dejavnosti, ki so v funkciji dobave, proizvodnje, hranjenja in distribucije vseh oblik energije. V to skupino je treba vključiti tudi RR vodnih virov in nuklearne energije;
- d) razvoj infrastrukture - Ta skupina vključuje dve podskupini:
  - transport in telekomunikacije - Vključen je RR, ki je usmerjen v izboljšavo in povečanje varnosti prometnih sistemov, vključno z varnostjo v prometu;
  - prostorsko planiranje mest in podeželja - Vključen je RR, ki se nanaša na skupno načrtovanje mest in podeželja, boljše pogoje bivanja in izboljšave v okolju;
- e) nadzor in skrb za okolje - Vključuje RR, ki je usmerjen v ohranjanje fizičnega okolja. Zajema onesnaževanje zraka, voda, zemlje in spodnjih slojev, onesnaženje zaradi hrupa, odlaganja trdnih odpadkov in sevanja. Razdeljen je v dve skupini:
- f) zdravstveno varstvo (z izjemo onesnaževanja) - Vključuje RR - programe, ki so usmerjeni v varstvo in izboljšanje človekovega zdravja;
- g) družbeni razvoj in storitve - Vključuje RR, ki se nanaša na družbene in kulturne probleme;
- h) splošni napredek znanja - Ta skupina zajema RR, ki prispeva k splošnemu napredku znanja in ga ne moremo pripisati določenim ciljem;
- i) obramba - Vključuje RR, ki se v osnovi izvaja v vojaške namene, ne glede na njegovo vsebino, ali na možnost posredne civilne uporabe. Vključuje tudi varstvo (obrambo) pred naravnimi nesrečami.

---

<sup>2</sup> Označite lahko več odgovorov.

3.3. Kateri so **neposredni rezultati** vašega raziskovalnega projekta glede na zgoraj označen potencialni pomen in razvojne cilje?

Neposredni rezultati raziskave so razvite osnove postopka predelave kontaminirane biomase pripravljene na kontaminiranih zemljiščih ali v BČN v sintezni plin in čiščenje tega plina za uporabo v sintezi goriv (Fischer Tropsch) s posebnim poudarkom na zajemnanju dušikovih spojin in kalijevih soli kot osnovnih hranil za povečanje prirastka biomase in ločevanje od ogljika in kontaminantov, predvsem toksičnih kovin. Na osnovi eksperimentalnih podatkov je mogoče postaviti različne scenarije izkoriščanja kontaminiranih površin za proizvodnjo biomase ter za uporabo blat BČN za gnojenje pri pridelavi kontaminirane biomase ali za neposredno uporabo za pretvorbo v sintezni plin. Mogoče je postaviti energijske bilance za sušenje, drobljenje, pirolizo in transport biomasne, za čiščenje plinov, za vpljanje z uporabo električne energije za pokrivanje endotermnih energijskih potreb, za čiščenje sinteznega plina pred sintezo goriv ali pred uporabo vodika v gorivnih celicah. Mogoče je definirati snovne bilance ogljika in vodika ter hranil in onesnažil. Možna je ocena investicijskih in obratovalnih stroškov postopkov.

3.4. Kakšni so lahko **dolgoročni rezultati** vašega raziskovalnega projekta glede na zgoraj označen potencialni pomen in razvojne cilje?

V dolgoročnem smislu bodo ti rezultati služili kot osnova za oceno različnih scenarijev pri oskrbi gospodarstva z gorivi za transport v času upadanja ponudbe naftnih derivatov. Rezultati bodo prispevali k neodvisnosti od preskrbe z gorivi. Na osnovi velike površine pokrite v Sloveniji z gosdovi in, drugič, z izkoriščanjem rodovitnih površin, ki zaradi kontaminiranosti s strupenimi kovinami niso uporabne za pridelavo hrane. Na teh površinah bo mogoče uporabiti kontaminirana blata BČN za gnojenje in povečanje pridelave biomase. Kot hranila se bodo deloma reciklirale spojine dušika, kalija in fosforja, od biomase se bodo ločevali kontaminanti, izraba ogljika in vodika pa bo glede bilance ogljika prispevala k trajnostni ogljikovi družbi (brez povečevanja emisij ogljika). Zadnji dolgoročni rezultat je postopna dekontaminacija kontaminiranih površin in povrnitev teh površin v kmetijsko rabo za pridelavo hrane.

