

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2015/104



ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	L2-4124
Naslov projekta	Procesiranje polimerov z uporabo trajnostnih tehnologij
Vodja projekta	2619 Željko Knez
Tip projekta	L Aplikativni projekt
Obseg raziskovalnih ur	8427
Cenovni razred	B
Trajanje projekta	07.2011 - 06.2014
Nosilna raziskovalna organizacija	794 Univerza v Mariboru, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	334 Univerzitetni klinični center Maribor 795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo 2113 HELIOS Tovarna barv, lakov in umetnih smol Količevo, d.o.o. 2334 Univerza v Mariboru, Medicinska fakulteta 2434 INŠTITUT ZA OKOLJE IN PROSTOR 2731 HELIOS, sestavljeno podjetje za kapitalske naložbe in razvoj, d.d.
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.02 Kemijsko inženirstvo 2.02.02 Separacijski procesi
Družbeno-ekonomski cilj	06. Industrijska proizvodnja in tehnologija
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	2 Tehniške in tehnološke vede 2.04 Kemijsko inženirstvo

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

2. Povzetek raziskovalnega projekta¹

SLO

Visokotlačne tehnologije in procesi z uporabo superkritičnih fluidov (SCF) omogočajo trajnostni razvoj ter predstavljajo veliki potencial uporabe v najrazličnejše namene. Kot prijavitelj raziskovalnega projekta si laboratorij v okviru tega zastavlja nove cilje, t.j. razviti:

- nove trajnostne tehnologije za procesiranje polimerov in

- nove polimerne produkte z visoko dodano vrednostjo po meri uporabnika.

Polimere najdemo na vsakem koraku v vsakdanjem življenju; večina izdelkov je v celoti ali vsaj deloma izdelana iz polimerov. Prav zaradi svojih različnih mehanskih lastnosti (krhki, trdi, elastični, gumijasti, ...) imajo zelo široko področje uporabe. V okviru projekta bomo s trajnostno tehnologijo s SCF razvijali polimere za aplikacije v:

- industriji barv in lakov (polimerne mikrokroglice, mikrokapsule, kompoziti),
- medicini (nosilci aktivnih učinkovin, porozne strukture in membrane za tkivni inženiring),
- industriji izolacijskih materialov (polimerne pene).

Z ustrezno izbiro tujih partnerjev (Inštitut za procesno tehniko in transportne pojave Univerze v Bochumu, VTP in Fraunhofer Inštitut za tehnologijo okolja, varnosti in energetiko - UMSICHT, Oberhausen), vodilnih v zvezni republiki Nemčiji na področju razvoja in načrtovanja visokotlačnih mikronizacijskih procesov, zagotavljamo kritično maso in znanje za uspešen razvoj trajnostnih tehnologij in procesov za pridobivanje novih polimernih produktov. Tuji partnerji bodo omogočili prenos samih procesov v pol- in industrijsko merilo. Pri tem bo aktivno vključen tudi domač gospodarski partner Helios d.d.

Rezultati projekta bodo pripomogli k:

- načrtovanju obrata za pridobivanje novih polimernih produktov z visoko dodano vrednostjo, ki bi povečal konkurenčnost domačega gospodarskega partnerja (Helios d.d.) in prispeval k uresničevanju njegove vizije, da se uvrsti med prvih deset vodilnih izdelovalcev barv in lakov v Evropi; potencialno uvesti nov proizvodni program v Heliosu d.d.
- pridobitvi novih znanj na področju procesiranja polimerov za namene medicine kar bo omogočilo aktivno sodelovanje z Univerzitetnim kliničnim centrom Maribor (UKC) in Medicinsko fakulteto Univerze v Mariboru (MF).

Rezultati vseh opravljenih raziskav na področju polimerov bodo prispevali k boljšemu povezovanju in sodelovanju slovenskih in tujih inštitucij znotraj prednostnega področja raziskav in tehnološkega razvoja: kompleksni sistemi in inovativne tehnologije.

