

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2015/211



ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	L2-4304
Naslov projekta	Modifikacija površine TiO ₂ nanodelcev: preprečevanje aglomeracije in ohranitev intrinzične funkcionalnosti
Vodja projekta	582 Miran Gaberšček
Tip projekta	L Aplikativni projekt
Obseg raziskovalnih ur	8426
Cenovni razred	B
Trajanje projekta	07.2011 - 06.2014
Nosilna raziskovalna organizacija	104 Kemijski inštitut
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	106 Institut "Jožef Stefan" 276 Cinkarna, metalurško-kemična industrija, d.d. 1502 Zavod za gradbeništvo Slovenije 2701 Tehnološko raziskovalni center JUB d.o.o.
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.04 Materiali 2.04.01 Anorganski nekovinski materiali
Družbeno-ekonomski cilj	06. Industrijska proizvodnja in tehnologija
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	2 Tehniške in tehnološke vede 2.05 Materiali

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

2. Povzetek raziskovalnega projekta¹

SLO

Titanov dioksid je strateški material, ki se pospešeno uveljavlja na različnih področjih, kot so barve in laki vseh vrst, umetne mase, papir, guma, keramika, varilne elektrode, embalaža, zdravila, zobne paste itd. Optimalno nanostrukturiranost je v večini primerov zelo težko doseči, delno nastopi problem že pri izhodiščnih nanodelcih, ki imajo veliko tendenco k aglomeraciji. Še večji problemi nastopijo pri kasnejšem procesiranju, torej pred, med in po površinski

obdelavi ter vgradnji odelanih TiO₂ delcev v končni produkt. Interakcija med nanodelci in drugimi fazami namreč najpogosteje vodi do močne aglomeracije nanodelcev TiO₂, kar povzroči delno ali celotno izgubo funkcionalnosti končnega produkta.

Obstajajo različni pristopi k reševanju problema aglomeracije TiO₂. Pristopi so prilagojeni želenim lastnostim končnih produktov. S stališča uporabnikov pa bi bilo precej bolj smiselno, da pripravimo izhodiščni TiO₂ material, ki bo uporaben za čim več različnih aplikacij.

Glavni cilj projekta je torej razviti popolnoma nov postopek modifikacije TiO₂ pigmentov z izdelavo pametnih multifunkcionalnih nanoprevlek okoli vsakega posameznega nanodelca pigmenta. Pri tem je ključnega pomena, da bo lastnost površine tako modificiranih pigmentov definirala načrtno sprožen zunanji dejavnik (pH vrednost, temperatura ipd.). Novi koncept smo posebej podrobno razdelali ob reševanju problema zaščite nanodimenzijskih delcev TiO₂. Pametne multifunkcionalne prevleke na površini delcev TiO₂ smo pripravili s pomočjo alifatskih polielektrolitov, to je takih, ki imajo na osnovno verigo vezane različno nabite funkcionalne skupine. Različna pH vrednost sproži delovanje enih ali drugih funkcionalnih skupin, s čimer površina TiO₂ postane bodisi pozitivno ali negativno nabita v odvisnosti od pH medija. Tako površinsko obdelan TiO₂ se lahko uporablja v različnih aplikacijah, saj je značaj površine odvisen le od pH medija, v katerega tako pripravljen TiO₂ vgradimo.

Projekt je bil ob prijavi razdeljen na tri sklope, in sicer »Razvoj in karakterizacija pametnih multifunkcionalnih nanoprevlek na površini pigmentnih delcev TiO₂«, »Razvoj postopka za krojenje površinskih lastnosti pigmentnih delcev na željo uporabnika« ter »Priprava in karakterizacija realnih premazov z razvitimi modificiranimi pigmenti in demonstracija novih premazov«. Kasneje smo na željo obeh uporabnikov/sofinancerjev dodali še en sklop: modifikacijo sinteze TiO₂ za povečanje fotokatalitske aktivnosti v vidnem in povečanje beline pigmentnih delcev.

Navedene sklope smo izvajali preko sodelovanja naslednjih partnerjev v projektu: raziskovalne organizacije Kemijski inštitut (KI), Inštitut Jožef Stefan (IJS), Zavod za gradbeništvo Slovenije (ZAG), in gospodarski družbi Cinkarna Celje d.d. in TRC JUB d.o.o., ki sta tudi sofinancerja in končna uporabnika razvitih izdelkov.

ANG

Titanium dioxide is a strategic material, which is being used increasingly in all sorts of products such as paints and varnishes of all kinds, plastic material, paper, rubber, ceramics, welding electrodes, packaging, pharmaceuticals, toothpaste, etc. In most cases the optimal nano-scale is very difficult to achieve, partly because the problem arises with the initial nano-particles, which have a great tendency for agglomeration. Even greater problems arise in subsequent processing; before, during and after surface treatment and installation of treated TiO₂ particles in the final product. The interaction between nano-particles and other stages most often leads to strong agglomeration of TiO₂ nano-particles, which causes partial or complete loss of functionality of the final product.

There are different approaches to solving the problem of agglomeration of TiO₂. The approaches are adapted to the desired characteristics of final products. From a user's perspective, it would be much more sensible to prepare a TiO₂ starting material, which would be usable in a wide range of applications.

The main objective of the project is to develop a completely new procedure for modification of TiO₂ pigments by manufacturing smart multifunctional nano coating around each pigment nano particle. It is essential that the surface property of such modified pigments is defined by a deliberately triggered external factor (pH value, temperature, etc.) The new concept has been worked out in detail, while addressing the problem of protection of nano-dimensional TiO₂ particles. Smart multifunctional coating on the surface of TiO₂ particles has been prepared using aliphatic polyelectrolytes. Different pH values activate one of the functional groups, making the surface of TiO₂ become either positively or negatively charged depending on the pH of the medium. This surface treated TiO₂ could be used in various applications.

