

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2016/2



ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

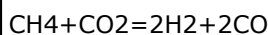
Šifra projekta	Z2-5463
Naslov projekta	Razvoj katalizatorja na osnovi kovin prehoda za učinkovito pretvorbo bioplina v sintezni plin
Vodja projekta	28557 Petar Djinović
Tip projekta	Zt Podoktorski projekt - temeljni
Obseg raziskovalnih ur	3400
Cenovni razred	B
Trajanje projekta	08.2013 - 07.2015
Nosilna raziskovalna organizacija	104 Kemijski inštitut
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.02 Kemijsko inženirstvo 2.02.04 Kataliza in reakcijsko inženirstvo
Družbeno-ekonomski cilj	13.02 Tehnološke vede - RiR financiran iz drugih virov (ne iz SUF)
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	2 Tehniške in tehnološke vede 2.04 Kemijsko inženirstvo

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

2. Povzetek raziskovalnega projekta¹

SLO

Tematika raziskovalnega projekta je bila razvoj katalizatorjev na osnovi kovin prehoda, kateri bodo delovali aktivno, stabilno in selektivno v reakciji reforminga metana z ogljikovim dioksidom.



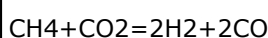
Težava te reakcije, kljub veliki potencialni industrijski prednosti, je odsotnost klasičnega oksidanta (O_2 ali H_2O) v napajalni plinski zmesi, kar vodi do številnih stranskih reakcij, še posebej akumulacije ogljika na katalizatorju, kar vzrokuje hitri deaktivaciji.

Z aktivnostmi v raziskovalnem projektu smo preiskovali ter uspešno razvili tako keramični nosilec, kot tudi zasnovali izbor aktivnih kovin, katere smo uspešno uporabili v katalitski reakciji.

Pripravljene katalizatorje smo okarakterizirali s številnimi tehnikami (BET, XRD, SEM, TEM, Raman, DRIFTS, UV-Vis), ter na ta način pridobili informacije o ključnih lastnostih materiala, ki omogočajo učinkovito minimizacijo stranskih reakcij in posledično stabilno delovanje.

ANG

The topic, covered in the financed research project was development of active, stable and selective transition metal catalysts for the methane dry reforming reaction.



The downside of the investigated reaction, despite high industrial interest and relevance is the absence of a classic oxidant in the feed stream, which results in many side reactions, especially carbon accumulation over the catalyst which results in a fast deactivation.

Research activities, carried out during the course of this project were aimed at developing an appropriate ceramic support and deposition of active metal nanoclusters, which were efficiently used in the investigated reaction.

Prepared catalysts were characterized by numerous techniques (BET, XRD, SEM, TEM, Raman, DRIFTS, UV-Vis), which enabled us to obtain crucial information regarding the required properties of the material which enable minimization of the side reactions and thus enable stable catalytic operation.

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu²

Realizirani so bili naslednji cilji raziskovalnega projekta:

- identifikacije optimalnega razmerja med nikljem in kobaltom pri reakciji reforminga metana,
- določitev vpliva velikosti kovinskih delcev na aktivnost katalizatorja,
- določitev vpliva reakcijske temperature na stabilnost katalizatorja,
- določitev sestave napajalne zmesi katera omogoča delovanje katalizatorja brez akumulacije ogljika,
- določitev ustrezne sintezne metode za pripravo oksidnega nosilca,
- izboljšanje termične stabilnosti katalizatorja z dopiranjem in uvedbo dodatnega refraktornega nosilca,
- razširitev koncepta katalizatorja s tradicionalno uporabljenega niklja in kobalta na železo in volfram.

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

Program dela, načrtan v raziskovalnem projektu je bil v celoti izpolnjen.