Rezultati raziskav bodo prispevali tudi k doseganju strateških ciljev na področjih: napredni (novi) sintetični kovinski in nekovinski materiali in nanotehnologije, zdravje in znanost o življenju, tehnologije za trajnostno gospodarstvo.

ANG

High-pressure technologies and processes with the use of supercritical fluids (SCF) enable sustainable development and represent high potential of use for various purposes. As an applicant of the research project the laboratory in setting new goals within this scope, that is to develop:

- new sustainable technologies for polymer processing,
- new tailor made polymer products with high added value.

Polymers can be found everywhere in our daily life; most of the products are entirely or at least partially made of polymers. Due to their variety of mechanical characteristics (fragile, solid, elastic, rubbery, etc.) they can be used for many purposes. Within this project we will use sustainable technology with SFC to develop polymers for applications in:

- paint and varnish industry (polymer micro beads, microcapsules, composites),
- medicine (active substance carriers, porous structures and tissue engineering membranes),
- isolation material industry (polymer foam).

With an appropriate selection of foreign partners (Institute for process technology and transport processes at University of Bochum -VTP and Fraunhofer Institute for Environmental, Safety and Energy Technology UMSICHT in Oberhausen), leading in the Federal Republic of Germany in the development and planning of high-pressure micronization processes, we assure the critical mass and know-how for successful development of sustainable technologies and processes for acquiring new polymer products. Foreign partners will enable transfer of the processes into the semi-industrial and industrial scale, with a local business partner Helios d.d. actively participating.

The project results will contribute to:

- planning a plant for producing new high added value products to increase the competitiveness of the local business partner (Helios d.d.) and to contribute to the realization of their vision to rank at the top ten of the leading paint and varnish producers in Europe. Potentially introduce new production program in Helios d.d.
- the acquisition of new knowledge in the field of polymer processing for medical purposes, which will bring to the active cooperation with the University Clinical Center Maribor (UKC-) and the Faculty of Medicine at the University of Maribor (MF).

The results of the performed research in the field of polymers will contribute to better connectivity and cooperation of Slovene and foreign institutions within the preferential area of research and technological development: complex systems and innovative technologies.

The research results will also contribute to the achievement of strategic goals in the following areas: advanced (new) synthetic metal and nonmetal materials and nanotechnology, health and life science, technologies for sustainable economy.

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu²

V okviru raziskovalnega projekta smo se ukvarjali z razvojem novih tehnologij pridobivanja polimerov za uporabo v:

- Industriji barv in lakov (polimerne mikrokroglice, mikrokapsule, kompoziti);
- Medicini (nosilci aktivnih učinkovin, porozne strukture in membrane za tkivni inženiring).

Razvoj novih trajnostnih tehnologij pridobivanja polimernih produktov s superkritičnim ogljikovim dioksidom (SC CO₂) ima številne prednosti pred klasičnimi postopki. Nova tehnologija omogoča večjo produktivnost, boljšo kvaliteto in homogenost produkta. Vse to omogoča pridobivanje novih polimernih produktov z visoko dodano vrednostjo po merilih končnega uporabnika.

Ugotovljeni rezultati:

1. POLIMERI ZA UPORABO V INDUSTRIJI BARV IN LAKOV:

V začetni fazi projekta je sofinancer izvedel primerjalno analizo produktov na tržišču s področja barv in lakov, ki jih ponujajo konkurenti tako v Sloveniji kot drugod po Svetu. Na podlagi vseh zbranih informacij, je projektna skupina izbrala primerne polimere za pridobivanje mikrodelačev/kompozitov s PGSS postopkom (polietilen, poliesteri), definirala lastnosti in oblike polimernih produktov.

Za izbralne polimere smo določili lastnosti v sub- in superkritičnih fluidih in ugotovili, ali jih je možno procesirati in formulirati v praškaste produkte z želenimi lastnostmi z uporabo visokotlačnih mikronizacijskih tehnik. Delo je obsegalo: i) merjenje topnosti CO₂ v polietilenih različnih gostot (polietilenih nizke in visoke gostote) s pomočjo magnetne suspenzijske tehnice; ii) merjenje tališč polietilenov različnih gostot v ogljikovem dioksidu in propanu s pomočjo visokotlačne optične celice; iii) šaržne mikronizacije poliesterskih smol z visokotlačno PGSS (Particle from Gas Saturated Solution) metodo s superkritičnim CO₂.

