

Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2015/19



## ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

(za obdobje 1. 1. 2009 - 31. 12. 2014)

### A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

#### 1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

|                                                                                                        |                                                                                                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Šifra programa</b>                                                                                  | P2-0145                                                                                                                 |
| <b>Naslov programa</b>                                                                                 | Polimeri in polimerni materiali s posebnimi lastnostmi<br>Specialty polymers and polymeric materials                    |
| <b>Vodja programa</b>                                                                                  | 12318 Ema Žagar                                                                                                         |
| <b>Obseg raziskovalnih ur (vključno s povečanjem financiranja v letu 2014)</b>                         | 55080                                                                                                                   |
| <b>Cenovni razred</b>                                                                                  |                                                                                                                         |
| <b>Trajanje programa</b>                                                                               | 01.2009 - 12.2014                                                                                                       |
| <b>Izvajalci raziskovalnega programa (javne raziskovalne organizacije - JRO in/ali RO s koncesijo)</b> | 104 Kemijski inštitut<br>1858 SAVATECH družba za proizvodnjo in trženje gumenotehničnih proizvodov in pnevmatike d.o.o. |
| <b>Raziskovalno področje po šifrantu ARRS</b>                                                          | 2 TEHNIKA<br>2.04 Materiali                                                                                             |
| <b>Družbeno-ekonomski cilj</b>                                                                         | 13.02 Tehnološke vede - RiR financiran iz drugih virov (ne iz SUF)                                                      |
| <b>Raziskovalno področje po šifrantu FOS</b>                                                           | 2 Tehniške in tehnološke vede<br>2.05 Materiali                                                                         |

### B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

#### 2. Povzetek raziskovalnega programa<sup>1</sup>

SLO

Raziskave na področju zdravja so bile usmerjene v sintezo in uporabo biorazgradljivih in

biokompatibilnih polimerov (dendritski multifunkcionalni polimeri, hibridni polimeri na osnovi polipeptidov in derivatov hitosana) za pripravo dostavnih sistemov zdravilnih učinkovin. Z dostavnimi sistemi v obliki trdnih disperzij antidiabetične zdravilne učinkovine glimepirida in dendritskih poliesteramidnih polimerov smo uspeli doseči občutno izboljšanje vodotopnosti glimepirida. Trdno disperzijo smo vgradili v končno farmacevtsko obliko – tablete, in raziskali vpliv pogojev hranjenja tablet na topnost glimepirida. Rezultati raziskav dostavnih sistemov biofarmacevtikov v obliki nanodelcev, z namenom peroralne dostave, kažejo odlično polnjenje GCSF biofarmacevtika v primeru, ko smo za pripravo nanodelcev uporabili hibridne polimere na osnovi hitosan-*graft*-poli(L-glutamatnih) kopolimerov ali hidrofobno modificiranega poli (glutamata) skupaj s trimetilhitosanom.

Področje polimerov na osnovi lesne biomase in drugih obnovljivih virov je obsegalo optimizacijo postopka utekočinjanja lesa v laboratorijskem in pilotnem merilu ter možno uporabo ultrazvoka v procesu utekočinjanja. Sistematično smo proučili vpliv stopnje polimerizacije in kristaliničnosti celuloze na potek depolimerizacije v etilenglikolu s kislinskim katalizatorjem ter strukturne spremembe lignina pri utekočinjanju. Raziskali smo vpliv dodanega utekočinjenega lesa na kinetiko utrjevanja melaminsko-urea-formaldehidne smole.

Utekočinjeni les smo uporabili kot komponento lepila pri izdelavi ivernih in vezanih plošč. Pripravili smo nov površinski premaz na osnovi melamin-urea formaldehidne smole z dodanim utekočinjenim lesom. Razvili smo tudi nov enostaven postopek pridobivanja nanokristalinične celuloze iz materialov, ki vsebujejo celulozo. V sodelovanju s Strojno fakulteto, UL, smo uporabili utekočinjen les kot energetski vir z visoko sežigno vrednostjo.

Na področju nanokompozitov smo se ukvarjali z modifikacijo površine različnih nanodelcev ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , montmorillonit,  $\text{TiO}_2$ , MoS) in s sintezo ZnO nanodelcev s hidrolizo Zn(II)acetata v diolih z dodatki kislin ali anorganskih baz. Sintezo ZnO nanodelcev smo optimirali za pilotne poskuse. Pripravili smo polimerne (epoksi, PMMA, PA) nanokompozite z in situ polimerizacijo ob prisotnosti modificiranih ali nemodificiranih nanodelcev. Nanokompoziti imajo izboljšano mehanske lastnosti, termično stabilnost ali UV absorpcijo kot sami polimeri.

Z metatezno polimerizacijo z odpiranjem obroča v emulziji z visokim deležem interne faze (HIPE), stabilizirane z nanodelci cinkovega oksida (ZnO), smo pripravili makroporozne nanokompozite na osnovi diciklopentadiena. Pripravljene makroporozne nanokompozite smo kalcinirali v kisikovi atmosferi in pripravili makroporozne ZnO pene, ki smo jih testirali in uporabili kot katalizator v procesu katalitske mokre oksidacije. Iz vode smo uspešno odstranili Bisfenol A, kar kaže na potencialno uporabo makroporoznih ZnO pen za čiščenje vod.

ANG

Research in the area of health and life sciences focused on the synthesis and application of biodegradable and biocompatible polymers (dendritic multifunctional polymers, hybrid polymers based on polypeptides and chitosan derivatives) in drug delivery systems of active pharmaceutical ingredients. By preparation of solid dispersions of poorly water-soluble antidiabetic drug glimepiride and dendritic polyesteramide polymers we achieved considerably improved solubility of glymepiride. Solid dispersion was successfully incorporated into tablets as a final dosage form for which the storage conditions were evaluated. Delivery systems of biopharmaceuticals in the form of nanoparticles for oral delivery purposes showed excellent loading capacity of GCSF protein when the nanoparticles were prepared from hybrid polymers based on chitosan-graft-poly(L-glutamate) copolymers or hydrophobically modified poly (glutamate) together with trimethylchitosan.

Research on utilization of biomass and other renewable resources comprised optimization of the process of wood liquefaction on laboratory and pilot scale, and the potential use of ultrasound in the process of wood biomass liquefaction. The impact of the degree of polymerization and crystallinity of cellulose on depolymerization process in acidified ethylene glycol, the structural changes of lignin during its liquefaction, and the influence of liquefied wood addition on curing kinetics of melamine-urea-formaldehyde resin were systematically studied. Liquefied wood was applied as a component of adhesive mixture in the production of particle boards and plywood. A new surface coating based on the melamin-urea-formaldehyde resin with addition of liquefied wood was prepared. We developed a new simple procedure of nanocrystalline cellulose isolation from the raw, cellulose containing materials.

In the field of nanocomposites we dealt with the surface modification of various nanoparticles ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , montmorillonite,  $\text{TiO}_2$ , MoS) and the synthesis of the ZnO nanoparticles by hydrolysis of Zn(II)acetate in diols with addition of acids or inorganic bases. The synthesis of ZnO

nanoparticles was optimized in pilot experiments. We prepared various polymer nanocomposites by in situ polymerization in the presence of modified or non-modified nanoparticles. Nanocomposites show improved mechanical properties, thermal stability or UV-absorption as compared to the original polymers.

Zinc(II) oxide nanoparticles were used for the stabilization of dicyclopentadiene-water based high internal phase emulsions, which were subsequently cured using ring-opening metathesis polymerization. These inorganic/organic hybrid foam-materials were subsequently calcined to obtain inorganic macroporous ZnO foams with morphology reminiscent to the original hybrid foam. The ZnO foams show an appealing catalytic performance in wet air oxidation process for the destruction of bisphenol A, indicating a great potential of ZnO foams for water-purification.

### **3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem programu, (vključno s predloženim dopolnjenim programom dela v primeru povečanja financiranja raziskovalnega programa v letu 2014)<sup>2</sup>**

SLO

Vsebinska in cilji programa P2-0145 so raziskave in razvoj novih funkcionalnih polimerov in polimernih materialov s posebnimi lastnostmi, ki se izvajajo v dveh sklopih: funkcionalni polimeri za zdravje in trajnostno uporabo ter novi nanostrukturni polimerni materiali in nanotehnologije. Raziskave so potekale po planu in zastavljeni cilji raziskovalnega programa na obeh tematskih sklopih so bili v celoti doseženi.

Raziskave na področju zdravja so bile usmerjene v sintezo biorazgradljivih in biokompatibilnih polimernih nosilcev (dendritski multifunkcionalni polimeri, hibridni polimeri na osnovi polipeptidov in derivatov hitosana), in nadalje v njihovo uporabo za pripravo dostavnih sistemov zdravilnih učinkovin. Študij visoko razvejenih polimerov, ki kažejo velik potencial za uporabo v biomedicini, je pokazal, da so to kompleksni produkti z večdimenzionalnimi porazdelitvami strukturnih lastnosti, ki so odvisne od eksperimentalnih pogojev sinteze in imajo velik vpliv na lastnosti visoko razvejenih polimerov v raztopini in v trdnem stanju.

Rezultati raziskovalnega dela na tem področju predstavljajo pomemben znanstveni prispevek k razumevanju relacije struktura – lastnosti visoko razvejenih polimerov, kar kaže tudi visoka citiranost objav na tem področju in številna vabljena predavanja. Delo na razvejenih (dendritskih) polimerih smo nadalje usmerili v raziskave njihove uporabe za dostavne sisteme slabo vodo-topnih zdravilnih učinkovin. Pripravili in opredelili smo trdne disperzije slabo-vodotopne sulfonilsečninske antidiabetične zdravilne učinkovine (glimepirid) in dendritskih polimerov ter dosegli znatno povečanje vodo-topnosti in hitrosti raztapljanja učinkovine. Ugotovili smo, da je amorfna oblika glimepirida v trdnih disperzijah z dendritskimi polimeri stabilizirana z vodikovimi interakcijami med zdravilno učinkovino in polimernim nosilcem. Ker so trdne disperzije na osnovi dendritskih polimerov ekstremno higroskopske, smo le-te vgradili v končno trdno farmacevtsko obliko, to je filmsko obložene tablete in ovrednotili njihovo kemijsko in fizikalno stabilnost. Študije stabilnosti so pokazale, da je amorfni glimepirid v trdni disperziji, ki je vgrajena v tableto, kemijsko stabilen, četudi so bile tablete izpostavljene povišani temperaturi in vlagi. Omenjena parametra imata vpliv na razpadni čas tablet in posledično na hitrost raztapljanja glimepirida, vendar pa je vpliv bistveno manjši v primeru filmsko obloženih tablet. Omenjene raziskave predstavljajo originalen znanstveni prispevek in izviren pristop pri iskanju rešitev za optimizacijo odmerka učinkovine in tako za doseg želenega terapevtskega učinka. Rezultati tega dela so omogočili boljše razumevanje strukture tako nastalih kompleksov in mehanizmov povečevanja topnosti glimepirida s pripravo trdnih disperzij na osnovi dendritskih polimerov. Le na ta način je namreč eksperimentalna spoznanja mogoče prenesti tudi v prakso za izdelavo zdravil v farmacevtski industriji. Iz tega dela sta bili vloženi dve patentni prijavi, delo pa je objavljeno v znanstvenih publikacijah in predstavljeno širši javnosti v obliki predavanj na mednarodnih konferencah.

Na področju dostave visoko-molekularnih zdravilnih učinkovin (biofarmacevtikov) smo se usmerili v sintezo hibridnih polimerov na osnovi polipeptidov in derivatov hitosana, in nadalje v njihovo uporabo za pripravo dostavnih sistemov zdravilnih učinkovin v obliki nanodelcev, z namenom peroralne dostave biofarmacevtikov. Kopolimere s pripajanjem, to je hitosan-graft-poli(L-glutamatne) kopolimere z različno dolgimi peptidnimi grafti, kot tudi poli(L-glutamat) modificiran s hidrofobnimi skupinami, smo skupaj s trimetilhitosanom uspešno uporabili za pripravo nanodelcev, v katere smo vgradili visok delež proteinske zdravilne učinkovine, to je granulocitne kolonije stimulirajočega faktorja. Raziskali smo vpliv kemijske sestave polimernih nosilcev, delež dodanega biofarmaceutika in vpliv količine dodanega trimetilhitosana na lastnosti nanodelcev. Tako pripravljeni nanodelci z vgrajeno zdravilno učinkovino so imeli povprečni premer med 240 in 320 nm, in ozko porazdelitev velikosti. Pokazali smo, da so nanodelci temperaturno in časovno stabilni, saj se njihova velikost ni bistveno spreminjala. Pri

proučevanju pH stabilnosti nanodelcev smo ugotovili, da so nanodelci nestabilni pri pH vrednostih nad izoelektrično točko biofarmaceutika, kar je željeno in v skladu s pričakovanji za zasnovani sistem nanodelcev. Raziskave na področju zdravja so potekale v okviru 6. OP EU projekta Nanobiopharmaceutics in kasneje v sodelovanju s farmacevtsko družbo Lek v okviru dveh aplikativnih projektov. Projekt L2-2078 je prejel priznanje ARRS za izjemne dosežke. Rezultate raziskovalnega dela smo objavili v več revijah s faktorjem vpliva ter v eni slovenski in dveh mednarodnih patentnih prijavah.