3.5. Kje obstaja verjetnost, da bodo vaša znanstvena spoznanja deležna zaznavnega odziva?

- a) v domačih znanstvenih krogih;
- b) v mednarodnih znanstvenih krogih;
- c) pri domačih uporabnikih;
- d) pri mednarodnih uporabnikih.

3.6. Kdo (poleg sofinancerjev) že izraža interes po vaših spoznanjih oziroma rezultatih?

Interes so pokazale organizacije, ki pri svoji dejavnosti srečujejo odpadno (onesnaženo) biomaso, na primer biološka čistilna naprava v okviru sodelovanja na Tehnološkem stičišču na 5. Slovenskem forumu inovacij v letu 2010, ali med neposrednimi pogovori na Institutu Jožef Stefan v okviru sodelovanja z gospodarskimi partnerji (uporabniki ivernih plošč in proizvajalci odpadnih ivernih plošč).



3.7. Število diplomantov, magistrrov in doktorjev, ki so zaključili študij z vključenostjo v raziskovalni projekt?

1 diplomant, 1 doktorat je v izdelavi.

#### 4. Sodelovanje z tujimi partnerji:

4.1. Navedite število in obliko formalnega raziskovalnega sodelovanja s tujimi raziskovalnimi inštitucijami.

1 Professor Dr. Xiang Gao, Deputy Dean, Department of Energy Engineering of Zhejiang University, State Key Laboratory for Clean Energy Utilisation, Hangzhou, s katerim smo sodelovanje začeli že leta 2006 s pripravo "The Cooperation Letter of Intent about Flue Gas Cleaning Technology", ga prekinili zaradi pomanjkanja sredstev, nas je ponovno formalno povabil k sodelovanju pri razvoju in uporabi tehnologij za čiščenje dimnih plinov v projektu:

Joint project "Desulfidation Process Optimisation and its Application in the Pollution Purification of Metallurgical Plant and Furnace". Prvi obisk naše strani v Hangzhou bo izveden med 15. in 20. septembrom letos.

2 Z laboratorijem US EPA v Triangle Research Park smo se dogovorili za izmenjavo izkušenj pri oksidativnem odstranjevanju elementarnega živega srebra iz dimnih plinov v mokrih postopkih čiščenja plinov. V letu 2010 smo se z vabljenim predavanjem udeležili simpozija na to temo, ki ga je organizirala EPA (N. Hutson). EPA je v pismu o nameri ponudila uporabo svojih raziskovalnih kapacitet (pilotna naprava).

3 Institut "Jožef Stefan" sodeluje v evropskem projektu EMRP ENV.02, 2011 – 2014: European Metrology Research Project, Novi sledljivi kalibracijski standardi za kontinuirni nadzor meritev, WP 4 – Mercury, vodja Prof. dr. Milena Horvat

4.2. Kakšni so rezultati tovrstnega sodelovanja?

Ad 1 in 2: Združevanje raziskovalnih kapacitet in izmenjava izkušenj pri raziskavah na podobnih področjih in potencialna uporaba teh dosežkov na širših trgih.

Ad 3: Razvoj novih in zanesljivejših merilnih metod za nadzor obratovanja naprav za čiščenje odpadnih plinov in odstranjevanja živega srebra iz njih, kot bo zahtevala nova zakonodaja, ki bo sprejeta na globalnem nivoju na osnovi odločitve UNEPA leta 2009.

## **5. Bibliografski rezultati<sup>3</sup> :**

*Za vodjo projekta in ostale raziskovalce v projektni skupini priložite bibliografske izpise za obdobje zadnjih treh let iz COBISS-a) oz. za medicinske vede iz Inštituta za biomedicinsko informatiko. Na bibliografskih izpisih označite tista dela, ki so nastala v okviru pričujočega projekta.*

---

<sup>3</sup> Bibliografijo raziskovalcev si lahko natisnete sami iz spletne strani:<http://www.izum.si/>