Rezultati so pokazali, da so fizikalne lastnosti praškastih produktov dobljenih z novim postopkom ob uporabi SC CO₂ in kvaliteta premazov podobne ali boljše kot pri produktih pridobljenih s klasičnimi postopki.

Raziskali smo sintezo biorazgradljivega polimera poli(propilen fumarata), ki smo ga sintetizirali po konvencionalni metodi. Pravtako smo polimer poskusili sintetizirati v superkritičnem mediju s CO₂ pri različnih temperaturah in različnih tlakih. Nastali produkt sinteze smo analizirali na aparaturi FTIR (Fourier transform infrared spectroscopy) in SEC (Size exclusion chromatography). V okviru raziskav smo določili tudi fazna ravnotežja reaktantov propilen glikol, dietil fumarat in etanol v CO₂.

Eden izmed ciljev je bil ovrednotiti uporabljeno tehnologijo za procesiranje polimerov z vidika varovanja okolja in ekonomske procesov. V ta namen so se zbirali podatki za izvedbo analize življenjskega cikla (life cycle analysis LCA) procesiranih produktov. Pri tem so se opravile naslednje dejavnosti:

- Pregled standardov ISO 14001;
- Pregled sheme EMAS (ECO Management and Audit Scheme);
- EcoLabel – znak za okolje;

- SWOT analiza.

2. POLIMERI ZA UPORABO V MEDICINI

2.1. Porozne strukture in membrane za tkivni inženiring

V sodelovanju z Univerzitetnim Kliničnim Centrom Maribor smo definirali lastnosti, ki jih mora imeti polimer za uporabo v ortopedski kirurgiji. Pri enostavnih tipih zlomov je zaželeno, da polimer v obliki gela ali pene "in situ" daje zadostno oporo, zapolni ter poveže prizadeta mesta, ki so posledica nastale travme. V primeru, ko se nadomeščajo kostni deli odstranjeni med operativnim postopkom zaradi preprečevanja nastanka morebitnih infekcij, so v uporabi poroznih polimerni vsadki, ki jih osteocite (kostne celice) s časoma prerastejo. Na podlagi opisanih željenih lastnosti končnega produkta se je naredila izbira polimerov: polilaktid (PLA), poli(laktidkoglikolid) (PLGA), polikaprolakton (PCL) in poli(propilen fumarat) (PPF).

Opravile so se meritve faznih ravnotežij ter obnašanja polimerov ob prisotnosti SC CO₂. Topnost in difuzivnost SC CO₂ v polimerih je bila izmerjena z magnetno suspenzijsko tehniko. Ugotovili smo, da je topnost plina zelo visoka v izbranih polimerih in da se viskoznost polimera občutno zmanjša v prisotnosti SC CO₂. Z rezultati ugotavljamo, da obstaja možnost procesiranja teh polimerov pri zmernih temperaturah, kar omogoča, da na/v polimere vključimo občutljive bioaktivne komponente (zdravila in proteine) brez strahu, da bi se le ti termično uničili. Analizirali smo vpliv CO₂ na tališče in kristaliničnost polimerov, pridobljene eksperimentalne podatke o topnosti in difuzivnosti plina v polimerih smo korelirali s pomočjo Sanchez-Lacombe enačbe in PC-SAFT modela.