Področje polimerov na osnovi lesne biomase in drugih obnovljivih virov je obsegalo optimizacijo postopka utekočinjanja lesa v laboratorijskem in pilotnem merilu ter možno uporabo ultrazvoka v procesu utekočinjanja. Sistematično smo proučili vpliv stopnje polimerizacije in kristaliničnosti celuloze na potek depolimerizacije v etilenglikolu s kislinskim katalizatorjem ter strukturne spremembe lignina pri utekočinjanju. Raziskali smo vpliv dodanega utekočinjenega lesa na kinetiko utrjevanja melaminsko-urea-formaldehidne smole. Utekočinjeni les smo uporabili kot komponento lepila pri izdelavi ivernih in vezanih plošč. Pripravili smo nov površinski premaz na osnovi melamin-urea formaldehidne smole z dodanim utekočinjenim lesom. Razvili smo tudi nov enostaven postopek pridobivanja nanokristalinične celuloze iz materialov, ki vsebujejo celulozo in ga patentno zaščitili. Raziskali smo tudi vpliv mikrovalov pri izolaciji nanoceluloze in ugotovili, da z uporabo mikrovalov bistveno skrajšamo in pocenimo postopek izolacije nanoceluloze iz bombažnih vlaken. V sodelovanju s Strojno fakulteto, UL, smo uporabili utekočinjen les kot energetski vir z visoko sežigno vrednostjo. Raziskave na področju uporabe biomase so potekale v sodelovanju s tujimi raziskovalnimi skupinami v okviru bilateralnih projektov s Portugalsko in Italijo (COST projekt »Analytical techniques for biorefineries«), ter v sodelovanju z UL in slovenskimi industrijskimi partnerji: GGP Postojna (Vavčer), Kolpa (RIP projekt: Multifunkcionalno pohištvo-inovativne produktne enote bivanjskih prostorov prihodnosti), Melamin, Mitol in Fibrin. Rezultate iz tega področja smo objavili v več revijah s faktorjem vpliva, enem slovenskem patentu in dveh mednarodnih patentnih prijavah. Na področju biopolimerov smo sodelovali tudi v 7 OP EU projektu Animpol - Novi biotehnoški pristopi za uporabo ogljičnih odpadkov za proizvodnjo produktov z visoko vrednostjo in sicer z natančno opredelitvijo mikrostrukture biorazgradljivih naravnih alifatskih poliestrov – polihidroksialkanoatov, ter s teoretskim razumevanjem podprtim z računalniškimi simulacijami o vplivu kemijske sestave biopolimerov na njihovo biorazgradljivost.

Biopolimeri so bili tudi tematika mednarodnega projekta Plastice - Inovativni razvoj vrednostne verige za trajnostne plastike v srednji Evropi (program Srednja Evropa), v katerem smo imeli vlogo koordinatorja (13 partnerjev iz 4 držav). V okviru projekta smo organizirali ali soorganizirali 7 seminarjev/konferenc. V izvajanju je sodelovalo preko 100 podjetij. Izvedli smo 4 izvedbene primere v katerih so bili pripravljeni 3 industrijski prototipi. Vzpostavili smo mrežo nacionalnih informacijskih točk, v kateri trenutno sodeluje 9 držav

([www.sustainableplastics.eu](http://www.sustainableplastics.eu)). Kot koordinator sodelujemo tudi pri projektu DeFishGear - Sistem upravljanja z odpadno ribiško opremo v Jadranski regiji (program IPA Adriatic), v katerem sodeluje 16 partnerjev iz 7 držav Jadranske regije.

Cilj priprave polimernih nanokompozitov s homogenim vmešavanjem napolnil v polimerno matrico je izboljšati lastnosti polimernih materialov glede na lastnosti samega polimera.

Raziskave smo usmerili v sintezo napolnil (predvsem ZnO), njihovo površinsko modifikacijo in karakterizacijo ter v pripravo nanokompozitov z novimi kombinacijami lastnosti (npr. visoka absorpcija v UV območju in visoka transparentnost za vidno svetlobo, izboljšane mehanske lastnosti itd.). Tako smo modificirali površino različnih nanodelcev (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, montmorillonit, TiO<sub>2</sub>, MoS) in sintetizirali ZnO nanodelce s hidrolizo Zn(II)acetata v diolah z dodatki kislin ali anorganskih baz. Pripravili smo polimerne (epoksi, PMMA, PS, PA) nanokompozite z in situ polimerizacijo ob prisotnosti modificiranih ali nemodificiranih nanodelcev. Nanokompoziti kažejo izboljšane mehanske lastnosti, termično stabilnost ali UV absorpcijo kot sami polimeri. Sintezo ZnO nanodelcev smo optimirali na pilotnem nivoju in delce testirali za UV stabilizacijo različnih polimernih materialov v sodelovanju z industrijskima partnerjema Kolpa in Akripol.

V nadaljevanju smo z ROMP polimerizacijo v emulziji z visokim deležem interne faze (HIPE), stabilizirane z nanodelci cinkovega oksida (ZnO), pripravili makroporozne nanokompozite na osnovi diciklopentadiena. Pripravljene makroporozne nanokompozite smo v drugi fazi postopka kalcinirali v kisikovi atmosferi in pripravili makroporozno ZnO peno. Izjemen rezultat tega postopka je, da po kalcinaciji in odstranitvi organskega dela nanokompozita, ZnO nanodelci obdržijo makroporozno strukturo, kar je izjemno dobrodošlo v aplikacijah kjer so potrebne dobre pretočne lastnosti. Tako smo v nadaljevanju testirali makroporozno ZnO peno kot katalizator v procesu katalitske mokre oksidacije (CWAO), in iz vode uspešno odstranili Bisfenol A, kar kaže na potencialno uporabo makroporozne ZnO pene za čiščenje vod.

HIPE templatiranje smo uporabili tudi za pripravo n-konjugiranih makroporznihih pen na osnovi 1,3-dietinbenzena, ki so pokazale tako UV/ViS kot fotoluminiscenčne odzive, ko smo jih obsevali z UV svetlobo valovne dolžine med 370 - 420 nm. Pene s takšno elektronsko strukturo kažejo izjemen potencial za aplikacije v opto-elektroniki ali za fotokatalitske

aplikacije in so predmet nadaljnjih raziskav v našem laboratoriju.

Raziskali smo tudi pripravo prevodnih nanostruktur polianilina (PANI) s kemijsko oksidacijo v raztopinah različnih ionskih tekočin. Pripravili smo nanožičke in 3D strukturirani PANI in ugotovili, da na njegovo morfologijo vplivata vrsta ionske tekočine in molsko razmerje med anilinom in ionsko tekočino. Ionska tekočina se namreč v odvisnosti od vrste in koncentracije struktura v micela, ki delujejo kot mehak templat in tako ureja molekule monomera oziroma nastajajočih PANI molekul v različne nanostrukture.

Raziskave in objave rezultatov na področju nanomaterialov so potekale v sodelovanju z raziskovalnimi organizacijami v Sloveniji (Inštitut Jožef Stefan, ZAG, UL) in tujini (Univerza v Zagrebu preko COST projekta, inštitut Rudjer Bošković, Zagreb, Hrvaška, Politecnico di Torino iz Italije, Texas Christian University, Fort Worth, Texas – ZDA, Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm, Švedska, University of Graz, Gradec, Avstrija, Karlove Univerze iz Prage, Češka). Rezultati so objavljeni v številnih znanstvenih člankih in enem slovenskem patentu. V projektu Visokotemperaturni sklad smo pripravili izboljšano visokotemperaturno protonsko prevodno membrano, ki je temelj enega podeljenega patenta in ene patentne prijave v postopku ter nadaljnega razvoja v malem visokotehnološkem podjetju.

Pomembno je tudi področje karakterizacije polimerov in polimernih materialov tako iz vidika uvajanja naprednih instrumentalnih tehnik kot razvoja analitskih metod. Dobra opremljenost laboratorija in vrhunsko znanje raziskovalne skupine sta bili osnovi za številna uspešna pogodbeno sodelovanja z industrijskimi partnerji v preteklem programskem obdobju.

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

SLO

Vsebina in cilji programa P2-0145 so raziskave in razvoj novih funkcionalnih polimerov in polimernih materialov s posebnimi lastnostmi, ki se izvajajo v dveh sklopih: funkcionalni polimeri za zdravje in trajnostno uporabo ter novi nanostrukturni polimerni materiali in nanotehnologije. Raziskave so potekale po planu in zastavljeni cilji raziskovalnega programa na obeh tematskih sklopih so bili v celoti doseženi.

#### 5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine v letu 2014<sup>4</sup>

SLO

V vsebini raziskovalnega programa ni bilo sprememb. Prav tako ni bilo bistvenih sprememb v sestavi programske skupine v letu 2014, le mladi raziskovalec dr. Peter Perdih je skupino zapustil po uspešno opravljenem doktoratu.

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

| Znanstveni dosežek |           |         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------------|-----------|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.                 | COBISS ID | 5034522 | Vir: COBISS.SI                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                    | Naslov    | SLO     | Opredelitev proteinskega konjugata s pretočnim sistemom z asimetričnim prečnim pretokom in velikostno izključitveno kromatografijo v kombinaciji z zaporedno vezanimi UV-MALS(QELS)-RI detektorji                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                    |           | ANG     | Characterization of a protein conjugate using an asymmetrical-flow field-flow fractionation and a size-exclusion chromatography with multi-detection system                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                    | Opis      | SLO     | Članek opisuje celostno opredelitev proteinPEG konjugata (biofarmaceutik) z dvema različnima tehnikama separacije, in sicer s pretočnim sistemom z asimetričnim prečnim pretokom (AF4) in velikostno izključitveno kromatografijo (SEC), obe sklopljeni z zaporedno vezanimi detektorji: ultravijoličnim detektorjem, detektorjem na sipanje svetlobe pri več kotih, detektorjem na dinamično sipanje svetlobe in detektorjem na lomni količnik (UV-MALS(QELS)-RI). Kot komplementarno tehniko smo uporabili tudi masno spektrometrijo in sicer spektrometer na čas preleta ionov in lasersko desorpcijo/ionizacijo s pomočjo matriksa (MALDI-TOF MS). Rezultati AF4 tehnike in SEC z dvema zaporedno vezanima kolonama, pri čemer sta bila oba sistema sklopljena z zaporedno vezanimi detektorji, kažejo, da je |