The project is divided into three segments, namely "Development and characterization of smart multifunctional nano coating pigment particles on the surface of TiO₂", "The development process for tailoring surface characteristics of pigment particles at the request of the user" and "Preparation and characterization of real coating with developed modified pigments and demonstration of new coating."

These segments are carried out with the cooperation of following partners in the project: Research organizations Chemical Institute (KI), Jožef Stefan Institute (IJS), Slovenian Institute of Civil Engineering (ZAG), and companies Cinkarna Celje d.d. and TRC JUB d.o.o., which co-

finance the project and represent the end users of the final products.

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu²

Glavni cilj projekta je bil razviti nov postopek modifikacije pigmentnih delcev z izdelavo pametnih multifunkcionalnih nanoprevlek okoli vsakega posameznega nanodelca. Pri tem je ključnega pomena, da bo lastnost površine tako modificiranih pigmentov definirala načrtno sprožen zunanji dejavnik (pH vrednost, temperatura ipd.). Pametne multifunkcionalne prevleke na površini delcev pripravljamo s pomočjo polimerov in makromolekul, ki imajo vezane različno nabite funkcionalne skupine. Princip delovanja take prevleke je, da se ob spremembi vrednosti pH sproži odziv funkcionalnih skupin, s čimer površina postane bodisi pozitivno ali negativno nabita v odvisnosti od pH medija. Tako površinsko obdelane nanodelce se lahko uporabi v različnih aplikacijah, saj je značaj površine odvisen le od pH medija, v katerega se tako pripravljen modificiran nanodelec vgradi.

Uspešno smo pripravili pametne prevleke iz razvejanih polimerov (dendrimerov) na nanodelcih, ki so sposobne v porozne delce SiO₂ zapreti barvilo in ga nato ob spremembi pH ali ob dodatku reducenta (moldeni dejavnik) sprostiti v medij. Pri tem smo ugotovili, da so manjši dendrimeri sposobni zadržati in nato sprostiti v medij več barvila kot večji. Tako smo dosegli enega izmed načrtovanih ciljev priprave pametnih prevlek, ki se odzivajo na vrednost zunanjega pH. V letu 2013 smo izsledke raziskave tudi objavili v znanstveni reviji Physical Chemistry Chemical Physics.

Skladno s poročilom za leto 2012, kjer smo navedli razširitev raziskav na področje fotokatalitske aktivnosti v vidnem in delno tudi ultravijoličnem delu spektra, smo s tem področjem raziskav nadaljevali v letu 2013. Pri sintezi delcev TiO₂ smo proučevali vpliv sinteznih parametrov (pH, dodatek dopantov in njihove koncentracije) na fotokatalitsko aktivnost, specifično površino, razmerje rutil:anatraz ter morfologijo fotokatalizatorja. Ugotovili smo, da se pri nižjem pH tvori več rutilne faze in se s tem poveča fotokatalitska aktivnost v vidnem delu spektra. Dopiranje z dušikom pa je zmanjšalo fotokatalitsko aktivnost. Ta rezultat lahko razložimo z manjšo količino -OH skupin in adsorbirane vode na površini dopiranega TiO₂ v primerjavi z nedopiranim.

V okviru te naloge smo se lotili tudi oplaščenja delcev z anorgansko oz. anorgansko-organsko oblogo. Fotokatalitsko aktivne nanodelce TiO₂ oplastili z anorgansko oblogo. Uspešno smo sintetizirali nanodelce TiO₂ in jih nato obložili z nekaj nanometrov debelo oblogo iz poroznega silikata. Z nadziranjem sinteznih pogojev smo uspešno sintetizirali delce z oblogami različnih debelin. Kljub silikatni oblogi smo uspeli pripraviti material, ki ima ohranjeno fotokatalitsko aktivnost.

Poleg silikatnih prevlek smo fotokatalitsko aktivne delce TiO₂ oplastili tudi z mešano anorgansko-organsko oblogo. Z izbiro organskega dela obloge smo uspeli spreminjati fotokatalitsko aktivnost pri konstantnih ostalih pogojih sinteze in analize. Morfologijo delcev smo okarakterizirali z vrstičnim elektronskim mikroskopom na poljsko emisijo (FE-SEM). Poroznost obloge in specifično površino delcev smo določili z adsorpcijo dušika (metodi BET in BJH). Mešana anorgansko-organska obloga ima tudi vlogo stabilizacije delcev v disperziji. Organske funkcionalne skupine na površini delcev bistveno spremenijo površinski naboj delcev in s tem vplivajo na stabilnost disperzije.

Vzporedno smo proučili tudi povečanje beline pigmentnih delcev TiO₂. Industrijski partner je namreč izrazil željo po povečanju beline pigmentov, saj bi lahko na ta način zmanjšali količino TiO₂ v premazu in hkrati ohranili enako stopnjo beline. To smo dosegli z dodatkom organskih belil na površino TiO₂. Ta belila delujejo na principu fluorescence – imitirajo v modrem delu spektra, zato je površina na pogled bolj bela. Površino TiO₂ smo modificirali z dvema beliloma: derivatom stilbena, t.i. Fluorescenčno belilo 28 (Fluorescent brightener 28) in derivatom kumarina (7-dietilamino-4-metil-kumarin). Največje povečanje beline W10 smo dobili pri vezavi derivata kumarina na površino pigmentnega TiO₂, ki ji bil predhodno modificiran s silikatom (SiO₂) in je služil tudi kot referenca. W10 za vzorec, kjer smo dodali še dodaten sloj silikata, je znašal 89,7, za vzorec brez dodatnega sloja pa 89,3, kar je bistveno več od reference (TiO₂

modificiran s silikatom), ki je ima vrednost W10 86,0. Ti rezultati so bili tudi boljši kot pri vezavi belila na TiO_2 brez predhodne modifikacije s silikatom in na TiO_2 , predhodno modificiranim z $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$. Temu so verjetno vzrok interakcije med negativno nabito površino silikata in kationskimi centri v molekuli belila, kar pripomore k temu, da se molekule belila obdržijo na površini delcev.