Poskuse penjenja polimerov smo izvedli z CO₂ brez dodanih organskih topil. Za polimera PLGA in PCL smo dobili obetavne rezultate, saj smo dobili pene s porami primernih velikosti in gostote. Predhodno pridobljeni tremodinamični podatki so bili uporabljeni v namen optimizacije lastnosti polimernih poroznih materialov procesiranih z penjenjem ob uporabi SC CO₂. Opravili smo študije kako izbrani procesni parametri (temperature, tlak) in topnost plina v polimeru vplivata na morfologijo nastalih pen. Namen je bil, najti povezavo med obnašanjem sistema (polimer – SC CO₂) in končno strukturo procesiranega polimera, kar nam omogoča, da z izbiro ustreznih procesnih parametrov kontroliramo lastnosti produkta. Ker končna struktura produkta mora ustrezati aplikacijam v tkivnem inženiringu, smo v ta namen opravili analize procesnih parametrov z namenom optimizacije lastnosti produktov. Kvantificirali smo vpliv procesnih parametrov na dimenzijo por ter smo opazili, da smo po procesiranju pridobili višjo stopnjo poroznosti. Pomemben faktor za uporabo poroznega polimernega produkta v tkivnem inženiringu je visoka stopnja notranjih povezav med porami. Le te omogočajo boljše povezovanje celic kot tudi pretok hranil do novo formiranih tkiv.

Zamreženje je bilo izvedeno na polimerih poli(propilen fumarat), z namenom določiti optimalno količino agenta za zamreženje (Nvinilpirolidon) in iniciatorja (benzoi peroksid).

Za polimere, izbrane za uporabo v medicinske namene, in njihove kompozite z hidroksiapatitom (HA), smo izvedli "in vitro" teste v sodelovanju z Medicinsko fakulteto Univerze v Mariboru. Na različnih polimerih smo gojili primarno celično kulturo humanih osteoblastov. Po petih dneh gojenja celic na polimeru smo izvedli test proliferacijske aktivnosti WST8. S poskusi smo dobili obetavne rezultate za vzorce PLLA, PCL in njihove kompozite.

2.2. Nosilci aktivnih učinkovin

Izvedli smo sintezo multimembranskih sferičnih alginatnih biorazgradljivih aerogelov in jih uporabili kot nosilce modelnih substanc nikotinske kisline in teofilina. Izvedli smo raziskavo na področju kontroliranega sproščanja modelnih substanc. Najprej smo sintetizirali alginatne sferične multimembranske hidrogele s solgel postopkom z različnim številom membran in izvedli sušenje s pomočjo (SC CO₂). Z eksperimenti raztapljanja smo spremljali sproščanje modelnih substanc iz nosilca v odvisnosti od časa. Ugotovili smo, da je bilo z našim eksperimentalnim delom z višanjem števila membran možno pripraviti nosilce z želeno vsebnostjo substance ter linearno kinetiko sproščanja aktivne substance. Takšne oblike formulacij namreč predstavljajo idealni model podaljšanega sproščanja aktivnih substanc.

Sintetizirali smo tudi pektinske aerogeje za potencialne aplikacije v farmacevtski industriji. V farmakologiji se čedalje bolj uporablja princip kontroliranega sproščanja učinkovin, saj je za pacienta sprejemljivejši, učinkovitejši in varnejši. Za kontrolirano sproščanje so primerni

aerogeli zaradi njihovih izjemno visokih specifičnih površin, v katerih je možno zadržati več učinkovine in jo kasneje nadzorovano sproščati. Polisaharidi so izjemno zanimivi za dostavo zdravil, ker so biorazgradljivi, biokompatibilni, cenovno dostopni in niso toksični. Pektin ima poleg tega pozitivne učinke na zdravje saj znižuje holesterol in glukozo v krvi. Priprava aerogelov poteka po solgel metodi, ki ji sledi superkritično sušenje s CO₂. Sinteza pektinskih aerogelov lahko poteka po dveh metodah; difuzijski, pri katerih dobimo sferične gele, in notranji vgrajevalni metodi, pri kateri dobimo monolite. Karakterizacija pripravljenih aerogelov je potekala z adsorpcijo dušika, s katero se določi specifična površina, velikost in volumen por. Pri pektinskih aerogelih so bile doslej uporabljene tri modelne učinkovine, teofilin, nikotinska kislina in diklofenak. Zaradi dobre topnosti vseh treh substanc v vodi, se le te dodajo pektinski raztopini med solgel procesom. Sproščanje aktivnih učinkovin poteka na USP II napravi v fosfatnem pufru. Matematični modeli služijo za določitev kinetike sproščanja.