|  |        |              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--|--------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |        |              | kemijska sestava protein/PEG v konjugatu enaka 1/1, v sledovih pa vzorec vsebuje še nezreagiran protein in visokomolekularne agregate. Ker je delež asociatov manjši v acetatnem pufru z dodanim 5% sorbitolom kot v acetatnem pufru z 200 mM NaCl, je prvi puferski sistem primernejši za dolgoročno hranjenje konjugata. Z ločbo na samo eni SEC koloni smo dobili slabo ločena vrhova za konjugat in visokomolekularne agregate, MALDI-TOF MS pa je poleg konjugata identificiral še prisoten nezregairan protein v vzorcu, ni pa identificiral agregatov.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|  |        | ANG          | In this study we present detailed characterization of a protein-PEG conjugate using two separation techniques, that is, asymmetrical-flow field-flow fractionation (AF4) and size-exclusion chromatography (SEC), which were onlinecoupled to a series of successively connected detectors: an ultraviolet, a multiangle light-scattering, a quasi-elastic light-scattering, and a refractive-index detector (UV-MALS(QELS)-RI). Matrix-assisted laser-desorption/ionization time-of-flight mass spectrometry (MALDI-TOF MS) was used as a complementary characterization technique. The results of AF4 as well as SEC on two columns connected in series, with both separation techniques coupled to a multidetection system, indicate the uniform molar mass and chemical composition of the conjugate, that is, the molar ratio of protein to PEG is 1/1, the presence of minute amounts of residual unreacted protein and the aggregates with the same chemical composition as that of the conjugate. Since the portion of aggregated species is smaller in the acetate buffer solution containing 5% sorbitol than in the acetate buffer solution with 200-mM sodium chloride, the former buffer solution is more suitable for conjugate storage. The separation using only one SEC column results in poorly resolved peaks of the PEGylated protein conjugate and the aggregates, whereas MALDI-TOF MS analysis reveal the presence of the residual protein, but not the aggregates. |
|  |        | Objavljeno v | American Chemical Society; Analytical chemistry; 2012; Vol. 84, issue 17; str. 7374-7384; Impact Factor: 5.695; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.187; A': 1; WoS: EA; Avtorji / Authors: Rebolj Katja, Pahovnik David, Žagar Ema                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|  |        | Tipologija   | 1.01 Izvirni znanstveni članek                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|  |        | 2. COBISS ID | 4487194 Vir: COBISS.SI                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|  | Naslov | SLO          | Alifatski visoko razvejeni poliestri na osnovi 2,2-bis(metilol)propionske kisline – določitev strukture ter njihovih lastnosti v raztopini in trdnem stanju                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|  |        | ANG          | Aliphatic hyperbranched polyesters based on 2,2-bis(methylol)propionic acid-determination of structure, solution and bulk properties                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|  | Opis   | SLO          | Visoko razvejeni polimeri imajo zaradi močno razvejene strukture in velikega števila funkcionalnih skupin edinstvene lastnosti, zaradi katerih so zanimivi za razne aplikacije. Med najbolj pogosto raziskovane štejemo tudi visoko razvejene polimere na osnovi 2,2-bis(metilol)propionske kisline. Pregledni članek obsega poleg sintetskih postopkov priprave, tudi rezultate študij njihove karakterizacije, ki kažejo, da so visoko razvejeni polimeri kompleksni produkti z večdimenzionalno porazdelitvijo raznih lastnosti. Opisani so vplivi pogojev sinteze visoko razvejenih poliestrov na strukturne karakteristike in molsko maso, kot tudi vpliv teh parametrov na lastnosti v raztopini in trdnem stanju. Navedene so tudi potencialne možne uporabe teh polimerov, ki segajo od industrijskih aplikacij do visokotehnoloških področij. Pregledni članek je rezultat našega večletnega znanstvenega raziskovanja na področju visoko razvejenih polimerov in dejstva, da so visoko razvejeni polimeri zaradi specifičnih lastnosti izredno interesantni polimeri ne le v raziskovalni sferi, ampak tudi v aplikativne namene.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|  |        |              | Due to their highly branched structure and the large number of functional groups hyperbranched polymers possess unique properties that make them                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

|    |              |                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |              |                                                                                                                                                                                                                                        | ANG                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | interesting for uses in a wide variety of applications. Some of the most widely investigated hyperbranched polymers are the polyesters based on 2,2-bis(methylol)propionic acid. In this paper we present the results of characterization studies of hyperbranched polyesters based on 2,2-bis(methylol)propionic acid which show that they are very complex products with a multidimensional distribution of various properties. The influence of the synthesis conditions on the structure and molar-mass characteristics of hyperbranched polyesters as well as the findings that allow a thorough understanding of the structure-property relationships are reviewed in detail. |
|    | Objavljeno v | Pergamon Press; Progress in polymer science; 2011; Vol. 36, iss. 1; str. 53-88; Impact Factor: 24.100;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.978; A'': 1;A': 1; WoS: UY; Avtorji / Authors: Žagar Ema, Žigon Majda |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|    | Tipologija   | 1.02 Pregledni znanstveni članek                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 3. | COBISS ID    | 5522714                                                                                                                                                                                                                                | Vir: COBISS.SI                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|    | Naslov       | SLO                                                                                                                                                                                                                                    | Sinteza hitosan-graft-poli(natrijevega-L-glutamata) za pripravo nanodelcev z vgrajeno proteinsko zdravilno učinkovino                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|    |              | ANG                                                                                                                                                                                                                                    | Synthesis of chitosan-graft-poly(sodium-L-glutamate) for preparation of protein nanoparticles                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|    | Opis         | SLO                                                                                                                                                                                                                                    | Zasnovali smo sintezno pot in pripravili niz kopolimerov hitosan-graft-poli (natrijev-L-glutamat), z različnimi dolžinami poli(L-glutamatnih)verig. Kot iniciator za polimerizacijo N-karboksianhidrida γ-benzil-L-glutamata smo pripravili sol hitosana in organske sulfonske soli, ki je topna v DMSO. Tako pripravljene kopolimere hitosan-graft-poli(γ-benzil-L-glutamat) smo nato odščitili z uporabo tetrabutylamonijevega hidroksida. Povprečja in porazdelitev molskih mas ter kemijsko sestavo kopolimerov z različnimi dolžinami polipeptidnih verig smo določili s SEC-MALS, FT-IR in z vrsto NMR eksperimentov. Sintetizirane kopolimere smo uporabili skupaj s trimetil hitosanom za pripravo nanodelcev z vgrajenim proteinom granulocitne kolonije stimulirajočim faktorjem (GCSF). Pripravili smo suspenzije nanodelcev s tipičnim povprečnim premerom 200–300 nm in indeksom polidisperznosti pod 0,26. Dosegli smo do 95 % učinkovitost vgradnje in izjemno visok delež vgrajenega GCSF proteina v nanodelce, ki je znašal do 45% celotne mase nanodelcev. Preučili smo časovno, temperaturno in pH stabilnost pripravljenih nanodelcev.                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|    |              | ANG                                                                                                                                                                                                                                    | In this manuscript we have designed a synthetic approach for the preparation of a series of chitosan-graft-poly(L-glutamate) copolymers with different lengths of poly(L-glutamate) grafts. First, organosulfonic chitosan salt, soluble in DMSO, was prepared in order to effectively initiate ring-opening polymerization of γ-benzyl-L-glutamate N-carboxyanhydride.The chitosan-graft-poly(γ-benzyl-L-glutamate) copolymers were fully deprotected by applying tetrabutylammonium hydroxide. The molar mass characteristics and the chemical composition of graft copolymers with various lengths of polypeptide grafts were determined by SEC-MALS, FT-IR and various NMR spectroscopic techniques. The synthesized copolymers were further used in combination with trimethyl chitosan for the preparation of nanoparticles (NPs) of a recombinant granulocyte colony stimulating factor (GCSF). The suspensions of NPs with typical average diameter of 200–300 nm were obtained with polydispersity index values below 0.26. The achieved loading efficiency was up to 95% and the final loading of GCSF protein in NPs was up to 45%. The time, temperature and pH stability of NPs was also studied. |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|    | Objavljeno v | Chapman & Hall;Kluwer Academic Publishers; Cellulose; 2014; Vol. 21, iss. 5; str. 3469-3485; Impact Factor: 3.033;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.853; A'': 1;A': 1; WoS: PJ, QJ, UY; Avtorji /             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

|    |              |                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |              | Authors: Perdih Peter, Pahovnik David, Cegnar Mateja, Miklavžin Ana, Kerč Janez, Žagar Ema                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|    | Tipologija   | 1.01 Izvirni znanstveni članek                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 4. | COBISS ID    | 1964681                                                                                                                                                                                                                                                                        | Vir: COBISS.SI                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|    | Naslov       | SLO                                                                                                                                                                                                                                                                            | Utekočinjanje lignoceluloznih materialov s pomočjo ultrazvoka                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|    |              | ANG                                                                                                                                                                                                                                                                            | Ultrasonically assisted liquefaction of lignocellulosic materials                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|    | Opis         | SLO                                                                                                                                                                                                                                                                            | Pri procesu utekočinjanja raznih lignoceluloznih materialov, tudi odpadkov, smo uporabili ultrazvok z visoko energijo. Razvili smo izjemno učinkovit način pretvorbe lesne biomase v uporabne surovine. Ugotovili smo, da je izkoristek reakcije v vseh primerih visok in da je bil čas reakcije do devetkrat krajši. Nastali delci so bili manjših dimenzij, uporaba ultrazvoka pa ni vplivala na hidroksilno število končnih produktov. Opisani postopek preprečuje tvorbo večjih molekularnih struktur med procesom utekočinjanja s tem, da preprečuje združevanje večjih reaktivnih segmentov in tudi zaradi krajšega časa reakcije. Prav krajši reakcijski čas in posledično nizka poraba energije sta osnova za nove metode za pretvorbo lesnih odpadkov v koristne surovine za kemijsko industrijo.                                                                                                               |
|    |              | ANG                                                                                                                                                                                                                                                                            | High energy ultrasound was utilized for liquefaction of different lignocellulosic materials, wood wastes in particular. We developed a highly efficient way of transforming the biomass waste into the valuable chemicals. It was found, that reaction yield in all experiments was high and that reaction times were shortened up to nine times when using the ultrasound process with smaller residual particles and with no influence on the hydroxyl number of the final products. The use of ultrasound process inhibits the formation of large molecular structures from the degradation products during liquefaction by keeping the reactive segments apart and due to such a short reaction time being used. The short reaction time and subsequent low energy consumption for the liquefaction reaction leads to creation of the new method for transformation of wood waste materials into valuable chemicals. |
|    | Objavljeno v | Elsevier Applied Science; Bioresource technology; 2012; Vol. 103, no. 1; str. 360-366; Impact Factor: 4.750; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.504; A'': 1; A': 1; WoS: AE, DB, ID; Avtorji / Authors: Kunaver Matjaž, Jasiukaityte Edita, Čuk Nataša |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|    | Tipologija   | 1.01 Izvirni znanstveni članek                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 5. | COBISS ID    | 5593626                                                                                                                                                                                                                                                                        | Vir: COBISS.SI                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|    | Naslov       | SLO                                                                                                                                                                                                                                                                            | Makroporozne ZnO pene pripravljene s tehniko emulzij z visokim deležem interne faze                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|    |              | ANG                                                                                                                                                                                                                                                                            | Macroporous ZnO foams by high internal phase emulsion technique                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|    | Opis         | SLO                                                                                                                                                                                                                                                                            | Z metodo odpiranjem obroča (ROMP) v emulzij z visokim deležem interne faze (HIPE) stabilizirane z nanodelci cinkovega oksida (ZnO), smo pripravili makroporozne nanokompozite na osnovi diciklopentadiena in nanodelcev cinkovega oksida (ZnO). Pripravljene makroporozne nanokompozite smo v drugi fazi postopka kalcinirali v kisikovi atmosferi in pripravili makroporozna ZnO peno. Izjemen rezultat tega postopka je, da po kalcinaciji in odstranitvi organskega dela nanokompozita, ZnO nanodelci obdržijo makroporozno strukturo, kar je izjemno dobrodošlo v aplikacijah kjer so potrebne dobre pretočne lastnosti. Tako smo v nadaljevanju testirali makroporozno ZnO peno kot katalizator v procesu katalitske mokre oksidacije (CWAO), in iz vode uspešno odstranili Bisfenol A.                                                                                                                             |
|    |              |                                                                                                                                                                                                                                                                                | Zinc(II) oxide nanoparticles were used for the stabilization of dicyclopentadiene (DCPD) –water-based high internal phase emulsions (HIPEs), which were subsequently cured using ring-opening metathesis                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

|              |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|              | ANG | polymerization (ROMP). The morphology of the resulting ZnO-pDCPD nanocomposite foams was investigated in correlation to the nanoparticle loading and nanoparticle surface chemistry. While hydrophilic ZnO nanoparticles were found to be unsuitable for stabilizing the HIPE, oleic acid coated, yet hydrophobic ZnO nanoparticles were effective HIPE stabilizers, yielding polymer foams with ZnO nanoparticles located predominately at their surface. These inorganic/organic hybrid foam-materials were subsequently calcined at 550 °C for 15 min to obtain inorganic macroporous ZnO foams with a morphology reminiscent to the original hybrid foam, and a specific surface area of 1.5 m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> . Longer calcination time (550 °C, 15 h) resulted in a sea urchin like morphology of the ZnO foams, characterized by higher specific surface area of 5.5 m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> . The latter foam type showed an appealing catalytic performance in the catalytic wet air oxidation (CWAO) process for the destruction of bisphenol A. |
| Objavljeno v |     | American Chemical Society; ACS applied materials & interfaces; 2014; Vol. 6, no. 21; str. 19075-19081; Impact Factor: 5.900; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.554; A': 1; WoS: NS, PM; Avtorji / Authors: Kovačič Sebastijan, Anžlovar Alojz, Erjavec Boštjan, Kapun Gregor, Matsko Nadejda B., Žigon Majda, Žagar Ema, Pintar Albin, Slugovc Christian                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Tipologija   |     | 1.01 Izvirni znanstveni članek                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