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

Poleg načrtovanega obsega smo realizirali še dodatne raziskave, ki prvotno niso bile del projekta. Na željo obeh industrijskih partnerjev smo vključili raziskave fotokatalitskih lastnosti titanovega oksida v vidnem in na željo Cinkarne Celje raziskavo povečanja beline pigmentih delcev TiO_2 . Ugotovitve teh raziskav so podrobno opisane v točki 3. ter utemeljene v točki 5.

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

Projekt smo na željo obeh sofinancerjev v letu 2012 nekoliko bolj specificirali v točki, ki se nanaša na substrat, ki bo na koncu uporabljen za funkcionalizacijo s pametno prevleko. Prvotno je bil kot substrat mišljen običajni titanov dioksid, kakršen se že uporablja v barvnih formulacijah. V vmesnem času je zaradi svetovnih trendov prišlo do povpraševanja po titanovih dioksidih s kontrolirano fotokatalitsko aktivnostjo. Zato smo projekt modificirali tako, da smo vanj vključili modifikacijo osnovnega titanovega dioksida na način, ki bo dal vnaprej znane fotokatalitske učinke - tako v vidnem kot v UV delu spektra. S tem smo nekoliko spremenili težišče raziskav, ki ni bilo le uvedba pametnih prevlek, temveč tudi optimizacija substrata za pametne prevleke (več detajlov smo pojasnili v točki 3). To spremembo smo že napovedali v letnem poročilu raziskovalnega projekta za leto 2012.

V letu 2013 pa smo na željo industrijskega partnerja Cinkarna Celje v projekt vključili še raziskavo možnosti za povečanje beline pigmentih delcev TiO_2 . Povečanje beline posameznih delcev TiO_2 pomeni, da bo potrebna manjša količina delcev v premazu za doseganje enake stopnje beline. S takšnim izdelkom bi Cinkarna Celje izboljšala svoj položaj na trgu. Zato smo v okviru projekta izvedli tudi raziskave povečanja stopnje beline delcev TiO_2 z organskimi belili, kar smo napovedali v letnem poročilu raziskovalnega projekta za leto 2013.

Vsekakor smo projekt z obema opisanimi vključkoma obogatili, kljub dejanskemu zmanjšanju obsega financiranja v letu 2013 (zaradi vladnih varčevalnih ukrepov).

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁵

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	15846678	Vir: COBISS.SI
	Naslov	Funkcionalizacija površin s funkcionalnimi nanodelci	
		ANG	Functionalization of surfaces with functional nanoparticles
	Opis	SLO	Članek je rezultat sodelovanja različnih partnerjev, ki so zasledovali različne cilje, zato ga lahko le delno navežemo na pričujoči projekt (okoli 40 %). Za projekt je pomembno dejstvo, da smo proučevali interakcije med dvema tipoma materialov - organski (celuloza) in anorganski (železov oksid). Prav ta interakcija je bistvena za projekt. Ugotovili smo kako se s pogoji sinteze spreminjajo tako funkcionalne lastnosti železovega oksida kot način tvorbe, velikost in kristaliničnost teh nanodelcev. Za projekt je izjemnega pomena tudi disperzibilnost nastajajočih nanodelcev.
			The paper relates only partially to the project (40 %). We report on the synthesis of magnetic iron oxide particles; study of the particles' formation was undertaken to investigate conditions of precipitation in order to apply it efficiently to cellulose fibre coating procedures. We investigated the

		ANG	formation of iron oxide particles from different starting points. Structural properties (crystallinity, size of the single magnetite crystals), their magnetic and colloidal properties were correlated with the synthesis procedure used. Size and crystallinity of formed particles are also dependent upon the molar concentrations of Fe ²⁺ and Fe ³⁺ ions. Gained insight of the presented synthesis study will prove useful in materials synthesis in the present project.
	Objavljeno v		Elsevier; Colloids and surfaces. A, Physicochemical and Engineering Aspects; 2012; Vol. 400; str. 58-66; Impact Factor: 2.108; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 3.304; WoS: EI; Avtorji / Authors: Hribernik Silvo, Sfiligoj-Smole Majda, Bele Marjan, Gyergyek Sašo, Jamnik Janko, Stana-Kleinschek Karin
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
2.	COBISS ID	1879143	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Karakterizacija titan dioksidnih prahov, dopiranih s silicijevim dioksidom, dušikom ali kombinacijo obojega
		ANG	Characterization of SiO ₂ -, N-, and SiO ₂ /N-Co-doped titania nanopowders
	Opis	SLO	Titanov dioksid smo dopirali s silicijevim dioksidom, dušikom in kombinacijo obeh. Dopiranje vpliva na razmere anatazen in rutilne strukture. Silicijev dioksid vstopi v rešetko anataza, kar domnevamo (nimamo pa potrditve) tudi za dušik. Vsekakor prisotnost dušika - v čisti obliki ali v kombinaciji s siliko, premakne absorpcijo svetlobe proti vidnemu področju.
		ANG	Silica, nitrogen, and nitrogen-plus-silica co-doped titania powders were synthesized via sol-gel method. Nitrogen, silica, and co-doping shifted the anatase-to-rutile phase transition toward higher temperatures. Silica was found to enter the anatase lattice, and nitrogen was presumed to enter the titania crystal structure as well. Nitrogen doping and SiO ₂ /N-co-doping shifted the light absorption toward the visible region.
	Objavljeno v		American Ceramic Society; Journal of the American Ceramic Society; 2012; Vol. 95, iss. 5; str. 1709-1716; Impact Factor: 2.107; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.768; A": 1; A': 1; WoS: PK; Avtorji / Authors: Tobaldi D. M., Gao Lian, Gualtieri Alessandro F., Sever Škapin Andrijana, Tucci Antonella, Giacobbe Carlotta
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	1911143	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Modifikacija titanovega oksida s prehodnimi elementi - vpliv sestave na optične in fotokatalitske lastnosti
		ANG	Titanium dioxide modified with transition metals and rare earth elements: phase composition, optical properties, and photocatalytic activity
	Opis	SLO	Pokazali smo, kako dopiranje titanovega oksida z izbranimi prehodnimi elementi lahko vplivamo na optične in fotokatalitske lastnosti.
		ANG	A series of titania-transition metal and titania-rare earth element mixtures, with the stoichiometry Ti _{1-x} M _x O ₂ , where M=Ce, Eu, La, Nb, W, Y, and x ranging from 0, to 0.05 atoms per formula unit - were prepared via solid-state reaction of the precursor oxides. The products of the synthesis were thermally treated in air, and two maximum temperatures (900, and 1000 °C) were reached. The addition of transition metal and rare earth ions to the TiO ₂ structure modified the anatase-to-rutile phase transition temperature, depending on the valence state of the ions added. Transition metals entered the titania structure, but essentially no solid solution between the rare earth elements and TiO ₂ was detected. The photocatalytic activity of the powders was assessed in liquid-solid and gas-solid phases, under UVA and visible-light irradiation, monitoring the degradation of an organic dye