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

Do sprememb programa ni prišlo.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁵

		Znanstveni dosežek	
1.	COBISS ID	5837594	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Redoks promovirani bimetalni kovinski katalizatorji na aluminijevem oksidu za uporabo v reakciji reforminga metana z ogljikovim dioksidom
		ANG	Transition metal pairs on ceria-promoted, ordered mesoporous alumina as catalyst for methane-CO ₂ reforming reaction
	Opis	SLO	CoFe, CoW, NiFe in NiW bimetalni nanodelci, naneseni na CeO ₂ -ZrO ₂ redoks promoviran urejen mezoporozni g-Al ₂ O ₃ nosilec so bili testirani pri reakciji suhega reforminga metana. CoFe/AlCZ in NiFe/AlCZ izkazujejo visoko in stabilno hitrost pretvorbe metana, in sicer 8.8 in 6.0 mmol CH ₄ /(g/kat min). Aktivnost katalizatorjev na osnovi volframa (CoW/AlCZ in NiW/AlCZ) je opazno nižja (2.8 in 0.8 mmol CH ₄ /(gkat min)), njihova deaktivacija pa je povezana s sintranjem in oksidacijo kovinskih skupkov. NiFe/AlCZ, CoFe/AlCZ in NiW/AlCZ katalizatorji so izkazovali nizko selektivnost za akumulacijo ogljika (delež ogljika na katalizatorju po 20 h katalitskem testu je znašal med 0.6 in 1.2 ut. %), kar potrjuje primernost uporabljenih kovin in učinkovitost redoks promotorja pri uporabljenih reakcijskih pogojih.
		ANG	CoFe, CoW, NiFe and NiW bimetallic pairs deposited over the CeO ₂ -ZrO ₂ promoted ordered mesoporous g-Al ₂ O ₃ , were tested in methane dry reforming reaction. The CoFe/AlCZ and NiFe/AlCZ catalysts achieved high and stable methane conversion rates of 8.8 and 6.0 mmol CH ₄ /(gcat min), respectively. Activity of tungsten containing catalysts (CoW/AlCZ and NiW/AlCZ) was substantially lower, compared to iron containing catalysts (2.8 and 0.8 mmol CH ₄ /(gcat min), respectively) and their deactivation was likely related to sintering and oxidation of active metal clusters. Low carbon content was accumulated on the surface of spent NiFe/AlCZ, CoFe/AlCZ and NiW/AlCZ catalysts after 20 h tests (0.6-1.2 wt. %), indicating high efficiency of the redox promoter under dry reforming conditions.
	Objavljeno v	Royal Society of Chemistry; Catalysis science & technology; 2016; Str. 1-9; Impact Factor: 5.426; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 3.691; A': 1; WoS: EI; Avtorji / Authors: Aw Moom Sinn, Dražič Goran, Djinović Petar, Pintar Albin	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
2.	COBISS ID	37574917	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Stabilni katalizatorji na osnovi NiCo, dispergirane na beta-SiC/CeZrO ₂ in gamma-Al ₂ O ₃ /CeZrO ₂ nosilcih, pripravljene z enostavnimi sintezniimi tehnikami za uporabo v reakciji reforminga CH ₄ in CO ₂
		ANG	Insights into durable NiCo catalysts on B-SiC/CeZrO ₂ and g-Al ₂ O ₃ /CeZrO ₂ advanced supports prepared from facile methods for CH ₄ -CO ₂ dry reforming
	Opis	SLO	V tej raziskavi smo preučevali nanašanje CeZrO ₂ na komercialno dostopen β-SiC (SICAT), urejen mezoporozen β-SiC, sintetiziran v naših laboratorijih, kot tudi na γ-Al ₂ O ₃ z namenom razkriti razlike v stabilnosti bimetalnih NiCo katalizatorjev reakciji reforminga CH ₄ in CO ₂ . Različne metode so bile uporabljene za nanos CeZrO ₂ , ki se je med reakcijo ohranil v obliki trdne raztopine, medtem ko je zaradi izpostavitve visoki reakcijski temperaturi prišlo do vgradnje Ni in Co v strukturo Al ₂ O ₃ in posledično so nastali spineli. Stabilnostni testi, trajajoči 550 h so pokazali da je nanos aktivnih komponent z tehniko mokre impregnacije, in homogene precipitacije v dveh stopnjah najbolj učinkovit. Tako pripravljene SICAT/CeZrO ₂ in γ-Al ₂ O ₃ /CeZrO ₂ katalizatorji niso izkazovali nobene deaktivacije med opravljenimi katalitskimi testi.