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

|    |                            |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----|----------------------------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | Družbeno-ekonomski dosežek |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 1. | COBISS ID                  | 263881216 | Vir: COBISS.SI                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|    | Naslov                     | SLO       | Opredelitev linearnih in razvejanih blok-kopolimerov z dvo-dimenzionalno tekočinsko kromatografijo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|    |                            | ANG       | Characterization of linear and branched block copolymers by two dimensional liquid chromatography                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|    | Opis                       | SLO       | Dr. E. Žagar je bila mentorica doktorandki Tini Šmigovec Ljubič na Fakulteti za kemijo in kemijsko tehnologijo Univerze v Ljubljani. Tina Šmigovec Ljubič je doktorsko disertacijo zagovarjala 15.10.2012. Raziskave so obsegale opredelitev treh linearnih poli(stiren-b-t-butilmetakrilatnih) kopolimerov, PS-b-PtBMA, sestavljenih iz polistirenskega (PS) bloka primerljivih dolžin in krajših poli(t-butil metakrilatnih) (PtBMA) blokov različnih dolžin. Njihovo mešanico v utežnem razmerju 1/1/1, smo z raznimi kromatografskimi tehnikami poizkušali ločiti v posamezne komponente. Drugi del raziskav je bila celostna opredelitev poli(stiren-b-izopren) (PS(PI)x) kopolimerov zvezdastih arhitektur, ki so bili sintetizirani z anionsko polimerizacijo polistirenskega (PS) in poliizoprenskega (PI) bloka in selektivno klorosilansko kemijo. PS(PI)x kopolimeri (x = 2, 3, 5 in 7) so se razlikovali v dolžini PI bloka, ki se je krajšal z naraščajočim številom PI krakov v zvezdi. Uporabili smo različne tehnike ločevanja (SEC, RP-LAC, 2D-LC) in karakterizacije (UV-MALS-RI) večdetekcijski SEC sistem, NMR in MALDI-TOF MS). Najbolj učinkovito ločbo in identifikacijo komponent posameznih vzorcev smo dosegli z RP-LAC, ki ločuje molekule glede na njihovo kemijsko sestavo, ter naknadno analizo zbranih frakcij, ki so se eluirale iz RP-C18 kolone, s SEC/UV-MALS-RI tehniko. Vsi PS(PI)x kopolimeri so v manjših količinah vsebovali homo-PS in homo-PI ter visokomolekularne (PS)y(PI)z (y > 1) specije, katerih vsebnost je bila večja v PS(PI)5 in PS(PI)7 kot v PS(PI)2 in PS(PI)3 kopolimerih. Glavna sestavina PS(PI)2 kopolimera je bila komponenta s predvidevano strukturo. PS(PI)x (x = 3, 5 in 7) kopolimeri so vsebovali zvezde z manjšim številom PI ram od teoretičnega števila. Ti rezultati so v skladu s povprečno kemijsko |

|    |              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                      |
|----|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |              | sestavo kopolimerov, ki smo jo določili iz protonskih NMR spektrov vzorcev in opredelitvijo posameznih komponent z MALDI-TOF masno spektrometrijo.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                      |
|    | ANG          | Dr. E. Žagar was a mentor to Tina Šmigovec Ljubič at the Faculty of Chemistry and Chemical Technology, University of Ljubljana. Tina Šmigovec Ljubič defended her Ph.D. thesis on /15/10/2012. Research focused on the characterization of three linear poly (styrene-b-t-butyl methacrylate) copolymers, PS-b-PtBMA, composed of polystyrene (PS) block of comparable lengths and shorter poly (t-butyl methacrylate) (PtBMA) blocks of different lengths. We tried to separate their mixture in weight ratio 1/1/1 into individual components by various chromatographic techniques. Second part of research was a comprehensive characterization of poly(styrene-b-isoprene) (PS (PI)x) star copolymers which were synthesized by anionic polymerization of polystyrene (PS) and polyisoprene (PI) block and selectively chlorosilane chemistry. PS(PI)x copolymers (x = 2, 3, 5 and 7) differed in the length of the PI block, which shortened by increasing the number of PI arms. We used various separation (SEC, RP-LAC, 2D-LC) and characterization techniques (UV-MALS-RI) multidetection SEC system, NMR and MALDI-TOF MS). Most effective separation and characterization of individual components was achieved by RP-LAC, which separates molecules according to their chemical composition, and the subsequent analysis of collected fractions, which eluted from the RP-C18 column, with SEC/UV-MALS-RI technique. All PS(PI)x copolymers include homo-PS and homo-PI and high MW (PS)y(PI)z (y> 1) species in smaller quantities. Their content was higher in the PS(PI)5 and PS(PI)7 than in the PS(PI)2 and PS(PI)3 copolymers. Principal component of PS(PI)2 copolymer was component with the predicted structure. PS(PI)x (x = 3, 5 and 7) copolymers contain stars with fewer PI arms than predicted by the theoretical number. These results are in line with the average chemical composition of the copolymers, determined by proton NMR spectroscopy and the identification of individual components by MALDI-TOF MS. |                                                                                                                                                                                                                      |
|    | Šifra        | D.09                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Mentorstvo doktorandom                                                                                                                                                                                               |
|    | Objavljeno v | [T. Šmigovec Ljubič; 2012; 102 f.; Avtorji / Authors: Šmigovec Ljubič Tina                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                      |
|    | Tipologija   | 2.08 Doktorska disertacija                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                      |
| 2. | COBISS ID    | 5465882                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Vir: COBISS.SI                                                                                                                                                                                                       |
|    | Naslov       | SLO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Izbor polimerov za pripravo nanodelcev z visokim polnjenjem proteinske učinkovine                                                                                                                                    |
|    |              | ANG                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Polymer selection for preparation of nanoparticles with high protein loading                                                                                                                                         |
|    | Opis         | SLO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Izum se nanaša na razvoj novih polimerov, ki v visoki stopnji asociirajo s proteinsko zdravilno učinkovino in omogočajo pripravo nanodelcev z visokim polnjenjem.                                                    |
|    |              | ANG                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | The invention relates to novel polymers, which exhibit improved association with protein drugs and enable the formation of nanoparticles with high protein loading.                                                  |
|    | Šifra        | F.08                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Razvoj in izdelava prototipa                                                                                                                                                                                         |
|    | Objavljeno v | World Intellectual Property Organization, International Bureau; 2013; 26 str., 6 str. pril.; Avtorji / Authors: Cegnar Mateja, Kerč Janez, Miklavžin Ana, Pahovnik David, Žagar Ema, Perdih Peter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                      |
|    | Tipologija   | 2.23 Patentna prijava                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                      |
| 3. | COBISS ID    | 6344545                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Vir: COBISS.SI                                                                                                                                                                                                       |
|    | Naslov       | SLO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Predlog spremljanja stanja in začetna presoja morskih voda glede na lastnosti in količine odpadkov v morskem okolju, določanje dobrega okoljskega stanja in oblikovanje okoljskih ciljnih vrednosti v skladu s členi |

|    |              |                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |              |                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 8, 9 in 10 Okvirne Direktive o morski strategiji (2008/56/ES) za deskriptor 10 - morski odpadki                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|    |              | ANG                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Derelict Fishing Gear Management System in the Adriatic Region (DeFishGear), IPA Adriatic project; Proposal for monitoring and initial assessment of marine waters according to the nature and amount of waste in the marine environment, the determination of good environmental status and the establishment of environmental targets in accordance with Rules 8, 9 and 10 of the Framework Directive, the Marine Strategy Directive (2008/56/EC) for the descriptor 10 marine litter             |
|    | Opis         | SLO                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Strateški projekt 16 partnerjev iz 7 držav (budget 5,3 MEuro, trajanje 29 mesecev) obravnava iztrošeno ribiško opremo (mreže), morske odpadke in mikroplastiko v Jadranskem morju. Projekt bo vzpostavil harmonizirano sposobnost v sodelujočih državah in bo pripravil prve koordinirane rezultate monitoringa morskih odpadkov v Jadranu. Končni rezultat projekta bo predlog strategije za upravljanje z morskimi odpadki v Jadranski regiji.                                                    |
|    |              | ANG                                                                                                                                                                                                                                                                                        | The strategic project with partners 16 from 7 countries (5,3 MEuro budget, duration 29 month) focuses on derelict fishing gear (nets), marine litter and microplastics in the Adriatic Sea. The project will establish harmonized capacity in all participating countries and will provide the first set of coordinated monitoring results on marine litter in the Adriatic. A strategy proposal for management with marine litter in the Adriatic region will be the final outcome of the project. |
|    | Šifra        | D.01 Vodenje/koordiniranje (mednarodnih in domačih) projektov                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|    | Objavljeno v | Inštitut za vode Republike Slovenije; 2013; 1 zv. (loč. pag.); Avtorji / Authors: Peterlin Monika, Palatinus Andreja, Jež Erika, Ljubec Bojana, Kržan Andrej, Forte Janez, Kupec Rebeka, Štjanrajh Tjaša, Ajdnik Urban, Delić Ajda, Rauh Tatjana, Birsa Tjaša, Karat Ana, Karakaya Batuhan |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|    | Tipologija   | 2.12 Končno poročilo o rezultatih raziskav                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 4. | COBISS ID    |                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Vir: vpis v poročilo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|    | Naslov       | SLO                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Puhova nagrada                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|    |              | ANG                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Puch award (National Awards)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|    | Opis         | SLO                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Puhovo priznanje v letu 2012 za izume, razvojne dosežke in uporabo znanstvenih izsledkov za obnovljive vire in njihovo uporabo namesto surovin iz surove nafte; dobitnik nagrade: izr. prof. dr. M. Kunaver.                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|    |              | ANG                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Puch award in 2012 for innovations, research results and their application for the replacement of crude oil products with renewable resources, an award winner: Assist. Prof. Dr. M. Kunaver.                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|    | Šifra        | E.01 Domače nagrade                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|    | Objavljeno v | časopisu Delo                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|    | Tipologija   | 3.11 Radijski ali TV dogodek                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 5. | COBISS ID    | 5523994                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Vir: COBISS.SI                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|    | Naslov       | SLO                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Pretočni sistem z asimetričnim prečnim pretokom in velikostna izključitvena kromatografija za karakterizacijo polimerprotein konjugatov                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|    |              | ANG                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Asymmetric flow field-flow fractionation and size-exclusion chromatography for characterization of polymer-protein conjugates                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|    | Opis         | SLO                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Vabljeni predavanja na 10. mednarodni konferenci »International Symposium on Polymer Therapeutics, From laboratory to clinical practice«, 19-21 May 2014, Centro de Investigación Príncipe Felipe, Valencia, Spain.                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|    |              | ANG                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Invited lecture at the 10th International Symposium on Polymer Therapeutics, From laboratory to clinical practice, 19th-21th May 2014, Centro de Investigación Príncipe Felipe, Valencia, Spain.                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

|              |                                                                                                                          |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Šifra        | B.04 Vabljen predavatelj                                                                                                 |
| Objavljeno v | [s. n.]; From laboratory to clinical practice; 2014; Str. 19; Avtorji / Authors: Žagar Ema, Rebolj Katja, Pahovnik David |
| Tipologija   | 1.10 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci (vabljen predavatelj)                                      |

## 8. Drugi pomembni rezultati programske skupine<sup>2</sup>

Raziskali smo pripravo prevodnih nanostruktur polianilina (PANI) s kemijsko oksidacijo v raztopinah različnih ionskih tekočin. Pripravili smo nanožičke in 3D strukturirani PANI. Raziskave in objave so potekale v sodelovanju z raziskovalno skupino Karlove Univerze iz Prage.

V projektu Visokotemperaturni sklad smo pripravili izboljšano visokotemperaturno protonsko prevodno membrano, ki je temelj enega podeljenega patenta in ene patentne prijave v postopku ter nadaljnjega razvoja v malem visokotehnološkem podjetju.

V 7 OP EU projektu Animpol - Novi biotehnoški pristopi za uporabo ogljičnih odpadkov za proizvodnjo produktov z visoko vrednostjo smo sodelovali pri karakterizaciji polihidroksialkanoatov. Z uporabo računalniških simulacij smo prispevali k teoretskem razumevanju vpliva kemijske stabilnosti na biorazgradljivost polimerov.