			and isopropanol, respectively. The results were explained by taking into account the relative amounts of anatase and rutile in the samples, the specific surface area of the powders, and their optical properties.
	Objavljeno v		Ceramurgica s.p.a.; Ceramics international; 2013; Vol. 39, issue 3; str. 2619-2629; Impact Factor: 2.086; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.892; A': 1; WoS: PK; Avtorji / Authors: Tobaldi D. M., Sever Škapin Andrijana, Pullar Robert C., Seabra M. P., Labrincha J. A.
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID	5234714	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Poli(propilen iminski) dendrimeri na mezoporoznih silikatnih nanodelcih za redoks-odvisno sproščanje: manjše je boljše
		ANG	Poly(propylene imine) dendrimer caps on mesoporous silica nanoparticles for redox-responsive release
	Opis	SLO	Proučili smo vpliv velikosti zapiralnih molekul v z dejavnikom pogojenih sistemih za sproščanje molekul iz por na osnovi mezoporoznih silikatnih nanodelcev (MSN). V ta namen smo preučevali učinkovitost poli(propilen iminskih) dendrimerov za nadzor sproščanja modelne spojine. Sintetizirali in okarakterizirali smo tip MCM-41 MSN. Porozno strukturo MSN smo napolnili s fluorescenčnima spojinama (dinatrijeva sol fluoresceina in karboksifluorescein) in nato pore zaprli z vezavo dendrimerov generacij od I do V preko disulfidnih vezi na površino nanodelcev. Nadzorovano sproščanje barvil smo proučevali v prisotnosti ditiotreitola (DTT). Dendrimeri generacij I in II so se izkazali za bolj učinkovite v zadrževanju in sledečemu sproščanju kot višje generacije. Poleg tega je modifikacija MSN z večjo količino dendrimerov zmanjšala obseg sproščanja barvila. Tudi samo znižanje pH je povzročilo sproščanje barvila. Ta odkritja so pomembna za optimizacijo funkcionalnih sistemov na osnovi MSN, saj kažejo na možnost uravnavanja količine sproščenih snovi z izbiro zapiralne molekule primerne velikosti.
		ANG	To elucidate the importance of the size of capping agents in stimulus-induced release systems from mesoporous silica nanoparticles (MSNs), the effectiveness of poly(propylene imine) dendrimers in controlling the model dye release was studied. MCM-41-type MSNs were synthesized and characterized. Fluorescent compounds (fluorescein disodium salt and carboxyfluorescein) were loaded in the porous structure of the MSNs and entrapped in the silica matrix with the dendrimers of generations I through V by anchoring dendrimers on the MSN surface through disulfide bonds. Stimulus-induced release of the cargo was studied in the presence of dithiothreitol (DTT). Dendrimers of generations I and II were found to be more effective in model drug retention and subsequent release than higher generations. Moreover, MSNs modified with larger amounts of dendrimers lowered the cargo release in the presence of DTT. Besides, pH decrease only was able to trigger release of the cargo. These findings are of importance for optimizing drug delivery systems based on responsive MSNs as they enable tuning of the amount of the released cargo by choosing the capping agent of appropriate size.
	Objavljeno v		Royal Society of Chemistry; PCCP. Physical chemistry chemical physics; 2013; Vol. 15, issue 26; str. 10740-10748; Impact Factor: 4.198; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.414; A': 1; WoS: EI, UH; Avtorji / Authors: Nadrah Peter, Porta Fabiola, Planinšek Odon, Kros Alexander, Gaberšček Miran
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
5.	COBISS ID	5300250	Vir: COBISS.SI

	Naslov	SLO	Povečanje fluorescence mezoporoznih silikatnih delcev pod vplivom dejavnika
		ANG	Stimulus-responsive turn-on fluorescent mesoporous silica nanoparticles
	Opis	SLO	Ovrednotili smo fluorescenčni sistem na osnovi mezoporoznih silikatnih nanodelcev. Na nanodelce z vgrajenim fluoresceinom smo vezali dušilec fluorescence preko disulfidne vezi. Bližina dušilca je omogočila Försterjev resonančni prenos energije, zaradi katerega se je delcem fluorescence bistveno zmanjšala. Fluorescenca nanodelcev se je povrnila po cepitvi disulfidne vezi z reducentom. Povečanje intenzitete fluorescence je bilo bolj izrazito v suspenziji in v peletu v prisotnosti reducenta, medtem ko je bilo povečanje manjše v odsotnosti reducenta. Nadaljnje študije so pokazale, da je ta intenziteta odvisna od koncentracije in časa izpostavljenosti reducentu. Sintetizirani sistem nudi vizualno informacijo o nastopu dejavnika in s tem povezanega začetka transporta molekul iz por v medij.
		ANG	Turn-on fluorescent mesoporous silica nanoparticle-based system was synthesized and characterized. Fluorescein-containing silica nanoparticles were grafted with a dark quencher via disulfide bond. The quencher rendered nanoparticles non-fluorescent by Förster resonance energy transfer (FRET) mechanism. Nanoparticles regained fluorescence upon reduction of disulfides and dissociation of quencher from the particles' surface. Evident increase of fluorescence of both, suspension and pellet, was present in dithiothreitol-treated sample, while much lower increase was observed in absence of dithiothreitol. Further studies revealed fluorescence intensity is dependent on the concentration of the reducing agent. The present system provides a visual information regarding the onset of the stimulus and, simultaneously, release of the molecules into the medium, thus acting as a release sensor.
	Objavljeno v		North-Holland; Materials letters; 2013; Vol. 110; str. 198-200; Impact Factor: 2.269; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.554; A': 1; WoS: PM, UB; Avtorji / Authors: Nadrah Peter, Gaberšček Miran
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine⁶