Pridobljeni rezultati v okviru projekta so bili predstavljeni v številnih znanstvenih člankih, na konferencah, kot poglavja v knjigah, na vabljenih predavanjih, itd. Prav tako je bila organizirana delavnica v okviru katere so se uspešno prenesla pridobljena znanja in rezultati zunanjim interesentom (dodiplomskim in podiplomskim študentom, potencialnim partnerjem, itd.).

Sodelovanje z mednarodnimi inštituti in univerzami:

- Inštitut za procesno tehniko in transportne pojave Univerze v Bochumu, VTP
- Fraunhofer Inštitut za tehnologijo okolja, varnosti in energetiko – UMSICHT v Oberhausnu
- Elettra Sincrotrone, Trieste Italija,
- end station XRD1, FELMI, TU Graz,
- IJS, Ljubljana,
- UL NTF, Ljubljana
- Fraunhofer, Gesellschaft, Development Center for Xray Technology, Nemčija.

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

Zastavljeni cilji v okviru projekta "Procesiranje polimerov z uporabo trajnostnih tehnologij" so bili v celoti realizirani s časovnim planom. Doseženi so bili vsi mejniki zastavljeni v delovnih sklopih prijave. Pridobljeni so bili številni podatki, ki so bili objavljeni /predstavljeni v številnih izvirnih znanstvenih člankih, prispevkih na mednarodnih konferencah, na vabljenih predavanjih, kot poglavja v knjigah, itd. Sodelovali smo s številnimi tujimi raziskovalnimi inštitucijami, v okviru mobilnosti raziskovalcev smo poskrbeli za promocijo pridobljenega znanja. V raziskovalni proces so bili vključeni tudi številni dodiplomski in podiplomski študenti, iz Slovenije in drugod; preko katerih in njihovih zaposlitev se bo pridobljeno znanje tudi preneslo v industrijo.

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

V sestavi projektne skupine so se zgodile naslednje spremembe – L2-4124:

Ker raziskovalna organizacija Helios Sestavljeno podjetje za kapitalske naložbe in razvoj d.d. (šifra ARRS 2731), ki je bil soizvajalec na raziskovalnem projektu formalno od 1.1.2014 ni več obstajala, je njene pogodbene obveznosti in tudi registrirane raziskovalce prevzela raziskovalna organizacija Helios TBLUS (šifra ARRS 2113). S tem so se spremenile nekatere pogodbene obveznosti in sicer:

- 352 ur na projektu za leto 2014, ki so bile dodeljene v skladu z dogovorom (dne 30.6.2011) je tako prevzela nova raziskovalna organizacija znotraj istega holdinga Helios TBLUS (šifra ARRS 2113);
- raziskovalne ure se je v celoti dodelilo raziskovalcu dr. Bogdanu Znoju (ARRS šifra 16371), ki je od samega začetka sodeloval kot raziskovalec na projektu.

Ni bilo sprememb v programu raziskovalnega projekta.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁵

	Znanstveni dosežek		
1.	COBISS ID	15347734	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Procesiranje polimernih biomaterialov ob uporabi superkritičnega CO2
		ANG	Processing polymeric biomaterials using supercritical CO2
	Opis	SLO	Pregledna študija obravnava potencial uporabe superkritičnega (sc) CO2 kot topila ali plastifikatorja za procesiranje polimernih materialov. Rezultati kažejo na uspešno uporabo sc CO2 pri procesiranju biomaterialov saj ima izvrstne lastnosti, dobro topnosti in plastificirni učinek na polimere.
		ANG	The potential of supercritical (SC) CO2 as solvent or plasticizer for the processing of polymeric materials is reviewed in this study. The results suggest that SC CO2 due to its excellent properties, good solubility and plasticizing effect in polymers can be successfully used in processing biomaterials.
	Objavljeno v	Wiley-VCH; Chemie Ingenieur Technik; 2011; Vol. 83, no. 9; str. 1371-1380; Impact Factor: 0.589; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.785; WoS: II; Avtorji / Authors: Knez Željko, Markočič Elena, Novak Zoran, Knez Hrnčič Maša	
	Tipologija	1.02 Pregledni znanstveni članek	
2.	COBISS ID	15819286	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Sinteza in uporaba organskih biorazgradljivih aerogelov kot nosilcev aktivnih substanc
		ANG	Synthesis and use of organic biodegradable aerogels as drug carriers
	Opis	SLO	Aerogeli iz naravnih polisaharidov imajo oboje, biolastnosti po polisaharidih; kot so dobra biološka kompatibilnost in celično ali encimsko razgradnjo, in pa lastnosti aerogelov kot sta velika poroznost in specifična površina. Zaradi tega so zelo atraktivni za dostavljanje aktivnih substanc. Biorazgradljive alginatne aerogele smo sintetizirali s pomočjo solgel sinteze. V tem prispevku smo za pripravo alginatnih monolitnih in sferičnih hidrogelov uporabili dve metodi ionskega zamreženja, ki jih lahko kasneje pretvorimo v aerogele z veliko specifično površino. Dobljene aerogele smo nato uporabili kot nosilce aktivnih substanc. Proučevali smo vpliv procesnih parametrov kot sta začetna koncentracija in viskoznost alginatne raztopine na sproščanje modelne substance nikotinske kisline. Rezultati so pokazali, da se z uporabo notranje vgrajevalne metode ionskega zamreženja nikotinska kislina sprošča počasneje. Monolitni aerogeli so se tudi manj krčili kot v drugih objavljenih znanstvenih prispevkih. Prav tako smo tudi z naraščanjem koncentracije alginata pri obeh tipih zamreženja dobili bolj kompaktne in zamrežene aerogele.
		ANG	Aerogels of natural polysaccharides possess both biocharacteristics of polysaccharides, such as good biological compatibility and cell or enzyme-controlled degradability, and aerogel characteristics, such as very high porosity and specific surface areas that makes them highly attractive in drug delivery. Biodegradable alginate aerogels were synthesized via a sol-gel process. In the present work two methods of ionic cross-linking were used to prepare alginate hydrogels as monoliths and spheres, which can be further easily converted to high surface area aerogels. The aerogels obtained were further used as drug carriers. We investigated the effect of process parameters, such as starting concentration and viscosity of alginate solution, on synthesis products and on model drug (nicotinic acid) release. The results indicate that by using the internal setting cross-linking method for obtaining monolithic aerogels nicotinic acid was released in a more