Na področju biopolimerov smo sodelovali pri mednarodnem projektu Plastice - Inovativni razvoj vrednostne verige za trajnostne plastike v srednji Evropi (program Srednja Evropa), v katerem imamo vlogo koordinatorja (13 partnerjev iz 4 držav). V okviru projekta smo organizirali ali soorganizirali 7 seminarjev/konferenc. V izvajanju je sodelovalo preko 100 podjetij. Izvedli smo 4 izvedbene primere v katerih so bili pripravljeni 3 industrijski prototipi. Vzpostavili smo mrežo nacionalnih informacijskih točk, v kateri trenutno sodeluje 9 držav ([www.sustainableplastics.eu](http://www.sustainableplastics.eu)).

Kot koordinator sodelujemo tudi pri projektu DeFishGear - Sistem upravljanja z odpadno ribiško opremo v Jadranski regiji (program IPA Adriatic), v katerem sodeluje 16 partnerjev iz 7 držav Jadranske regije.

Pomembno je tudi področje karakterizacije polimerov in polimernih materialov tako iz vidika uvažanja naprednih instrumentalnih tehnik kot razvoja analitskih metod. Dobra opremljenost laboratorija in vrhunsko znanje raziskovalne skupine je osnova za številna pogodbeno sodelovanja z industrijskimi partnerji, katerih prihodek je bistvenega pomena za raziskovalno skupino.

## 9. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine<sup>3</sup>

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

SLO

S poglobljenim razumevanjem relacije struktura-lastnosti in inovativnimi rešitvami znanstvenih izzivov, rezultati programa pomembno prispevajo k svetovni zakladnici znanja. Nova odkritja so bila objavljena predvsem v člankih prvega kvartila polimernega področja in predstavljena v/na domačih in mednarodnih znanstvenih revijah/konferencah, medtem ko smo inovativne rešitve tudi patentno zaščitili.

Raziskave na področju zdravja so bile osredotočene na izboljšanje topnosti slabo vodotopnih, nizkomolekularnih zdravilnih učinkovin s pripravo trdnih disperzij na osnovi dendritskih polimerov. Trdne disperzije smo vgradili v končno farmacevtsko obliko – tablete, in razložili izboljšano vodotopnost s specifičnimi interakcijami med učinkovino in nosilcem. Omenjene raziskave predstavljajo originalen prispevek k zakladnici znanja in izviren pristop pri iskanju rešitev za optimizacijo odmerka učinkovine in za doseg želenega terapevtskega učinka. Rezultati raziskav so omogočili boljše razumevanje strukture nastalih kompleksov in mehanizmov povečevanja topnosti učinkovine. Le na ta način je namreč eksperimentalna spoznanja mogoče prenesti tudi v prakso.

Proteinske učinkovine ali biofarmacevtiki postajajo ključne učinkovine prihodnosti. Zaradi pomanjkljivosti proteinov, ki izvirajo iz njihove labilne strukture, jih je potrebno oblikovati v ustrezen dostavni sistem. Pristop oblikovanja dostavnih sistemov v obliki nanodelcev,

pripravljenih s spontano kompleksacijo proteina s polimernim nosilcem, ima velik potencial, saj proteinu ne škoduje, prav tako pa tehnološko ni zelo zahteven. Ključna je izbira ustreznih inteligentnih polimerov, ki omogočajo učinkovito tvorbo kompleksov in hkratno odzivanje na dejavnike iz okolja. Polimeri, ki smo jih sintetizirali so povsem novi in izkazujejo zelo učinkovito asociiranje z izbranim proteinom in tvorbo stabilnega nanosistema. Rezultati vgrajevanja proteina celo presegajo vrednosti, ki jih do sedaj navaja literatura. Dokazali smo tudi, da lahko z ustrezno načrtovanimi polimernimi modifikacijami prilagajamo končne lastnosti nanosistema. Ugotovljene prednosti novih polimerov smo zato zaščitili v vloženi patentni prijavi z naslovom "Polymer selection for preparation of nanoparticles with high protein loading". Pridobljeno znanje na projektu tako omogoča boljše razumevanje mehanizmov interakcij med polimerom in proteinom, kar nudi dobro osnovo za nadaljnje načrtovanje dostavnih sistemov.

Kemija obnovljivih virov za proizvodnjo komercialnih izdelkov predstavlja zelo pomembno in inovativno področje, v katerega smo bili vključeni raziskovalci iz akademske in industrijske sfere. Gre za nadomeščanje tradicionalnih polimerov na osnovi fosilnih derivatov. Na osnovi spoznanj o poteku reakcij utekočinjanja lignoceluloznih materialov in karakterizacije produktov utekočinjanja, smo lahko optimirali sintezo poliestrov na osnovi obnovljivih virov, in poliuretanskih pen, ki se uporabljajo kot izolacijski material. Poznavanje poteka reakcij kondenzacije med utekočinjenimi lignoceluloznimi materiali in melamin-urea-formaldehidnimi polimeri nam je omogočilo optimirati sestavo lepilne mešanice za izdelavo ivernih plošč. Poseben dosežek pri tem je zmanjšanje emisije formaldehida v produktih, ki neposredno vpliva na kakovost našega bivanja pri uporabi pohištva in gradbenih elementov iz ivernih plošč. Razvili smo tudi povsem nov, poenostavljen postopek pridobivanja nanoceluloze iz naravnih virov, ki smo ga tudi patentno zaščitili.

Polimerni nanokompoziti so pomembno polimerno področje, saj omogočajo širitev področij uporabe polimerov. Raziskovalna skupina je razvila nove polimerne modifikacije površine nanodelcev, ki omogočajo izboljšane interakcije s kemijsko podobnimi polimernimi matricami v primerjavi s konvencionalnimi modifikatorji. Na ta način smo dosegli bistveno izboljšane lastnosti polimernih materialov (trdnost, toplotna stabilnost...).

ANG

Through profound understanding and innovative solutions of scientific challenges the proposed program provides an important contribution to the world treasury of knowledge. New discoveries were published in high quality polymer journals and were presented in domestic and international conferences, whereas the most innovative solutions were protected by patents. Research in the field of health was focused on improving the solubility of poorly-water soluble, low-molecular weight antidiabetic drug glimepiride by preparing solid dispersions based on dendritic polymers. Solid dispersions were further incorporated into the final pharmaceutical form – tablets. The improved glimepiride water-solubility was explained by specific H-bond interaction between the drug and the carrier. The results present an original contribution and innovative approach for drug dosage optimization with the aim to achieve the desired therapeutic effect. The scientific results provide better understanding of the specific structure of the formed complexes and the underlying mechanism for the improved glimepiride solubility, which is necessary for effective transfer of the gained experimental insights into the practice, i.e. industrial production of final pharmaceutical forms.

Protein drugs or biopharmaceuticals are becoming the key drugs of the future. Their major drawback is labile structure, which can be solved by employing suitable delivery system. One of the best and technologically the simplest approaches to overcome this issue is the preparation of nanoparticles formed by spontaneous complexation of the protein and the polymer carrier. Since no organic solvents are used in this procedure, there is no fear of losing protein activity due to denaturation. The most important part is to select an appropriate "smart" polymer designed for a specific protein, which enables efficient complexation and, in addition, is responsive to external stimuli. We synthesized novel polymers which proved to be highly efficient for association with selected protein and resulted in formation of stable nanoparticle systems. The protein loading in nanoparticles was high and even exceeded the values reported so far in the literature. The results were protected in three patent applications and published in several articles.

The utility of renewable resources for the production of commercial products represents a very important and innovative topic in which the researchers from our research group as well as industry were involved. We have focused on substitution of traditional fossil fuel based polymers with biobased substitutes. Findings in the process of liquefaction of lignocellulosic

materials were the basis for the optimization of the synthesis of polyesters based on renewable resources as well as polyurethane foams as potential materials for insulation. In addition, we optimized the composition of adhesive mixture for the manufacturing of particle boards based on the knowledge of condensation pathways of the liquefied lignocellulosic material and melamine-urea-formaldehyde polymers. In this way, the formaldehyde emission was reduced which has a direct impact on the residence quality in places where the furniture and construction elements are made of particleboards. Finally, we invented and optimized a new simplified procedure for production of nanocellulose from natural sources, which was patent protected.

Polymer nanocomposites are an important field in polymer chemistry, since they enable expansion of application fields of polymer materials. Our program group has established new modifications of nanoparticle surfaces with polymers to enable enhanced interactions with chemically similar polymer matrices as compared to conventional nanoparticle modifications. In this way, we prepared polymer materials with improved properties (hardness, thermal stability, etc.).

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

SLO

Vsebinska in cilji programa so bili v skladu s smernicami evropske in svetovne polimerne znanosti in tehnologije in so tudi tesno povezani s slovensko kemijsko industrijo, ki ustvarja pomemben del nacionalnega prihodka na področju polimernih materialov. Rezultati programske skupine niso prispevali le k svetovni zakladnici znanja, ampak so pomembni tudi za napredek slovenske polimerne in farmacevtske industrije. Raziskave na področju zdravja so potekale v okviru dveh aplikativnih projektov s slovensko farmacevtsko industrijo Lek na tematikah, ki sta bili usklajeni z njihovimi interesi, to je izboljšanje vodotopnosti slabo-topnih, nizkomolekularnih zdravilnih učinkovin in izboljšanje učinkovitosti in varnosti zdravljenja z biofarmacevtiki. Rezultati raziskav imajo tako velik aplikativni potencial za razvoj tehnološko obetavnih, novih dostavnih sistemov, kar je ključnega pomena za farmacevtsko industrijo, ki je pomemben finančni element v Sloveniji in že vključen v razvoj biofarmacevtikov ter se odlikuje po velikem številu izdelkov z visoko dodano vrednostjo.

Trenutna tehnološka, socialna in ekonomska družbena situacija odpira pomembna okoljska vprašanja povezana z odlaganjem odpadkov in izčrpavanjem neobnovljivih virov energije. Iz tega razloga so raziskave vedno bolj usmerjene v razvoj polimernih materialov iz obnovljivih virov, ki predstavljajo alternativo trenutnim polimernim materialom, temelječim na fosilnih virih. Uporaba obnovljivih virov bistveno prispeva k trajnostnemu razvoju človeštva. Postopki pridobivanja novih materialov iz naravnih virov, kot so les, lesni odpadki, odpadki iz celuloze, tako omogočajo bolj racionalno izkoriščanje naravnih virov, predvsem lesne biomase, ki jo je v Sloveniji v izobilju. Materiali iz obnovljivih virov, ki smo jih razvili v tem programskem obdobju, imajo visoko dodano vrednost, postopki priprave so enostavni, omogočajo visoke izkoristke in so ustrezni za implementacijo v slovenski industriji, kar kaže izdelan pilotni reaktor za pridobivanje utekočinjene biomase in pridobivanje nanoceluloze v podjetju GGP - Gozdnem Gospodarstvu Postojna d.o.o.. Sintetizirani produkti do določene mere nadomeščajo surovine, ki jih sicer pridobivamo iz surove nafte. Pomembnosti raziskav na področju materialov iz obnovljivih virov za razvoj Slovenije je razvidno tudi iz prejetih nagrad raziskovalne skupine s strani Gospodarske zbornice Slovenije - Srebrno priznanje za inovacijo 2010, in Puchovo priznanje republike Slovenije za inovacijo leta 2012 (Območna zbornica Ljubljana).

Interes slovenskih podjetij na področju polimernih nanokompozitov se kaže v izpostavljenih povezavah raziskovalne skupine z industrijskimi partnerji (Podkrižnik d.o.o., Akripol). Vključenost članov v izobraževalni proces in v druge načine diseminacije pridobljenega znanja med izvajanjem programa ima velik pomen za razvoj in posredno za promocijo Slovenije. Na področju biopolimerov smo namreč sodelovali pri mednarodnem projektu Plastice - Inovativni razvoj vrednostne verige za trajnostne plastike v srednji Evropi (program Srednja Evropa), v katerem smo imeli vlogo koordinatorja (13 partnerjev iz 4 držav). V okviru projekta smo organizirali ali soorganizirali 7 seminarjev/konferenc. V izvajanju je sodelovalo preko 100 podjetij. Izvedli smo 4 izvedbene primere v katerih so bili pripravljeni 3 industrijski prototipi. Vzpostavili smo mrežo nacionalnih informacijskih točk, v kateri trenutno sodeluje 9 držav ([www.sustainableplastics.eu](http://www.sustainableplastics.eu)). Kot koordinator sodelujemo tudi pri projektu DeFishGear - Sistem upravljanja z odpadno ribiško opremo v Jadranski regiji (program IPA Adriatic), v katerem

sodeluje 16 partnerjev iz 7 držav Jadranske regije. Programska skupina se v podporo družbenim smernicam razvoja povezuje tudi v slovenska združenja, sodeluje pri izobraževanju kadrov in je aktivna pri mednarodnem sodelovanju. Takšna kombinacija je pogoj za dinamično vzdrževanje svetovno primerljivega znanja in prenos le tega v smeri uporabnikov.