	Družbeno-ekonomski dosežek		
1.	COBISS ID	1819751	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Fotokatalitska aktivnost dopiranega mezoporoznega titanovega dioksida
		ANG	Photocatalytic activity of doped mesoporous titania
	Opis	SLO	Proučevali smo, na kakšen način lahko inhibiramo rast kristalov titanovega oksida, hkrati pa povečamo njihovo fotokatalitsko učinkovitost. S tem bi dobili optimalen substrat za namene tega projekta. Nano titanov oksid v anatasni obliki smo pripravili po solvotermalnem postopku. Pripravili smo dva tipa vzorcev: čisti anatas in anatas dopiran z različnimi dopanti. Ugotovili smo, da dopiranje precej zmanjša rast delcev (kristalov) ter poveča stabilnost anatazne strukture. Nanodelci z višjo vsebnostjo Si, Zr ipd. kažejo povečano specifično površino v primerjavi s čistim anatazom. S tem se poveča tudi fotokatalitska aktivnost, in to celo po predhodni obdelavi na povišani temperaturi (1050°C).
			The aim of the work was to inhibit titania crystal growth at increased temperatures by doping with different ions. Cerium, silicon, and zirconium ions were used as ions for doping. Nano-titania in anatase modification using a solvothermal preparation

		ANG	method was synthesized. Two types of samples were prepared: (i) pure-anatase-based samples and (ii) various dopants were incorporated into the anatase. The quantity of doping has an impact on the reduction of crystal growth and stabilization of anatase crystal structure. The titania nanoparticles doped with higher proportions of Si and Zr ions keep a higher level of SSA (14.9 m ² /g) in comparison with undoped samples (0.5 m ² /g). Consequently such nanoparticles exhibit considerable photocatalytic activity also after heat treatment at 1050°C.
	Šifra	B.03	Referat na mednarodni znanstveni konferenci
	Objavljeno v	EPF; Actes; 2011; Str. 109; Avtorji / Authors: Sever Škapin Andrijana, Škapin Srečo D., Škrlep Luka	
	Tipologija	1.12	Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci
2.	COBISS ID	1836391	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Vpliv izbranih sinteznih parametrov hidrotermalne sinteze na lastnosti TiO ₂ fotokatalizatorja
		ANG	The influence of selected parameters of hydrothermal synthesis on the properties of TiO ₂ photocatalyst
	Opis	SLO	Cilj je bila modifikacija titanovega oksida na način, da bi bil znatno fotokatalitko aktiven že pod vplivom vidne svetlobe. Uporabili smo dva prekursorja, titanov tetraklorid in titanov oksoosulfat. Rezultati so pokazali, da z nižanjem pH in dodatkom izopropanola pospešimo nastanek rutilne faze, s tem pa povečamo fotokatalitsko aktivnost v vidnem. Največjo tovrstno aktivnost je kazal vzorec z 80% rutila in 20% anataza.
		ANG	The goal was to study whether we can get photocatalytically active titania in the visible light spectrum from two precursors, namely titanium tetrachloride and titanium oxosulphate, using a simple synthesis approach. The results have shown that lowering pH and adding isopropanol to the reaction mixture before heating favor formation of the rutile phase and thus increase the photocatalytic activity in the visible light. The most photocatalytically active samples consisted of about 80% rutile and 20% anatase.
	Šifra	B.03	Referat na mednarodni znanstveni konferenci
	Objavljeno v	Inštitut za kovinske materiale in tehnologije; Program in knjiga povzetkov; 2011; Str. 146; Avtorji / Authors: Rozman Nejc, Škrlep Luka, Marinšek Marjan, Sever Škapin Andrijana	
	Tipologija	1.12	Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci
3.	COBISS ID	1900135	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Razvoj TiO ₂ , ki bo fotokatalitsko aktiven v vidni svetlobi
		ANG	Development of visible light active TiO ₂ for interior self-cleaning coatings
	Opis	SLO	Pokazali smo, kako lahko z dopiranjem TiO ₂ vplivamo na njgovo fotokatalitsko aktivnost, predvsem s stališča premika aktivnosti iz UV dela v vidni del.
		ANG	The damage of surfaces of various building objects due to exposure to harmful environmental factors can be reduced by photocatalysis. The photocatalysts do not degrade just the organic dirt, but also organic constituents, for example organic pigments. The main goal in the present work has been to protect the organic pigment against photocatalysis by encapsulation. Detailed study on synthesis and influence of different parameters (temperature, pH) on silica encapsulation of model organic pigments was investigated. It is shown that the thickness, porosity and uniformity of silica shells (coatings) around individual pigment particles depend significantly on pH and temperature of synthesis. It is further