**6. Druge reference<sup>4</sup> vodje projekta in ostalih raziskovalcev, ki izhajajo iz raziskovalnega projekta:**

COBISS

ČLANKI IN DRUGI SESTAVNI DELI

Pojasnilo: tematika objav iz COBISS-a je delno financirana iz drugih projektov, delno pa spada v to raziskavo

2009-2011

1.01 Izvirni znanstveni članek

KOCMAN, David, HORVAT, Milena. A laboratory based experimental study of mercury emission from contaminated soils in the River Idrijca catchment. *Atmos. chem. phys.* (Print), 2010, vol. 10, no. 3, str. 1417-1426. [COBISS.SI-ID 23216423]

STERGARŠEK, Andrej, HORVAT, Milena, FRKAL, Peter, STERGARŠEK, Jošt. Removal of Hg<sup>0</sup> from flue gases in wet FGD by catalytic oxidation with air : an experimental study. *Fuel* (Guildf.). [Print ed.], 2010, vol. 89, no. 11, str. 3167-3177, doi: 10.1016/j.fuel.2010.04.006. [COBISS.SI-ID 23598375]

1.06 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci (vabljeno predavanje)

HORVAT, Milena. Indicators of mercury reactivity and bioavailability in the environmet : a search for cost-effective monitoring strategies : [plenary talk]. V: BARGAŃSKA, Źaneta (ur.). *Proceedings of the 15th International Conference on Heavy Metals in the Environmental*, September 19-23, 2010, Gdańsk, Poland. Gdańsk: Chemical Faculty, Gdańsk University of Technology, 2010, str. 38-43. [COBISS.SI-ID 23957543]

1.07 Objavljeni strokovni prispevek na konferenci (vabljeno predavanje)

STERGARŠEK, Andrej, HORVAT, Milena, RIBEIRO GUEVARA, Sergio, FRKAL, Peter, STERGARŠEK, Jošt. Catalytic oxidation of Hg<sup>0</sup> in wet FGD by air-contributions to the development of the chemical model of the process. V: GCHT-8, 8th International Symposium on Gas Cleaning at High Temperatures, August 23-25, 2010, Taiyuan, Shanxi, China. Final program and abstracts. [S. l.: s. n.], 2010, 14 str. [COBISS.SI-ID 23901735]

1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci

HORVAT, Milena, KOCMAN, David, PIRRONE, Nicola, VILLAS BÔAS, Roberto C., XINBIN, Feng, CINNIRELLA, Sergio. Contribution of mercury contaminated sites to the global mercury pool. V: ICMGP2009, 9th International Conference on Mercury as a Global Pollutant, June 7-12, 2009, Guiyang, China. [S. l.: s. n.], 2009. [COBISS.SI-ID 22739239]

STERGARŠEK, Andrej, HORVAT, Milena, FRKAL, Peter, KOTNIK, Jože, FAJON, Vesna, ŹIŹEK, Suzana, PONIKVAR-SVET, Maja, KOCJANČIČ, Robert, RIBEIRO GUEVARA, Sergio, HRASTEL, Iztok. Transformation processes of mercury species in wet flue gas desuphurisation equipment. V: ICMGP2009, 9th International Conference on Mercury as a Global Pollutant, June 7-12, 2009, Guiyang, China. [S. l.: s. n.], 2009. [COBISS.SI-ID 22736935]

<sup>4</sup> Navedite tudi druge raziskovalne rezultate iz obdobja financiranja vašega projekta, ki niso zajeti v bibliografske izpise, zlasti pa tiste, ki se nanašajo na prenos znanja in tehnologije.

Navedite tudi podatke o vseh javnih in drugih predstavitev projekta in njegovih rezultatov vključno s predstavitvami, ki so bile organizirane izključno za naročnika/naročnike projekta.