		<p>This study explores CeZrO₂ deposited over commercial β-SiC, and a highly ordered 3D β-SiC synthesised in the laboratory via electrophoretic deposition, as well as γ-Al₂O₃ in order to prepare three types of dual support for NiCo bimetallic catalyst in CH₄-CO₂ dry reforming (DR). CeZrO₂ was deposited over γ-Al₂O₃ and β-SiC by dry impregnation (DI), wet impregnation (WI) and 2-step deposition precipitation (DP). XRD analysis indicated that the constituents of the dual supports were retained after calcination, as well as before and after the DR reaction. CeZrO₂ remained as a mixed oxide solid solution, whilst alumina formed spinel structures with Ni and Co before the catalysts were reduced in H₂ during the pretreatment step prior to the activity tests. During 550 h stability tests, WI, 2-step SiC/CeZrO₂ and 2-step γ-Al₂O₃/CeZrO₂ solids were identified as the most promising catalysts, maintaining high DR activities without deactivation. Notably, 2-step SiC(SiC) and 2-step γ-Al₂O₃/CeZrO₂ samples recorded the highest yield (H₂ = 77%, CO = 90%; H₂ = 71%, CO = 81%), with a coke content of 7.7 and 0.6 wt.%, respectively. Carbon deposition for the former is high; contrarily, for WI SiC (SiC) solid, it accumulated a lower amount of 2.6 wt.%. No agglomeration of CeZrO₂ and NiCo phases was observed, evidencing excellent robustness and thermal resistance of these dual supports.</p>
	Objavljeno v	Elsevier; Applied catalysis. B, Environmental; 2015; Vol. 164; str. 100-112; Impact Factor: 7.435; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.972; A'': 1; A': 1; WoS: EI, IH, II; Avtorji / Authors: Aw Moom Sinn, Zorko Milena, Djinović Petar, Pintar Albin
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	37867525 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<p><i>SLO</i> Selektivna pretvorba bioplina v sintezni plin z uporabo katalizatorjev na osnovi kovin prehoda</p> <p><i>ANG</i> Biogas to syngas conversion without carbonaceous deposits via the dry reforming reaction using transition metal catalysts</p>
	Opis	<p><i>SLO</i> V tem članku so predstavljeni vplivi morfologije kovinskih delcev, delež kovine prehoda in redoks sposobnost CeO₂-ZrO₂ nosilca vplivajo na aktivnost in stabilnost pri reakciji suhega reforminga metana. Kemijska sestava katalizatorja in ustrezna sintezna metoda sta omogočili pripravo materialov kateri ne akumulirajo ogljika na svoji površini med reakcijo reforminga metana. Izražene redoks lastnosti nosilca igrajo ključno vlogo pri preprečevanju poogljichenja in so optimalno razvite pri nanokristaliničnih delcih trdne raztopine cerijevega-cirkonijevega mešanega oksida. Nikelj in kobalt morata biti fino dispergirana po nosilcu, saj je učinkovitost odstranjevanja ogljika povezana z fazno mejo kovina-nosilec. Pri višjih deležih aktivnih kovin (12-18 ut. % v primerjavi z 3-6 ut. %) je doprinos k višji katalitski aktivnosti zanemarljiv, se pa bistveno poveča hitrost poogljichenja.</p> <p><i>ANG</i> This study investigates how morphology, active metal content and oxygen storage capacity of various bimetallic NiCo/CeZrO₂ materials influence their catalytic activity and stability in the methane dry reforming reaction. Catalyst preparation procedure and chemical composition were steered to finally obtain materials, which do not accumulate carbon during the CH₄/CO₂ reforming reaction. Oxygen storage capacity of the CeZrO₂ catalyst support was identified to play a vital role in retarding carbon accumulation over the tested NiCo/CeZrO₂ materials. This property can be fully developed when a nanocrystalline solid solution of CeO₂ and ZrO₂ is formed. Secondly, a high dispersion of nickel and cobalt is crucial for two reasons: (i) catalysts which contain larger NiCo bimetallic particles (for example with 12-18 wt. % active metal loading) exhibit a low metal-support interphase that results in enhanced coke formation rates; (ii)</p>