			demonstrated that the obtained silica shells can serve as an efficient protection against the highly reactive products of photocatalysis. The degree of protection depends not only on the thickness of silica shells but also on their porosity.
	Šifra	F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)
	Objavljeno v	NICOM; NICOM4; 2012; [7] str.; Avtorji / Authors: Rozman Nejc, Škrlep Luka, Marinšek Marjan, Sever Škapin Andrijana	
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
4.	COBISS ID	1932391	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Vpliv izbranih sinteznih parametrov na strukturne in funkcionalne lastnosti nanokristaliničnega titanovega dioksida
		ANG	The influence of selected synthesis parameters on the structural and functional properties of nanocrystalline titania
	Opis	SLO	Proučevali smo vpliv izbranih sintetskih parametrov na nekatere ključne parametre nanokristaliničnega titanovega oksida, vključno s fotokatalitsko aktivnostjo. Pokazali smo, da pH, začetna koncentracija, dodatek izopropanola ipd. vplivajo na razmerje rutil:anataz v nastalem produktu. S tem lahko tudi kontrolirano vplivamo na fotokatalitsko aktivnost v vidnem. Rezultate smo predstavili na 20. jubilejni konferenci o materialih in tehnologijah, 17.-19. oktobra 2012 v Portorožu.
		ANG	We have studied the influence of selected synthesis parameters on certain key properties (phase composition, specific surface area, microstructure and photocatalytic activity) of the nanocrystalline titania that influence its photoactivity. The results have shown that pH value, starting concentration, and isopropanol addition to the reaction mixture before heating have a significant effect on the anatase:rutile ratio and consequently on morphology and particle size. By varying the anatase:rutile ratio and by doping, photocatalysts with significant activity in the visible light can be tailored. Results were presented during 20th International Conference on Materials and Technology, 17-19 October, 2012, Portorož.
	Šifra	F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj
	Objavljeno v	Inštitut za kovinske materiale in tehnologije; Program in knjiga povzetkov; 2012; Str. 108; Avtorji / Authors: Rozman Nejc, Škrlep Luka, Gaberšček Miran, Marolt Tina, Živec Petra, Sever Škapin Andrijana	
	Tipologija	1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci	
5.	COBISS ID	2006375	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Razvoj samočistilnih površin za gradbene aplikacije ter razvoj metod za kvantitativno vrednotenje fotokatalitskega delovanja
		ANG	The effect of selected synthesis parameters on the structural and functional properties of nanocrystalline TiO ₂
	Opis	SLO	Gre za odmevni referat na mednarodni konferenci 3rd European Symposium on Photocatalysis, ki je potekala med 25. in 27. septembrom 2013 v Portorožu, kjer smo predstavili zadnje dosežke raziskav na področju samočistilnih fotokatalitskih materialov. Pokazali smo načine priprave novih materialov, razvite merske tehnike za ugotavljanje učinkovitosti samočiščenja oziroma fotokatalize ter metode za karakterizacijo pripravljenih materialov.
		ANG	During the important international conference 3rd European Symposium on Photocatalysis, September 25-27 2013, Portorož, we demonstrated the recent achievements in the field of self-cleaning photocatalytic materials were presented. We showed the preparation methods of new materials, the

		measuring techniques developed for evaluation of self-cleaning or photocatalytic efficiency and the characterization methods of the materials prepared.
Šifra	B.03	Referat na mednarodni znanstveni konferenci
Objavljeno v	University; Book of abstracts; 2013; Str. P7-27; Avtorji / Authors: Rozman Nejc, Škrlep Luka, Cerc Korošec Romana, Gaberšček Miran, Živec Petra, Sever Škapin Andrijana	
Tipologija	1.12	Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine²

Med druge pomembne rezultate projektne skupin sodita še dva izvirna znanstvena članka na področju modifikacije titanovega dioksida za povečanje fotokatalitskega učinka v vidnem delu spektra in znanstveni prispevek na mednarodni konferenci. Ti dodatni rezultati so navedeni v nadaljevanju. Kot zelo pomemben dosežek štejejo tudi izkazan velik interes industrijskega partnerja in sofinancerja Cinkarne, d.d. do rezultatov projekta posebno na področju povečanja beline pigmentnih delcev TiO₂. Naše ugotovitve nameravajo uporabiti pri razvoju novega izboljšanelega proizvoda TiO₂ delcev, ki bodo imeli večjo belino in bodo zato bolj zanimivi za kupce. Zaradi varovanja novo odkritih ugotovitev so nas prosili, da rezultatov do nadaljnjega ne objavljamo niti v obliki člankov niti v obliki patenta.

- Izvirni znanstveni članek:

KARMAOUI, Mohamed, TOBALDI, D. M., SEVER ŠKAPIN, Andrijana, PULLAR, Robert C., SEABRA, M. P., LABRINCHA, Joao Antonio, AMARAL, Vitor. Non-aqueous sol-gel synthesis through a low-temperature solvothermal process of anatase showing visible-light photocatalytic activity. RSC advances, ISSN 2046-2069, 2014, vol. 4, str. 46787-46790.

- Izvirni znanstveni članek:

TOBALDI, D. M., PULLAR, Robert C., SEVER ŠKAPIN, Andrijana, SEABRA, M. P., LABRINCHA, J. A. Visible light activated photocatalytic behaviour of rare earth modified commercial TiO₂. Materials research bulletin, ISSN 0025-5408. [Print ed.], 2014, vol. 50, str. 183-190.

- Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na 21. mednarodni konferenci o materialih in tehnologijah, 13.-15. november 2013, Portorož

ROZMAN, Nejc, ŠKRLEP, Luka, CERC KOROŠEC, Romana, GABERŠČEK, Miran, ŽIVEC, Petra, SEVER ŠKAPIN, Andrijana. The effect of selected synthesis parameters on the structural and functional properties of nanocrystalline TiO₂ : [lecture]. V: 21. Mednarodna konferenca o materialih in tehnologijah, 13.-15. november 2013, Portorož; Program and book of abstracts. Ljubljana, 2013, str. 157.