ANG

The content and goals of the program took into account the newest discoveries and directions of European and global polymer science and technology, and are closely connected to Slovenian chemical industry, which creates a substantial part of the national income. Successful realization and generated results during program implementation did not only contribute to the world treasury of knowledge but are also beneficial for further progress of Slovenian polymer industry. The research in the field of health proceeded within the framework of two applicative projects with a Slovenian pharmaceutical company Lek on the topics, which have been aligned with the company interests, i.e. improvement of poor water-solubility of low-molecular weight drugs and improved efficiency and safety of medical treatment with biopharmaceuticals. Thus, the results of this research have a significant applicative potential for the development of technologically promising new drug delivery systems of utmost importance for pharmaceutical industry, which is an important financial element in Slovenia, already involved in the development of biopharmaceuticals and distinguished by a large number of products with high added value.

Current technological, social and economic situation raises important environmental questions regarding the waste disposal and the use of non-renewable energy sources. As a consequence, a lot of research has been focused on development of polymer materials derived from renewable resources, which represent an alternative to current fossil fuel based polymer materials. The use of renewable resource essentially contributes to the sustained development of humanity. The procedures to obtain new materials from natural sources involve rational utilization of wood, wood waste, waste cellulose pulp, which are abundant in Slovenia. These products, replacing to some extent raw materials derived from crude oil, are of high added-value and are ready for implementation in Slovenian industry. The importance of biomass liquefaction and nanocellulose production for Slovenia is confirmed by construction of a pilot reactor in company GGP – Gozdno Gospodarstvo Postojna and, finally, by the Silver award for innovation in 2010 and the Puch award of Republic of Slovenia for innovation of the year 2012 granted by Gospodarska zbornica Slovenije and Območna zbornica Ljubljana, respectively. Interest of Slovenian companies in the field of polymer nanocomposites indicates established collaborations of the program group with industrial partners (Podkrižnik d.o.o., Akripol, etc.). The research group is involved also in education process and other type of knowledge dissemination, which is important for Slovenia development and indirectly for its promotion. In the area of biopolymers we participated in the international project Innovative Value Chain Development for Sustainable Plastics in Central Europe (PLASTiCE) where we had the role of coordinator (13 partners from 4 countries). In the project we (co)organized 7 seminars/conferences and contacted more than 100 companies. We conducted 4 case studies resulting in 3 industrial prototypes. We established an international network of national focal points currently covering 9 countries ([www.sustainableplastics.eu](http://www.sustainableplastics.eu)). Currently, we coordinate the project Derelict Fishing Gear Management System in the Adriatic Region (acronym DeFishGear) with 16 partners from 7 countries in the Adriatic region. Our program group is connected in several Slovenian associations, educates new workforce and is active in international cooperation to support the social development guidelines.

## **10. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov v obdobju 1.1.2009-31.12.2014<sup>11</sup>**

### **10.1. Diplome<sup>12</sup>**

| vrsta usposabljanja             | število diplom |
|---------------------------------|----------------|
| bolonjski program - I. stopnja  | 5              |
| bolonjski program - II. stopnja | 2              |
| univerzitetni (stari) program   | 10             |

**10.2. Magisterij znanosti in doktorat znanosti<sup>13</sup>**

| Šifra raziskovalca | Ime in priimek       | Mag.                             | Dr.                              | MR                                  |  |
|--------------------|----------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|--|
| 35774              | Gorazd Šebenik       | <input type="radio"/>            | <input checked="" type="radio"/> | <input type="checkbox"/>            |  |
| 28566              | Tina Šmigovec Ljubič | <input type="radio"/>            | <input checked="" type="radio"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |  |
| 29613              | David Pahovnik       | <input type="radio"/>            | <input checked="" type="radio"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |  |
| 26505              | Blaž Brulc           | <input type="radio"/>            | <input checked="" type="radio"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |  |
| 20470              | Silvester Bolka      | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/>            | <input type="checkbox"/>            |  |
| 30614              | Sebastjan Reven      | <input type="radio"/>            | <input checked="" type="radio"/> | <input type="checkbox"/>            |  |
| 27687              | Edita Jasiukaityte   | <input type="radio"/>            | <input checked="" type="radio"/> | <input type="checkbox"/>            |  |
| 30844              | Nataša Čuk           | <input type="radio"/>            | <input checked="" type="radio"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |  |
| 33213              | Peter Perdih         | <input type="radio"/>            | <input checked="" type="radio"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |  |

Legenda:

**Mag.** - Znanstveni magisterij**Dr.** - Doktorat znanosti**MR** - mladi raziskovalec**11. Pretok mladih raziskovalcev – zaposlitev po zaključenem usposabljanju<sup>14</sup>**

| Šifra raziskovalca | Ime in priimek       | Mag.                  | Dr.                              | Zaposlitev                |  |
|--------------------|----------------------|-----------------------|----------------------------------|---------------------------|--|
| 28566              | Tina Šmigovec Ljubič | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | C - Gospodarstvo ▼        |  |
| 29613              | David Pahovnik       | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | A - raziskovalni zavodi ▼ |  |
| 26505              | Blaž Brulc           | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | C - Gospodarstvo ▼        |  |
| 30844              | Nataša Čuk           | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | A - raziskovalni zavodi ▼ |  |
| 33213              | Peter Perdih         | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | F - Drugo ▼               |  |

Legenda zaposlitev:

**A** - visokošolski in javni raziskovalni zavodi**B** - gospodarstvo**C** - javna uprava**D** - družbene dejavnosti**E** - tujina**F** - drugo**12. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov ter študentov iz tujine, daljše od enega meseca, v obdobju 1.1.2009-31.12.2014**

| Šifra raziskovalca | Ime in priimek         | Sodelovanje v programski skupini | Število mesecev |  |
|--------------------|------------------------|----------------------------------|-----------------|--|
| 27654              | Tomaž Kos              | A - raziskovalec/strokovnjak ▼   | 32              |  |
| 21342              | Daniel Vrbanič         | A - raziskovalec/strokovnjak ▼   | 60              |  |
| 32111              | Dajana Japič           | A - raziskovalec/strokovnjak ▼   | 12              |  |
| 0                  | Ivan Brnardič          | B - uveljavljeni raziskovalec ▼  | 4               |  |
| 0                  | Olga Thrlikova         | C - študent – doktorand ▼        | 1               |  |
| 0                  | Lisa Katharina Deinert | C - študent – doktorand ▼        | 3               |  |

|   |                       |                         |   |  |
|---|-----------------------|-------------------------|---|--|
| 0 | Vasileios Tokmakis    | C - študent – doktorand | 3 |  |
| 0 | Saltanat Toiganbayeva | C - študent – doktorand | 3 |  |

Legenda sodelovanja v programski skupini:

- A** - raziskovalec/strokovnjak iz podjetja
- B** - uveljavljeni raziskovalec iz tujine
- C** - študent – doktorand iz tujine
- D** - podoktorand iz tujine

### 13. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v obdobju 1.1.2009-31.12.2014<sup>15</sup>

SLO

#### EU projekti

- Projekt 7. Okvirnega programa EU: »The Gender in Science and Technology LAB, Acronym: GENIS LAB« (Enakost spolov v znanosti, tehnološki laboratorij) (akronim: Genis Lab), št. projekta: 266636 (koordinator: prof. M. Žigon).
- Evropski projekt 7. OP: »Biotechnological Conversion of Carbon Containing Wastes for Eco-efficient Production of High Added Value Products, Acronym ANIMPOL«, št. 245084 (2010-2012).
- Sodelovanje pri projektu 6.OP EU, 2006-2009, Nanoscale functionalities for targeted delivery of biopharmaceutics, akronim: NanoBioPharmaceutics.

#### Mednarodno sodelovanje

- Projekt: Innovative value chain development for sustainable plastics in Central Europe (kratica: PLASTiCE, [www.plastice.org](http://www.plastice.org)) v programu Srednja Evropa, vloga laboratorija za polimerno kemijo in tehnologijo, št. 3CE368P1 (2011-2014), KI: vodilni partner (koordinator: dr. A. Kržan).
- Projekt: Derelict Fishing Gear Management System in the Adriatic Region, (okrajšava: DeFishGear, [www.defishgear.net](http://www.defishgear.net)) v programu IPA Adriatic, vloga laboratorija za polimerno kemijo in tehnologijo, KI: vodilni partner (koordinator: dr. A. Kržan).
- Evropski projekt MNT-ERA.NET Novapol: »Novel generation of polymethacrylate / zinc oxide nanocomposites for advanced applications«. (2009-2012).
- Sodelovanje v European Polymer Federation ([www.europolyfed.org](http://www.europolyfed.org)).
- Pogodba za določitev kemijske sestave izbranih delcev mikroplastike iz vzorcev zbranih v sklopu naloge Identification and Assessment of Riverine Input of (Marine) Litter po krovni pogodbi (ENV.D.2/FRA/2012/0025).

#### COST projekti

- COST Action MP 0902 Composites of Inorganic Nanotubes and Polymers,
- COST MP1105: Sustainable flame retardancy for textiles and related materials based on nanoparticles substituting conventional chemicals (FLARETEX),
- COST Action FP 1105 Understanding wood cell wall structure, biopolymer interaction and composition: implications for current products and new material innovation.
- COST FP0901: »Analitske tehnike za biorafinerije«, №222/09 (2009-2013).
- COST MP0701: »Composites with Novel Functional and Structural Properties by Nanoscale Materials«, № 263/07 (2008-2012).
- COST MP1105: Sustainable flame retardancy for textiles and related materials based on nanoparticles substituting conventional chemicals (FLARETEX).
- COST FP0901: »Analitske tehnike za biorafinerije«, №222/09 (2009–2013).
- COST MP0701: »Composites with Novel Functional and Structural Properties by Nanoscale
- COST FP0901: Analitske tehnike za biorafinerije / Analytical Techniques for Biorefineries.
- COST MP0701: Composites with Novel Functional and Structural Properties by Nanoscale Materials.
- COST 868: Biotechnical Functionalization of Renewable Polymeric Materials.

- COST FP0901: Analytical Techniques for Biorefineries.
- COST MP0701: Composites with Novel Functional and Structural Properties by Nanoscale Materials.

#### **Bilaterarni projekti**

- Bilateralni projekt Slovenija – Italija, University Tor Vergata, Rim, Italija: »Liquid lignin for adhesive production. Process development and structural studies« (2011-2013).
- Bilateralni projekt Slovenija-Makedonija, Ss. Cyril and Methodius University in Skopje, Faculty of Technology and Metallurgy, Makedonija: "Nanokompoziti biorazgradljivih polimerov s keramičnimi polnili" (2010–2011).
- Bilateralni projekt Slovenija-Portugalska, Fac.Ciencias e Tecnologia, Univ. Coimbra, Portugalska: "Liquefied wood polyesters" (2010–2011).
- Bilateralni projekt Slovenija-Italija, University Tor Vergata, Rim, Italija: "Liquid lignin for adesive production. Process development and structural studies" (2011–2013).
- Bilateralni projekt Slovenija-Avstrija, 2009–2010, Tehniška univerza Gradec: Lastnosti biopolimerov v odvisnosti od pogojev proizvodnje.
- Bilateralni projekt Slovenija-Madžarska, 2009–2010, Department of Polymer Chemistry and Material Science, Institute of Materials and Environmental Chemistry Chemical Research
- Center, Hungarian Academy of Sciences, Budimpešt: Polimetilmetakrilat z izboljšano žilavostjo in absorpcijo svetlobe v UV-območju.
- Bilateralni projekt Slovenija-Makedonija, 2010–2011, Ss. Cyril and Methodius University in Skopje, Faculty of Technology and Metallurgy, Makedonija: Nanokompoziti biorazgradljivih polimerov s keramičnimi polnili.
- Bilateralni projekt Slovenija – Poljska, 2008-2009, Center of Molecular and Macromolecular Studies, Polish Academy of Sciences, Lodz: Blokkopolimeri na osnovi polilaktida in poliaminokislin kot nosilci za učinkovine.
- Bilateralni projekt Slovenija – Madžarska, 2009-2010, Department of Polymer Chemistry and Material Science, Institute of Materials and Environmental Chemistry Chemical Research Center, Hungarian Academy of Sciences, Budapest: Polimetilmetakrilat z izboljšano žilavostjo in absorpcijo svetlobe v UV območju.
- Bilateralni projekt Slovenija – Avstrija, 2009-2010, Tehniška univerza v Gradcu, Inštitut za biotehnologijo in biokemijsko inženirstvo: Lastnosti biopolimerov v odvisnosti od pogojev proizvodnje.
- Sodelovanje v Central and East European Polymer Network ([www.ceepn.org](http://www.ceepn.org)).