		additionally, only a marginal gain in methane reforming rates are achieved at higher loadings, compared to catalysts with a 3-6 wt. % active metal content.
	Objavljeno v	Elsevier; Catalysis today; 2015; Vol. 253; str. 155-162; Impact Factor: 3.893; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.668; A': 1; WoS: DW, EI, II; Avtorji / Authors: Djinović Petar, Osojnik Črnivec Ilja Gasan, Pintar Albin
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID	37294341 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Razlaga vzrokov regeneracije NiCo/Ce _{0.8} Zr _{0.2} O ₂ bimetalnih katalizatorjev pri reakciji reforminga CH ₄ in CO ₂
		<i>ANG</i> Details behind the self-regeneration of supported NiCo/Ce _{0.8} Zr _{0.2} O ₂ bimetallic catalyst in the CH ₄ -CO ₂ reforming reaction
	Opis	<i>SLO</i> Stabilno delovanje katalizatorja v daljšem časovnem okviru je ena od temeljnih zahtev v heterogeni katalizi. Sintetizirani katalizatorji na osnovi kovin prehoda, dispergirani na redoks nosilcih so bili okarakterizirani z naprednimi površinsko občutljivimi in-situ in operando tehnikami. Opažene fizikalno kemijske spremembe smo korelirali s spremembami katalitske aktivnosti analiziranih materialov. Ugotovili smo, da je oksidacija aktivnih NiCo bimetalnih kovinskih skupkov zelo odvisna od njihove velikosti. Oksidacija je glavni razlog za deaktivacijo katalizatorja. Ponovna vzpostavitev začetne katalitske aktivnosti je povezana z ponovno redukcijo rastočih NiCo bimetalnih delcev in rekristalizacijo CeO ₂ -ZrO ₂ redoks nosilca. Z različnimi karakterizacijskimi tehnikami bomo pridobili podrobne informacije o obnašanju in delovanju katalizatorjev, katere bomo razvijali v tem raziskovalnem projektu.
		<i>ANG</i> Stable catalytic performance is one of the most important aspects of heterogeneous catalysis. Synthesized supported transition metal catalysts were thoroughly characterized using advanced surface-sensitive and bulk in-situ and operando techniques. Changes in physical and chemical properties of tested materials were correlated to the observed oscillation in their catalytic activity. It was discovered that oxidation of NiCo bimetallic clusters is strongly size-dependant and is the primary reason for the observed catalyst deactivation. Catalyst regeneration was connected partly to transition of growing (in)active oxide clusters back to their initial metallic state and recrystallization of the Ceria-zirconia redox support. In depth materials characterization is crucial and will be employed also when analyzing the performance of newly developed catalysts in this research project.
	Objavljeno v	Wiley-VCH; ChemCatChem; 2014; Vol. 6, iss. 6; str. 1652-1663; Impact Factor: 4.556; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 3.691; A': 1; WoS: EI; Avtorji / Authors: Djinović Petar, Osojnik Črnivec Ilja Gasan, Erjavec Boštjan, Pintar Albin
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine⁶