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Napredni fotokatalitski materiali so pomembni na različnih področjih znanosti: čistilni premazi za čiščenje zraka, čiščenje vode in kataliza organskih reakcij. Pri razvoju samočistilnih premazov za notranje površine je pomembna fotokatalitična aktivnost v vidnem delu svetlobnega spektra. V naših raziskavah smo razvili več materialov na osnovi TiO₂, ki imajo boljšo aktivnost v vidnem delu spektra kot znani standard P25. Raziskave povečanja beline pigmentnih delcev TiO₂ so pokazala, da lahko z organskimi spojinami povečamo belino že tako belemu TiO₂. To bo omogočalo zmanjšanje količine TiO₂ v premazih za doseganje iste stopnje beline oz. prekrivnosti.

ANG

Advanced photocatalytic materials are important for various areas of science: air-cleaning coatings, water purification and catalysis of organic reactions. Activity of self-cleaning coating

for indoor use in the visible light is highly beneficial. In developed several TiO₂-based materials with higher photocatalytic activity in the visible light compared to known standard P25. Additional research showed it is possible to increase the brightness of the pigment TiO₂ particles by coating them with organic brighteners. This will enable decrease of TiO₂ quantity in coating while retaining same level of brightness.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

V tem projektu smo nadaljevali z dobrim sodelovanjem med raziskovalnima inštitutoma in slovenskima industrijskima partnerjema. Z rezultati teh raziskav bosta lahko industrijska partnerja utrdila svoj položaj na slovenskem in mednarodnem trgu in s tem posredno utrdila slovensko gospodarstvo. Tu sta pomembna predvsem razvoj fotokatalitičnih materialov, ki so aktivni v vidnem delu spektra in povečanje belina pigmentnega TiO₂, saj bi lahko oboje kmalu vpeljali v proizvodnjo in s tem končne izdelke.

ANG

We continued with excellent cooperation between two research institutes and two Slovenian industrial partners. Equipped with the results of the present project the industrial partners will be able to strengthen their position in Slovenian and international market, thereby strengthening Slovenian economy. The most important in this context are the development of photocatalytic materials active in the visible light and increasing the brightness of the pigment TiO₂. Both achievements could be soon incorporated into production and thus into final products.

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	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen ▼
	Uporaba rezultatov	Delno ▼
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen ▼
	Uporaba rezultatov	Delno ▼
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen ▼
	Uporaba rezultatov	Delno ▼
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	▼
	Uporaba rezultatov	▼
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE

	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
	Uporaba rezultatov	Delno
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
	Uporaba rezultatov	Delno
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	

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

F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.25	Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.26	Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.28	Priprava/organizacija razstave	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.29	Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.31	Razvoj standardov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.33	Patent v Sloveniji	

	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	

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	☒	☐	☐	☐	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	☒	☐	☐	☐	
G.01.03.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	☒	☐	☐	☐	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	☒	☐	☐	☐	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	☒	☐	☐	☐	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	☒	☐	☐	☐	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	☒	☐	☐	☐	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	☒	☐	☐	☐	
G.02.07.	Večji delež izvoza	☒	☐	☐	☐	
G.02.08.	Povečanje dobička	☒	☐	☐	☐	
G.02.09.	Nova delovna mesta	☒	☐	☐	☐	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	☒	☐	☐	☐	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	☒	☐	☐	☐	
G.02.12.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	☒	☐	☐	☐	
	Tehnološko prestrukturiranje					

G.03.02.	dejavnosti					
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij					
G.03.04.	Drugo:					
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01	Dvig kvalitete življenja					
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja					
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave					
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti					
G.04.05.	Razvoj civilne družbe					
G.04.06.	Drugo:					
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					
G.07.02.	Prometna infrastruktura					
G.07.03.	Energetska infrastruktura					
G.07.04.	Drugo:					
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva					
G.09.	Drugo:					

Komentar

12.Pomen raziskovanja za sofinancerje¹¹

	Sofinancer		
1.	Naziv	Cinkarna Celje d. d.	
	Naslov	Kidričeva c. 26, 3000 Celje	
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	64.817	EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:	17	%
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		Šifra
	1.	NADRAH, Peter, GABERŠČEK, Miran. Stimulus-responsive turn-on fluorescent mesoporous silica nanoparticles. Materials letters, 2013, vol. 110, str. 198-200.	F.02
	2.	P. Nadrah et al, Poly(propylene imine) dendrimer caps on mesoporous silica nanoparticles for redox-responsive release : smaller is better. Physical chemistry chemical physics, 2013, 15, str. 10740-48.	F.01