#### **14.Vključenost v projekte za uporabnike, ki so v obdobju trajanja raziskovalnega programa (1.1.2009–31.12.2014) potekali izven financiranja ARRS<sup>16</sup>**

SLO

#### **2014**

- Krepitev razvojnih oddelkov v podjetjih 2013 (KROP 13), 4300-63/2013/169, Razvojni center orodjarstva Slovenije, Tecos, Razvojna skupina naprednih tehnologij.
- Krepitev razvojnih oddelkov v podjetjih 2013 (KROP 13), 4300-63/2013/183 (1/3 dr. Miroslav Huskić in 1/3 Marjan Ješelnik), PODKRIŽNIK, specialna strojna industrija, d.o.o. Raziskava in razvoj optimizacije geometrije zobniških prenosov in konstruiranja celovitih pogonskih sistemov (dr. Dajana Japić)
- Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport: pridobljeni 3 projekti raziskovalcev na začetku karijerne poti (dr. Sašo Čebašek, dr. Alenka Možir in dr. Nataša Čuk),
- nadaljevanje industrijskih projektov s Krko (1), Lekom (2), Calcitom (2).

#### **2013**

Projekti izven ARRS:

- Raziskovalni vavčer z GGP Gozdno gospodarstvo Postojna, d.o.o., Raziskovalno razvojno sodelovanje s podjetjem Akripol, proizvodnja in predelava polimerov, d.o.o. (pogodba št. AK-KI 102, vodja: dr. M. Huskić)
  - Raziskovalno-razvojno sodelovanje na farmacevtskih ekscipientih s podjetjem Krka, tovarna zdravil, d.d., Novo mesto, d.o.o. (pogodba št. II/3106259/2012, vodja: dr. E. Žagar).
  - Sodelovanje na področju analize termolepilnih praškov, PUR pen in pletiv s podjetjem Tekstilna tovarna Okroglica d.d., Volčja Draga, proizvodnja in predelava polimerov, d.o.o. (pogodba, vodja: dr. E. Žagar).
  - Sodelovanje na področju analize dispergiranih sredstev in dodatkov s Calcitom d.o.o., Stahovica (pogodba, vodja: dr. E. Žagar).
  - Raziskovalno razvojno sodelovanje s podjetjem KnaufInsulation, d.o.o., Škofja Loka na področju karakterizacije in vpliva dodatkov v vezivni mešanici na lastnosti proizvodov iz mineralne volne (pogodba, vodja: dr. E. Žagar).
- Pogodba o sodelovanju na področju analitike bioloških zdravil z Lek farmacevtsko družbo d.d. (pogodba št.: 12013, vodja: dr. E. Žagar).

## 2012

- Gozdno gospodarstvo Postojna, d.o.o., Razvoj tehnologije utekočinjanja lesa in uporabe za lepila.
- Julon, d.d., Ljubljana, sodelovanje pri razvojnih nalogah reciklaže poliamida.
- Pepiplast d.o.o., Šempeter pri Novi Gorici, sodelovanje pri razvoju prototipa slamice za pijače iz bioplastike.
- Tosama d.d., Domžale, sodelovanje pri razvoju tamponskega aplikatorja in medicinske pincete iz biorazgradljive plastike.
- Stillplas Uroš Bajec s.p., Kamnik, sodelovanje pri predelavi bioplastike.
- Kolpa, d.d., Metlika: sodelovanje pri ERA-NET.

## 2011

- Helios Domžale d.d.: raziskovalno-razvojno sodelovanje pri projektu RIP
- Kolpa, d. d., Metlika: sodelovanje pri projektih ERA-NET in RIP-09 projektih
- Mebius, Ljubljana: raziskovalno-razvojno sodelovanje
- TKK Srpenica, d. d.: raziskovalno-razvojno sodelovanje

## 2010

- MELAMIN kemična tovarna, d.d., Kočevje: raziskovalno-razvojno sodelovanje
- Trimo, d.d.: raziskovalno-razvojno sodelovanje
- Julon, d.d., Ljubljana: raziskovalno-razvojno sodelovanje
- Belinka Perkemija, d.o.o., Ljubljana: raziskovalno-razvojno sodelovanje

## 2009

- Fibran Nord, d.o.o.: Raziskave in svetovanje na področju priprave polistirenskih pen
- Helios Domžale d.d.: raziskovalno-razvojno sodelovanje
- Helios TBLUS Količevo d.o.o.: raziskovalno-razvojno sodelovanje
- Kolektor Sikom, d.o.o., sodelovanje pri projektu EUREKA E! 4116: Development of new material and product application with reuse of thermosets, akronim Thermoset Reuse
- Belinka Perkemija, d.o.o., Ljubljana, raziskovalno-razvojno sodelovanje
- ZORD, Ljubljana: raziskovalno-razvojno sodelovanje
- Tehnološka platforma Napredni materiali in tehnologije (NaMaT)

## 15. Ocena tehnološke zrelosti rezultatov raziskovalnega programa in možnosti za njihovo implementacijo v praksi (točka ni namenjena raziskovalnim programom s področij humanističnih ved)<sup>17</sup>

SLO

Raziskave na področju zdravja so potekale v sodelovanju s farmacevtsko družbo Lek, ki je tudi soavtor patentnih prijav in nadalje testira pripravljene dostavne sisteme. Materiali iz obnovljivih virov, ki smo jih razvili v tem programskem obdobju so potekale v sodelovanju z GGP Postojna (Vavčer), Kolpa (RIP projekt: Multifunkcionalno pohištvo-inovativne produktne enote bivanjskih prostorov prihodnosti), Melamin, Mitol in Fibran. V projektu Visokotemperaturni sklad smo pripravili izboljšano visokotemperaturno protonsko prevodno membrano, ki je temelj enega podeljenega patenta in ene patentne prijave v postopku, ter nadaljnjega razvoja v malem visokotehnološkem podjetju.

Sintezo nano-ZnO iz cinkovega acetata v etilen glikolu s p-toluen sulfonsko kislino kot katalizatorjem smo uspešno prevedli na pilotno raven. Izvedeni poskusi (v 4L v tovarni Helios, Količevo in v 50L polindustrijskem reaktorju v tovarni Melamin, Kočevje) so pokazali, da je sinteza kilogramskih količin nano ZnO možna in da nastanejo nano ZnO delci približno iste velikosti (20-70 nm) kot pri laboratorijskih sintezah. Problematično je le čiščenje nano ZnO, ker to zahteva večje centrifuge z maksimalnim številom obratov do 10000 v minuti. Na osnovi teh rezultatov so v tovarni Melamin pokazali interes za sintezo nano ZnO, v tovarni Helios pa interes za implementacijo nano ZnO kot UV absorberja v premazih za les.

Nanokompoziti polimetil metakrilata (PMMA) z nano ZnO pripravljeni po predpolimernem postopku s polimerizacijo metil metakrilata v masi imajo aplikativni potencial saj je to industrijski postopek za pripravo PMMA plošč – pleksi plošče. Tudi v tem primeru nano ZnO deluje kot UV absorber. Interes je pokazala tovarna Akripol v Trebnjem kjer so tudi izvedli prve poskuse. Tukaj se je pokazalo nekaj problemov, ki bi jih morali rešiti. Težava je predvsem katalitska aktivnost nano ZnO pri degradaciji PMMA zaradi česar pa je potrebno delce nano ZnO dodatno oplaščiti (npr. z SiO<sub>2</sub>), da preprečimo neposreden stik med ZnO in PMMA. To pa je velik tehnološki izziv saj med oplaščevanjem prihaja do aglomeracije ZnO delcev.

**16. Ocenite, ali bi doseženi rezultati v okviru programa lahko vodili do ustanovitve spin-off podjetja, kolikšen finančni vložek bi zahteval ta korak ter kakšno infrastrukturo in opremo bi potrebovali**

|                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| možnost ustanovitve spin-off podjetja                 | <input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE                                                                                                                                                                                            |
| potrebni finančni vložek                              | 10.000.000 EUR                                                                                                                                                                                                                                          |
| ocena potrebne infrastrukture in opreme <sup>18</sup> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Visokotemperaturni INOX reaktor</li> <li>- Industrijska centrifuga</li> <li>- Ustrezen prostor za postavitev velikih kosov opreme</li> <li>- Skladiščne kapacitete</li> <li>- Analitski laboratorij</li> </ul> |

**17. Izjemni dosežek v letu 2014<sup>19</sup>**

**17.1. Izjemni znanstveni dosežek**

Z metatezno polimerizacijo z odpiranjem obroča (ROMP) v emulziji z visokim deležem interne faze (HIPE), stabilizirane z nanodelci cinkovega oksida (ZnO), smo pripravili makroporozne nanokompozite na osnovi diklopentadiena. Pripravljene makroporozne nanokompozite smo v drugi fazi postopka kalcinirali v kisikovi atmosferi in pripravili makroporozno ZnO peno. Izjemen rezultat tega postopka je, da po kalcinaciji in odstranitvi organskega dela nanokompozita, ZnO nanodelci obdržijo makroporozno strukturo, kar je izjemno dobrodošlo v aplikacijah, kjer so potrebne dobre pretočne lastnosti. Tako smo v nadaljevanju testirali makroporozno ZnO peno kot katalizator v procesu katalitske mokre oksidacije (CWAO) in iz vode uspešno odstranili Bisfenol A, kar kaže na potencialno uporabnost makroporoznih ZnO pen za čiščenje vod.

**17.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek**

V dostavnem sistemu je zdravilna učinkovina kovalentno ali nekovalentno vezana na polimerni nosilec z namenom, da izboljšamo kvaliteto zdravljenja. Dostavni sistemi nano-dimenzij postajajo vedno bolj zanimivi za dostavo proteinskih zdravilnih učinkovin, ker kažejo potencial za vnos v telo po neinvazivni, peroralni poti. Pri oblikovanju dostavnih sistemov smo zaradi labilnosti proteinov omejeni na blage pogoje priprave, zato je metoda polielektrolitske kompleksacije izredno primerna. V ta namen smo pripravili nove vodotopne polimere s takšno kemijsko sestavo in strukturnimi lastnostmi (hitosan-graft-poli(natrijev glutamat) in hidrofbno modificirane poli(glutamate), ki so omogočile spontano kompleksacijo polimera in proteina (rekombinantni granulocitni rastni dejavnik, GCSF) ter, ob dodatku trimetil hitosana, pripravo dobro definiranih nanodelcev.

## 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 in obdelavo teh podatkov za evidence ARRS;
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v papirnati obliki;
- so z vsebino poročila seznanjeni in se strinjajo vsi izvajalci raziskovalnega programa.

### Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba  
matične RO (JRO in/ali RO s  
koncesijo):*

in

*vodja raziskovalnega programa:*

Kemijski inštitut

Ema Žagar

### ŽIG

Kraj in datum:

Ljubljana

13.3.2015

### Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2015/19

<sup>1</sup> Napišite povzetek raziskovalnega programa v slovenskem jeziku (največ 3.000 znakov vključno s presledki – približno pol strani, velikost pisave 11) in angleškem jeziku (največ 3.000 znakov vključno s presledki – približno pol strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

<sup>2</sup> Napišite kratko vsebinsko poročilo, v katerem predstavite raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega programa in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. V primeru odobrenega povečanja obsega financiranja raziskovalnega programa v letu 2014 mora poročilo o realizaciji programa dela zajemati predložen program dela ob prijavi in predložen dopolnjen program dela v letu 2014. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

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

<sup>4</sup> V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa dela raziskovalnega programa, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega programa oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine v zadnjem letu izvajanja raziskovalnega programa, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, navedite: "Ni bilo sprememb.". Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

<sup>5</sup> Navedite znanstvene dosežke (največ pet), ki so nastali v okviru izvajanja raziskovalnega programa. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja programa vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A" ali A'. [Nazaj](#)

<sup>6</sup> Navedite družbeno-ekonomske dosežke (največ pet), ki so nastali v okviru izvajanja raziskovalnega programa. Družbeno-ekonomski dosežek iz obdobja izvajanja programa 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 programa ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)

<sup>7</sup> Navedite rezultate raziskovalnega programa iz obdobja izvajanja programa v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 6 in 7 (npr. ker se ga v sistemu COBISS ne vodi). Največ 2.000 znakov vključno s presledki (približno 1/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

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

Največ 4.000 znakov vključno s presledki (približno 2/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

<sup>10</sup> Največ 4.000 znakov vključno s presledki (približno 2/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

<sup>11</sup> Upoštevajo se le tiste diplome, magisteriji znanosti in doktorati znanosti (zaključene/i v obdobju 1.1.2009–31.12.2014), pri katerih so kot mentorji sodelovali člani programske skupine. [Nazaj](#)

<sup>12</sup> Vpišite število opravljenih diplom v času izvajanja raziskovalnega programa glede na vrsto usposabljanja. [Nazaj](#)

<sup>13</sup> Vpišite šifro raziskovalca in/ali ime in priimek osebe, ki je v času izvajanja raziskovalnega programa pridobila naziv magister znanosti in/ali doktor znanosti ter označite doseženo izobrazbo. V primeru, da se je oseba usposabljala po programu Mladi raziskovalci, označite "MR". [Nazaj](#)

<sup>14</sup> Za mlade raziskovalce, ki ste jih navedli v tabeli 11.2. točke (usposabljanje so uspešno zaključili v obdobju od 1.1.2009 do 31.12.2014), izberite oz. označite, kje so se zaposlili po zaključenem usposabljanju. [Nazaj](#)

<sup>15</sup> Navedite naslove projektov in ime člana programske skupine, ki je bil vodja/koordinator navedenega projekta. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

<sup>16</sup> Navedite naslove projektov, ki ne sodijo v okvir financiranja ARRS (npr: industrijski projekti, projekti za druge naročnike, državno upravo, občine idr.) in ime člana programske skupine, ki je bil vodja/koordinator navedenega projekta. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

<sup>17</sup> Opišite možnosti za uporabo rezultatov v praksi. Opišite izdelke oziroma tehnologijo in potencialne trge oziroma tržne niše, v katere sodijo. Ocenite dodano vrednost izdelkov, katerih osnova je znanje, razvito v okviru programa oziroma dodano vrednost na zaposlenega, če jo je mogoče oceniti (npr. v primerih, ko je rezultat izboljšava obstoječih tehnologij oziroma izdelkov). Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

<sup>18</sup> Največ 1.000 znakov vključno s presledki (približno 1/6 strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)

<sup>19</sup> Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega programa v letu 2014 (največ 1000 znakov, vključno s presledki, velikost pisave 11). 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/analyze/dosez/>. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-RPROG-ZP/2015 v1.00b

5C-E0-A3-08-D8-7E-76-6C-4A-DA-58-DE-93-32-02-89-D4-2B-01-52

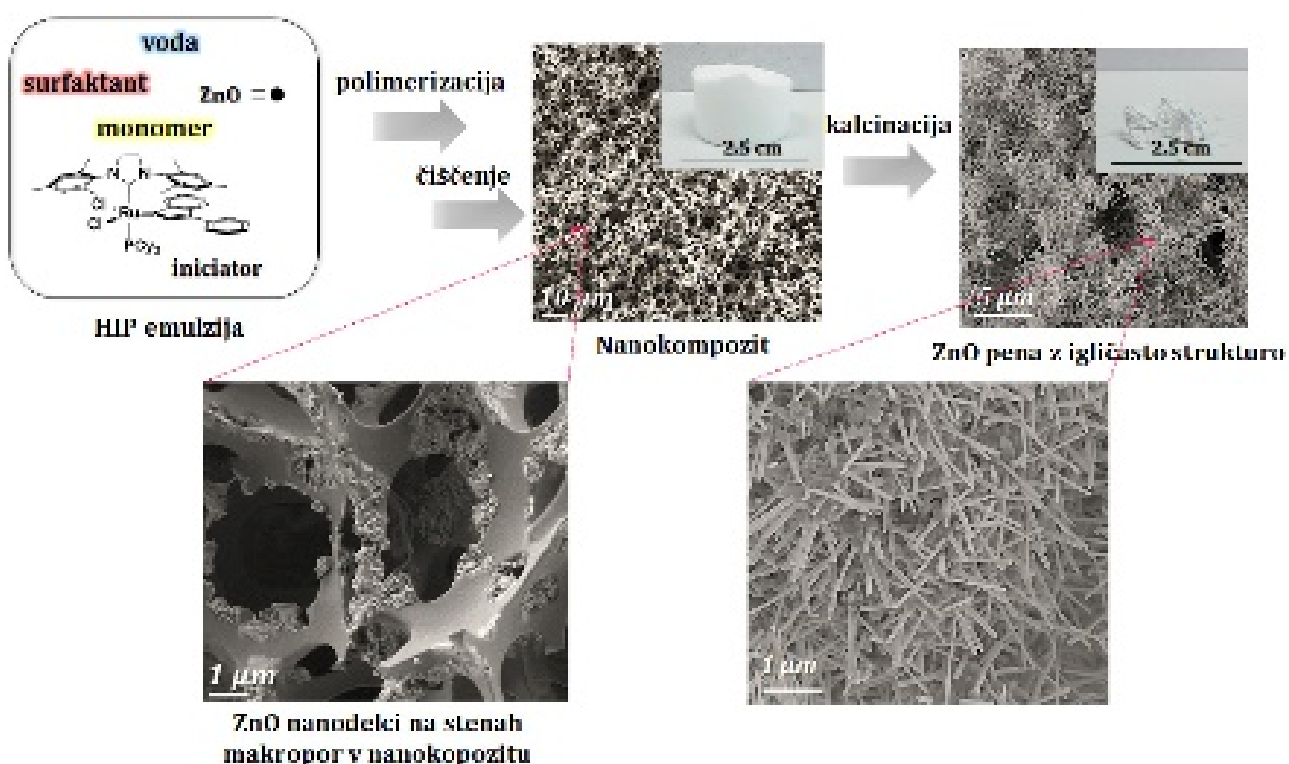
## **Priloga 1**

## TEHNIKA

Področje: 2.04 – Materiali

Dosežek: Sinteza in katalitska učinkovitost makroporoznih pene na osnovi ZnO iz emulzij z visokim deležem notranje faze (HIPE). Vir: *ACS Appl. Mater. Interfaces* **2014**, 6, 19075-19081

<http://pubs.acs.org/doi/ipdf/10.1021/am5050482>, Avtorji: S. Kovačič, A. Anžlovar, B. Erjavec, G. Kapun, B. N. Matsko, M. Žigon, E. Žagar, A. Pintar, C. Slugovc



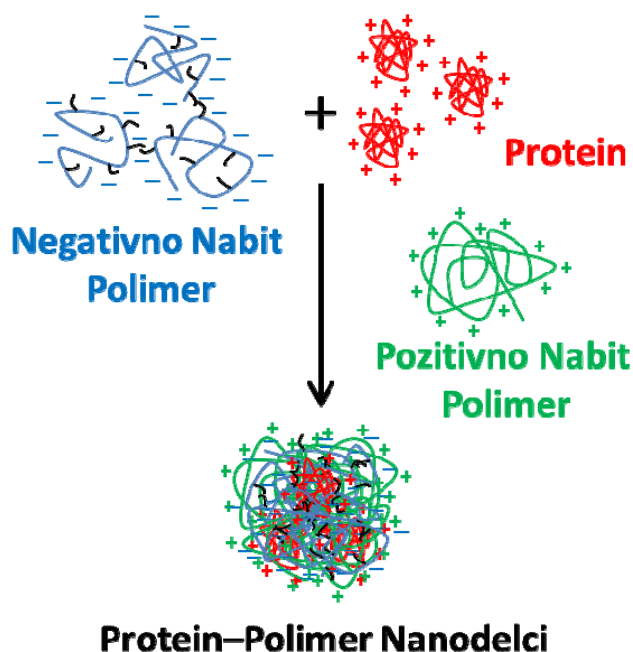
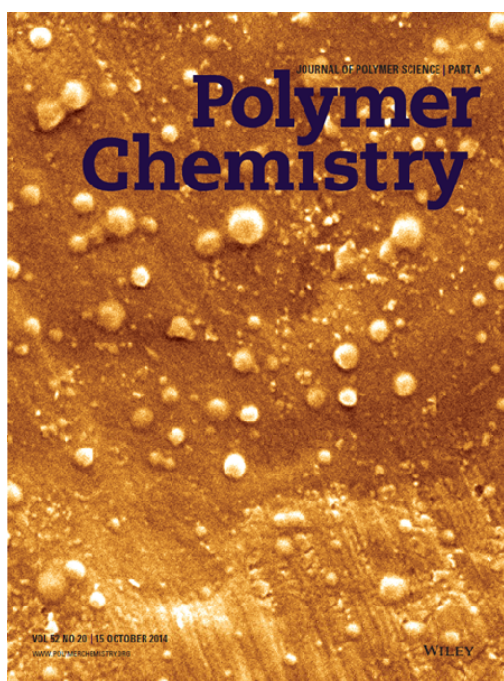
Polimerizacija kontinuirane (monomerne) faze emulzije z visokim deležem notranje faze (t.i. HIP emulzije), ki se nahaja okoli kapljic interne (vodne) faze vodi v nastanek makroporoznih poliHIPE pen. Z uporabo HIP templatiranja, lahko pripravimo tudi makroporozne nanokopozitne pene, pri čemer so nanodelci ujeti v organskem polimeru. V navedenem članku, smo uporabili metatezno polimerizacijo z odpiranjem obroča (ROMP) v emulziji z visokim deležem interne faze (HIPE), katero smo stabilizirali z nanodelci cinkovega oksida (ZnO) in surfaktantom, ter pripravili makroporozne nanokompozite na osnovi poli(diciklopentadiena) in ZnO. Pripravljene makroporozne nanokompozite smo v drugi fazi postopka kalcinirali v kisikovi atmosferi in pripravili makroporozno ZnO peno. Izjemen rezultat tega postopka je, da po kalcinaciji in odstranitvi organskega dela nanokompozita, ZnO nanodelci obdržijo makroporozno strukturo, kar je izjemno dobrodošlo v aplikacijah kjer so potrebne dobre pretočne lastnosti. Tako smo v nadaljevanju testirali makroporozno ZnO peno kot katalizator v procesu katalitske mokre oksidacije (CWAO), in iz vode uspešno odstranili Bisfenol A, kar kaže na potencialno uporabnost makroporoznih ZnO pen za čiščenje vod.

## **Priloga 2**

## TEHNIKA

Področje: 2.04 Materiali

Dosežek: **Sinteza novih polimerov za pripravo dostavnih sistemov na osnovi protein-polimernih nanodelcev**, Viri: [1] P. Perdih, D. Pahovnik, M. Cegnar, A. Miklavžin, J. Kerč, E. Žagar. *Cellulose* **2014**, 21, 3469-3485. [2] D. Pahovnik, M. Grujić, M. Cegnar, J. Kerč, E. Žagar. *J Polym Sci Part A: Polym Chem* **2014**, 52, 2976-2985. [3] M. Cegnar, J. Kerč, A. Miklavžin, D. Pahovnik, E. Žagar, P. Perdih. Patentna prijava: EP13183614.0, 2013-09-09. München: World Intellectual Property Organization, International Bureau, **2013**, 26s.



V dostavnem sistemu je zdravilna učinkovina kovalentno ali nekovalentno vezana na polimerni nosilec z namenom, da izboljšamo kvaliteto zdravljenja. Dostavni sistemi nano-dimenzij postajajo vedno bolj zanimivi za dostavo proteinskih zdravilnih učinkovin, ker kažejo potencial za vnos v telo po neinvazivni, peroralni poti. Pri oblikovanju dostavnih sistemov smo zaradi labilnosti proteinov omejeni na blage pogoje priprave, zato je metoda polielektrolitske kompleksacije izredno primerna. V ta namen smo pripravili nove vodotopne polimere s takšno kemijsko sestavo in strukturnimi lastnostmi (hitosan-*graft*-poli(natrijev glutamat) in hidrofbno modificirane poli(glutamate), ki so omogočile spontano kompleksacijo polimera in proteina (rekombinantni granulocitni rastni dejavnik, GCSF) ter, ob dodatku trimetil hitosana, pripravo dobro definiranih nanodelcev.

Razvili smo nove polimerne nosilce za uporabo v dostavnih sistemih proteinskih zdravilnih učinkovin, ki so se izkazali za izredno učinkovite pri pripravi protein-polimer nanodelcev z metodo polielektrolitske kompleksacije.