	Družbeno-ekonomski dosežek	
1.	COBISS ID	5473306 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Katalizator in proces za pretvorbo plinskih zmesi metana in ogljikovega dioksida v sintezni plin
		<i>ANG</i> CATALYST AND THE PROCESS FOR CONVERTING GAS MIXTURES OF

		METHANE AND CARBON DIOXIDE INTO SYNGAS
Opis	SLO	Evropska patentna prijava ščiti sintezni postopek in kemijsko sestavo razvitega katalizatorja ki omogoča katalitsko pretvorbo modelnih plinskih zmesi bioplina z raznoliko sestavo v sintezni plin brez akumulacije ogljika. Na ta način poskušamo komercializirati naše znanje in skrbimo za premostitev znanja iz raziskovalnega v industrijski sektor.
	ANG	This european patent application covers synthesis conditions and chemical composition of transition metal catalysts that are capable of selectively converting a wide range of model biogas compositions into syngas without coke accumulation. This is important for commercialization of our knowledge and bridging the gap between academia and industry. We are currently very active in the commercialization of this invention.
Šifra	F.32	Mednarodni patent
Objavljeno v	World Intellectual Property Organization, International Bureau; 2015; 44 str.; Avtorji / Authors: Osojnik Črnivec Ilja Gasan, Djinović Petar, Pintar Albin, Erjavec Boštjan	
Tipologija	2.23 Patentna prijava	
2.	COBISS ID	5743642 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Od biogoriv do laserjev: znanstveni utrinki tedna
	ANG	Form biofuels to lasers: scientific moments of the week
Opis	SLO	Intervju in prispevek objavljen na www.rtv slo.si je bil posledica prejema odmevne nagrade Emerging Technologies nekaj tednov prej. V prispevku sva dr. Petar Djinović in dr. Gasan Osojnik poljudno opisala naš izum in ga umestila v svetovno merilo.
	ANG	The interview, shown at rtvslo.si was a consequence of obtaining a prestigious Emerging Technologies award a couple of weeks before. In the interview, dr. Gasan Osojnik and dr. Petar Djinović described their invention and its importance on the global scale.
Šifra	E.03	Drugo
Objavljeno v	2015; Avtorji / Authors: Djinović Petar, Osojnik Črnivec Ilja Gasan	
Tipologija	3.11 Radijski ali TV dogodek	
3.	COBISS ID	5713434 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Nikljevi in kobaltovi bimetalni katalizatorji dispergirani na CeO ₂ -ZrO ₂ nosilcu za reakcijo reforminga metana z ogljikovim dioksidom
	ANG	CeO ₂ -ZrO ₂ supported NiCo bimetallic catalyst for CH ₄ -CO ₂ reforming without carbonaceous deposits
Opis	SLO	V predavnaju sem predstavil smernice za pripravo aktivnih in stabilnih katalizatorjev za reforming metana s CO ₂ ter ključne lastnosti materialov ki omogočajo tak način delovanja katalizatorja. V drugem delu predavitve sem dokazal vsestranskost razvitega materiala, in sicer s predavitvijo rezultatov katalitskega delovanja pri spreminjanju razmerja med obema reaktantoma v napajalni zmesi, katere simulirajo variabilno sestavo bioplina kot obnovljivega energenta. Tretji del predavitve je bil namenjen prikazu delovanja razvitega katalizatorja v visokotlačnem načinu (20 bar, T= 750C), kateri je trenutno prevladujoč v industrijskih reformerjih.
	ANG	In this presentation, the guidelines for design and synthesis of active and stable transition metal catalysts for methane-CO ₂ reforming reaction were presented. The second part of the presentation was focused on the versatility of developed catalysts by exposing them to a feed stream with a variable methane/CO ₂ ratio, as is usual for biogas, a renewable energy source. The third part of presentation was dedicated to showing the results

		of high pressure reforming performance (20 bar. T= 750C) which is the usual case in industrial level reformers.
Šifra	B.03	Referat na mednarodni znanstveni konferenci
Objavljeno v	[s. n.]; Conference proceedings; 2015; Str. 379-380; Avtorji / Authors: Djinović Petar, Osojnik Črnivec Ilja Gasan, Erjavec Boštjan, Pintar Albin	
Tipologija	1.08	Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine²

Tretja nagrada na tekmovanju Emerging Technologies competition konec junija 2015 v Londonu (<http://www.rsc.org/competitions/emerging-technologies/previous-winners/#2015-winners>).