	3.	Predstavitev rezultatov na mednarodni konferenci: ROZMAN, Nejc et al.V: KONSTA-GDOUTOS, Maria S. (ur.). Nanotechnology in construction, 4th Inter. Symp., NICOM4, Greece, 2012. [COBISS.SI-ID 1900135]	F.18
	4.	Predstavitev rezultatov na mednarodni konferenci: N. Rozman et al, The effect of selected synthesis parameters..., 21.Mednarodna konferenca o materialih in tehnologijah,13.-15.11.2013	F.18
	5.	N. Rozman et al, The effect of synthesis parameters on the structural and functional properties of nanocrystalline TiO ₂ .: 3rd EU Symp. on Photocatalysis, 2013, Portoroz	F.18
	Komentar	Najpomembnejši rezultati v okviru projekta "Modifikacija površine TiO ₂ nanodelcev: preprečevanje aglomeracije in ohranitev intrinzične funkcionalnosti" so rezultati , predstavljeni na mednarodnih konferencah in objavljeni v odličnih tujih znanstvenih revijah. Gre za pridobitev in posredovanje novih znanstvenih spoznanj, ki nam zelo koristijo pri fokusiranem razvoju nano in mikrodimenzijskih delcev TiO ₂	
	Ocena	Cilji raziskovalnega projekta so bili poleg razvoja nove metode površinske funkcionalizacije TiO ₂ pigmentov tudi optimizacija sinteznih postopkov priprave nano-dimenzijskega TiO ₂ s ciljem pridobiti neaglomeriran nanoprodukt in razviti postopek za krojenje površinskih lastnosti pigmentnih delcev.Za naše podjetje imajo rezultati projekta velik pomen, kajti nano in mikrodimenzionirani delci TiO ₂ so med našimi glavnimi proizvodi in veliko raziskav usmerjamo v razvoj teh materialov. Posebej pa želimo poudariti, da je za naše podjetje izjemno pomemben rezultat zadnjih raziskav projekta na področju povečanja beline pigmentih delcev TiO ₂ . Ugotovitve projekta nameravamo uporabiti pri razvoju novega izboljšanelega proizvoda TiO ₂ delcev, ki bo imel večjo belino in bo zato bolj zanimiv za kupce. S tem si nameravamo pridobili dodatno prednost pred konkurenco. Tako lahko trdimo, da so rezultati projekta bistveno prispevali k razvoju novega proizvoda, ki pa je trenutno še v teku.	
2.	Naziv	TRC JUB d.o.o.	
	Naslov	Dol pri Ljubljani 28, 1262 Dol pri Ljubljani	
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	34.315	EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:	9	%
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		Šifra
	1.	Objava rezultatov v tuji reviji: NADRAH, Peter, GABERŠČEK, Miran. Stimulus-responsive turn-on fluorescent mesoporous silica nanoparticles. Materials letters, 2013, 110, 198-200.	F.02
	2.	Objava rezultatov raziskav v tuji reviji: TOBALDI, D. M., SEVER ŠKAPIN, Andrijana, PULLAR, et al. Titanium dioxide modified with transition metals... Ceramics international, 2013, vol. 39, 2619-2629.	A.01
	3.	Predstavitev rezultatov na mednarodni konferenci: ROZMAN, Nejc et al. The effect of selected synthesis parameters... V: 3rd Eur. Symp. on Photocatalysis, 2013, Book of abstracts, 2013, str. P7-27.	F.18

		4.	Mednarodna konferenca: ROZMAN, Nejc et al. The influence of selected synthesis parameters... V: 20. jubilejna konferenca o materialih in tehnologijah, 2012, str. 108. [COBISS.SI-ID 1932391]	F.18
		5.	Mednarodna konferenca: ROZMAN, Nejc et al. The effect of synthesis parameters... V: 3rd EU Symp. on Photocatalysis, 2013, Portorož, Slovenia. F, Book of abstr., 2013, P7-27.	F.18
	Komentar	V okviru projekta z naslovom Modifikacija površine TiO ₂ nanodelcev: preprečevanje aglomeracije in ohranitev intrinzične funkcionalnosti smo kot najpomembnejše rezultate raziskovanja navedli dve objavi rezultatov v odličnih tujih znanstvenih revijah in posredovanja novih znanstvenih spoznanj neposrednim uporabnikom in široki publiki s področja na treh konferencah. Pri vseh predstavitvah je aktivno sodelovalo tudi naše podjetje z našima sodelavkama Petro Živec in Tino Marolt Petrač.		
	Ocena	V TRC JUB d.o.o. uporabljamo pigmentni TiO ₂ v formulacijah različnih premazov in ometov. V okviru raziskovalnega projekta smo uspeli optimizirati nekatere sintezne postopke priprave delcev TiO ₂ in pripraviti TiO ₂ z večjo belino. Z novimi prevlekami prekriti pigmenti izkazujejo večjo obstojnost in večjo izdatnost. Z uporabo in vpeljavo novo razvitih TiO ₂ in uspešno optimizacijo v končne premaze, pričakujemo, da bomo pripravili premaze z večjo kvaliteto brez podražitve in s tem pridobili dodatno prednost pred konkurenti. V projektu smo uvedli in prilagodili različne metode za testiranje obstojnosti modificiranih TiO ₂ pigmentov. Prepričani smo, da smo s pomočjo rezultatov projekta pridobili dodatna znanja in izkušnje pri testiranju odpornosti in trajnosti premazov.		

13. Izjemni dosežek v letu 2014¹²

13.1. Izjemni znanstveni dosežek

Pripravili smo pametne sisteme na osnovi mezoporoznih silikatnih nanodelcev. Pore delcev smo napolnili z indikatorjem (barvilom), na vhode pore pa vezali makromolekule, ki se preprečevale prehod molekulam barvila iz por v medij. Od dodatku reducenta kot modelnega dejavnika je prišlo do cepitev vezi med makromolekulami in silikatnim delcem, kar je omogočilo prehod molekulam barvila iz por v medij. Pripravili smo več materialov, kjer pri enakih pogojih poteka cepitev vezi in sproščanje barvila z različno hitrostjo. To smo dosegli z majhnimi strukturnimi spremembami organskih funkcionalnih skupin na površini silikatnih delcev. Znanstveni dosežek nameravamo v obliki izvirnega znanstvenega članka poslati v SCI revijo z visokim IF v drugi polovici leta 2015.

13.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

Kot izjemni družbeno-ekonomski dosežek smatramo izkazan velik interes industrijskega partnerja in sofinancerja Cinkarne, d.d. do rezultatov projekta na področju povečanja beline pigmentnih delcev TiO₂. Ugotovitve projekta nameravajo uporabiti pri razvoju novega izboljšanelega proizvoda TiO₂ delcev, ki bodo imeli večjo belino in bodo zato bolj zanimivi za kupce (na ta način se lahko precej zmanjša količina TiO₂ v premaz in hkrati ohrani enako stopnja beline). Tako lahko trdimo, da so rezultati projekta bistveno prispevali k razvoju novega proizvoda, ki pa je trenutno še v teku.

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

Miran Gaberšček

ŽIG

Kraj in datum:

Ljubljana

16.3.2015

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2015/211

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 / prepišite 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 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.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/2015 v1.00a

42-7A-C6-CA-DD-CD-3B-42-C2-BF-9D-35-8E-29-51-04-A4-C7-A6-F7