STERGARŠEK, Andrej, RIBEIRO GUEVARA, Sergio, FRKAL, Peter, KOCJANČIČ, Robert, KOTNIK, Jože, ŽIŽEK, Suzana, PONIKVAR-SVET, Maja, JESIH, Adolf, FAJON, Vesna, STERGARŠEK, Jošt, HORVAT, Milena. Removal of elemental mercury in wet flue gas desulphurisation (Fgd) equipment. V: Mercury emission from coal, MEC6 :22-24 April 2009, Ljubljana, Slovenia. [Ljubljana: s. n.], 2009, str. 22. [COBISS.SI-ID 22583591]

STERGARŠEK, Andrej, HORVAT, Milena, RIBEIRO GUEVARA, Sergio, FRKAL, Peter. Catalytic oxidation of  $Hg^0$  in wet FGD by air-contributions to the development of the chemical model of the process. V: The 8th International Symposium on Gas Cleaning at High Temperatures, GCHT-8, August 22-25, 2010, Taiyuan, Shanxi, China. Final program and abstracts. [S. l.: s. n.], 2010, str. 17. [COBISS.SI-ID 23898407]

RIBEIRO GUEVARA, Sergio, STERGARŠEK, Andrej, FRKAL, Peter, HORVAT, Milena. The HG-197 radiotracer in environmental studies. V: 10th International Conference on Mercury as a Global Pollutant : Abstract Volume : July 24-29, 2011, Halifax, Nova Scotia, Canada. Halifax: ICMGP, 2011, str. 261. [COBISS.SI-ID 24961831]

1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji

104. MASSOUDIEH, Arash, ŽAGAR, Dušan, GREEN, Peter G., CABRERA-TOLEDO, Carlos, HORVAT, Milena, GINN, Timothy R., BARKOUKI, Tammer, WEATHERS, Tess, BOMBARDELLI, Fabian A. Modeling mercury fate and transport in aquatic systems. V: MIHAILOVIC, Dragutin T. (ur.), GUALTIERI, Carlo (ur.). Advances in environmental fluid mechanics. Singapore [etc.], cop. 2010, str. 275-308. [COBISS.SI-ID 5096033]

HORVAT, Milena. Indicators of mercury loads in contaminated sites : presented at International Workshop on Mercury in contaminated sites: Characterization, impacts and remediation, 10.-14. October 2010, Piran, Slovenia. 2010. [COBISS.SI-ID 24070183]

ŽIŽEK, Suzana, RIBEIRO GUEVARA, Sergio, HORVAT, Milena. The use of radioisotopes in mercury transformation studies : presented at International Workshop on Mercury in contaminated sites: Characterization, impacts and remediation, 10.-14. October 2010, Piran, Slovenia. 2010. [COBISS.SI-ID 24070695]

HORVAT, Milena. Strupene kovine v okolju : problemi in izzivi današnjega časa : Nacionalna konferenca o komuniciranju kemije "Kemija med percepcijo in realnostjo: vloga znanstvenikov, industrije, medijev in izobraževanja", 24. maj 2011, Ljubljana, Slovenija. 2011. [COBISS.SI-ID 24786215]

Urednik

HORVAT, Milena (ur.), SAKAMOTO, Mineshi (ur.), FAGANELI, Jadran (ur.). International Workshop Mercury in Contaminated Sites: Characterization, Impacts and Remediation, Marine Biology Station, Piran, Slovenia, 10.-14. October 2010. Ljubljana: Jožef Stefan Institute, Department of Environmental Sciences, 2011. 1 optični disk (CD-ROM). ISBN 978-961-264-028-6. [COBISS.SI-ID 254333952]

DRUGE REFERENCE, ki delno izhajajo iz tega projekta:

STERGARŠEK, Andrej, HORVAT, Milena, RIBEIRO GUEVARA, Sergio, FRKAL, Peter, KOTNIK, Jože, ŽIŽEK, Suzana, FAJON, Vesna, STERGARŠEK, Jošt. Removal of

elemental mercury in wet flue gas desulphurisation (FGD) equipment. US EPA Triangle Research Park, N. Carolina, August 21, 2009 - neobjavljeno vabljeno predavanje.  
STERGARŠEK, Andrej, HORVAT, Milena, RIBEIRO GUEVARA, Sergio, FRKAL, Peter. Catalytic oxidation of Hg(0) in wet FGD by Air and the Fate of Hg(2+) in the Absorber Solution , V: Mercury emission from coal, MEC7 : June 16.18, 2010, Glasgow, UK - neobjavljeno vabljeno predavanje.

STERGARŠEK, Andrej, HORVAT, Milena, FRKAL, Peter, JAĆIMOVIĆ Radojko. Pyrolysis and Gasification of Biomass from Contaminated Sites - Recycling of Nutrients and Removal of Contaminants - članek v pripravi