Royal society of Chemistry vsako leto v Londonu prireja tekmovanje na katerem strokovna komisija ocenjuje in nagrajuje tehnološke dosežke za katere smatrajo da lahko imajo v bližnji prihodnosti velik vpliv na razvoj družbe in tehnologije. Patentna prijava, katera se nanaša na razvoj in izum katalizatorja, razvitega v sklopu tega projekta je v močni konkurenci prijaviteljev iz celotne Evrope dosegla izjemen rezultat, in sicer tretje mesto. To je prva nagrada za Slovenijo na tem prestižnem tekmovanju.

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Aktivnosti, izpeljane tekom raziskovalnega projekta so rezultirale z novim znanjem na področju sinteze materialov z namenom izboljšati njihove specifične karakteristike, npr. redoks lastnosti.

Pokazali smo da se kljub identični kemijski sestavi morfologija in fizikalno kemijske lastnosti precej razlikujejo. Pri željeni maksimizaciji redoks lastnosti CeO₂ in izboljšanju njegove termične stabilnosti ga je potrebno dopirati s ZrO₂. Silicijev karbid in aluminijev oksid učinkovito delujeta kot termično stabilni komponenti ki preprečujeta sintranje katalizatorja med reakcijo. Primerne sintezne tehnike za pripravo teh materialov so glikotermalna in zgorevalna metoda.

Poleg nosilca velikost kovinskih skupkov zelo vpliva na katalitsko aktivnost, še bolj pa na potek neželjenih kemijskih reakcij, npr. poogljčenja. Visoke aktivnosti in sočasno nizko selektivnost je mogoče doseči samo z bimetalnimi delci, manjšimi od 10 nm. Z uporabo večjih kovinskih skupkov se zniža interakcija z redoks nosilcem kar povzroči pospešitev stranskih reakcij poogljčenja.

Razvoj katalizatorjev na osnovi niklja in kobalta smo posplošili ter razširili tudi na železo in volfram ter s tem dokazali vsestranskost uporabljenega principa delovanja katalizatorja.

ANG

Research activities performed during the course of this research project resulted in new knowledge regarding synthesis of complex multicomponent materials in order to improve their required characteristics, namely redox properties.

We have demonstrated that despite the identical chemical composition, morphology and physico-chemical properties are considerably different. With the goal of improving thermal and redox properties of CeO₂, doping with ZrO₂ was discovered as an efficient technique, whereas glycothermal and combustion synthesis methods were discovered as highly appropriate. Silicon carbide and alumina as refractory auxiliary supports efficiently prevent catalyst sintering during prolonged exposure to reaction conditions.

Besides the redox support, the size of the deposited bimetallic clusters influences the catalytic activity, but even more importantly determines the extent of undesired side reactions, namely

carbon accumulation. High activity with simultaneous absence of carbon accumulation could only be achieved using bimetallic clustres below 10 nm in size.

The principle of operation was proven on nickel and cobalt, but was extended also to tungsten and iron.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Slovenija je država bogata z obnovljivimi energetske viri in velikim potencialom za pridobivanje bioplina. Razviti katalizatorji tekom tega raziskovalnega projekta so osnova za razvoj naprednih, okolju prijaznih tehnologij katere bodo slonele na obnovljivih virih in omogočale pridobivanje kemikalij (sinteznega plina ki je zmes H₂ in CO), katere se nadaljnje v uveljavljenih tehnoloških postopkih pridobivajo za proizvodnjo goriv in kemikalij z višjo dodano vrednostjo.

Raziskovalni projekt je omogočil razvoj katalitskih procesov v Sloveniji kateri predhodno niso bili sistematsko preiskovani ter rezultiral v obsežnem akumuliranem znanju in izkušnjah. Vodja projekta dr. Petar Djinović bi se ob tej priložnosti rad iskreno zahvalil ARRS za izkazano zaupanje ter finančno podporo katera je omogočala izpeljavo projekta.

ANG

Slovenia is rich in renewable energy resources and a vast potential for biogas production. Developed catalysts during the course of this research proposal are the cornerstone for development of advanced, green technologies which are based on renewables for syngas production (H₂ and CO), which can, using the existing well established technologies be upgraded to fuels and added value chemicals.

The research project enabled sistematic investigation of an important katalitic process, which has not previously been investigated in Slovenia. The leading scientist in this project, dr. Petar Djinović would like to express his sincere gratitude to ARRS for the financial support which enabled realization of this process.

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

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

Cilj		
F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>

	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih	

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

	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
F.25	Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
F.26	Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
F.28	Priprava/organizacija razstave	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
F.29	Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
F.31	Razvoj standardov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE

	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.33	Patent v Sloveniji	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

Komentar

--

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

Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visokošolskega izobraževanja					
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"/>	
G.02	Gospodarski razvoj					
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"/>	

G.03	Tehnološki razvoj					
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="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04	Družbeni razvoj					
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="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete					
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj					
G.07	Razvoj družbene infrastrukture					
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"/>	
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva					
G.09.	Drugo:					

Komentar

--

12.Pomen raziskovanja za sofinancerje¹¹

	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 2015¹²

13.1. Izjemni znanstveni dosežek

Na obravnavano tematiko je bil v letu 2015 objavljen članek v ugledni znanstveni reviji s faktorjem vpliva 7.3 (COBISS ID 37574917).

Aw Moom Sinn, Zorko Milena, Djinović Petar, Pintar Albin: Insights into durable NiCo catalysts on B-SiC/CeZrO₂ and g-Al₂O₃/CeZrO₂ advanced supports prepared from facile methods for CH₄-CO₂ dry reforming

13.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

Evropska patentna prijava (EPO/14468002.2) in PCT patentna prijava (PCT/EP2015/057274) sta posledici raziskovalnih dejavnosti v nedavno zaključenem projektu Z2-5463.

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:

Kemijski inštitut

Petar Djinović

ŽIG

Datum:

2.3.2016

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2016/2

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

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

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

⁴ V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega projekta, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega projekta oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine v

zadnjem letu izvajanja projekta, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

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

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

Družbeno-ekonomski dosežek je po svoji strukturi drugačen kot znanstveni dosežek. Povzetek znanstvenega dosežka je praviloma povzetek bibliografske enote (članka, knjige), v kateri je dosežek objavljen.

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

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

⁸ Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://sicris.izum.si/> za posamezen projekt, ki je predmet poročanja [Nazaj](#)

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

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

¹¹ Rubrike izpolnite / prepisite skladno z obrazcem "izjava sofinancerja" <http://www.arrs.gov.si/sl/progproj/rproj/gradivo/>, ki ga mora izpolniti sofinancer. Podpisan obrazec "Izjava sofinancerja" pridobi in hrani nosilna raziskovalna organizacija – izvajalka projekta. [Nazaj](#)

¹² Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega projekta v letu 2015 (največ 1000 znakov, vključno s presledki). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost pisave najmanj 16, približno pol strani) in opis izjemnega dosežka (velikost pisave 12, približno pol strani). Diapozitiv/-a priložite kot priponko/-i k temu poročilu. Vzorec diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/>. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-RPROJ-ZP/2016 v1.00

33-BE-D7-E7-7F-B5-0C-66-99-89-41-D9-9F-BE-BD-D8-84-16-B4-B3