			controlled manner. The aerogels thus obtained also exhibited smaller volume shrinkage than the ones described in other publications. However, with increasing alginate concentration in both types of synthesis more compact and cross-linked aerogels were formed.
	Objavljeno v		VSP; Journal of biomaterials science, Polymer edition; 2012; Vol. 23, no. 7; str. 873-886; Impact Factor: 1.700; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.005; WoS: IG, QE, UY; Avtorji / Authors: Veronovski Anja, Novak Zoran, Knez Željko
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	17407254	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Vpliv temperature in tlaka na obnašanje poli(ϵ -kaprolakton)a ob prisotnosti superkričnega ogljikovega dioksida
		ANG	Effect of temperature and pressure on the behavior of poly (ϵ -caprolactone) in the presence of supercritical carbon dioxide
	Opis	SLO	Poli(ϵ -kaprolakton) se uporablja v biomedicinske namene zaradi dobre biokompatibilnosti in biorazgradljivosti. Njegovo procesiranje s superkričnim ogljikovim dioksidom predstavlja alternativo klasičnim metodam, ki zahtevajo uprabo toksičnih in nevarnih organskih topil. Opravila se je študija obnašanja poli(ϵ -kaprolakton)a ob prisotnosti superkričnega CO ₂ . Analiziral se je vpliv superkričnega CO ₂ na tališče in kristaliničnost polimera, merila se je topnost in difuzivnost plina v poli (ϵ -kaprolakton)u ter se je opravila korelacija pridobljenih eksperimentalnih podatkov ob uporabo Sanchez-Lacombe enačbe stanja in PC SAFT modela. Superkrični CO ₂ se je nadalje uporabil uporabili za penjenje poli(ϵ -kaprolakton)a v produkt za uporabo v tkivnem inženiringu ter so se opravile študije vpliva procesnih parametrov (temperatura, tlak) in topnosti plina v polimeru na njegovo morfologijo.
		ANG	Poly(ϵ -caprolactone) is used for biomedical applications due to its biocompatibility and biodegradability. Its processing with supercritical carbon dioxide represents a sustainable alternative to the classical methods involving toxic and environmentally hazardous organic solvents. In the presentwork, the behavior of poly(ϵ -caprolactone) in the presence of supercritical CO ₂ has been studied. The influence of CO ₂ on the melting point and crystallinity content of the polymer was analyzed, the solubility and diffusivity of gas into poly(ϵ -caprolactone) was measured, and the experimental data were correlated using Sanchez-Lacombe equation of state and PC SAFT model. Supercritical CO ₂ was then used for foaming poly (ϵ -caprolactone) to obtain tissue engineering scaffolds, and the connection between process parameters (temperature, pressure), gas solubility in the polymer, and foam morphology was studied.
	Objavljeno v		American Chemical Society; Industrial & engineering chemistry research; 2013; Vol. 52, iss. 44; str. 15594-15601; Impact Factor: 2.235; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.798; WoS: II; Avtorji / Authors: Markočič Elena, Škerget Mojca, Knez Željko
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID	16830998	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Fazna ravnotežja in difuzivnost zgoščenih plinov v različnih polietilenih
		ANG	Phase equilibria and diffusivity of dense gases in various polyethylenes
			Namen raziskave je bil, da se raziščejo lastnosti polietilenov (PE) različnih gostot (nizka gostota, visoka gostota) pod tlakom CO ₂ in propana. Raziskali smo fazna ravnotežja za PE različnih gostot v prisotnosti CO ₂ in propana v odvisnosti od tlaka in temperature. Fazni prehod za PE pri atmosferskem tlaku smo izmerili z diferenčno dinamično kalorimetrijo (DSC). Fazne

	Opis	SLO	prehode polimerov v prisotnosti plinov smo določili z visokotlačno optično celico v tlačnem območju od 1 do 90 MPa. Ugotovljeno je bilo, da temperatura tališča za polietilen nizke gostote LDPE pada v prisotnosti CO₂ oz. propana. Temperatura tališča za polietilen visoke gostote (HDPE) v prisotnosti propana pada, medtem ko v prisotnosti CO₂ temperatura tališča z naraščajočim tlakom narašča. Temperatura tališča za LDPE in HDPE se v prisotnosti propana zmanjša v povprečju za 1020 K, medtem ko se v prisotnosti CO₂ tališče za oba polimera nizke gostote zmanjša za cca. 5–10 K. Topnost in difuzivnost v superkritičnem CO₂ za oba polimera nizke gostote (LDPE) in za polimer visoke gostote (HDPE) smo merili pri konstantni temperaturi 373 K v tlačnem območju od 2 do 30 MPa s pomočjo magnetne suspenzijske tehtnice (MSB). Podatke o topnosti smo uporabili za izračun binarnih difuzivnostnih koeficientov. Topnosti CO₂ v polimerih naraščajo z višanjem gostote CO₂. Difuzijski koeficient kaže močno osdvisnost od gostote in topnosti CO₂. Vrednost difuzijskega koeficienta začne padati z naraščajočo gostoto in topnostjo CO₂.	
		ANG	The aim of this work was to investigate the properties of polyethylenes (PE) of various densities (low-density and high-density) under pressure of CO₂ and propane. The phase equilibria of PE of different density in presence of CO₂ and in presence of propane in dependence of pressure and temperature were investigated. The phase transitions of PE at atmospheric pressure were determined by differential scanning calorimetry (DSC). Furthermore, phase transitions of polymers under pressure of gases were measured by using an optical high pressure cell. Measurements of phase transition were performed in range of pressure of 1–90 MPa. The results show that melting points of LDPE decreased in presence of CO₂ and in presence of propane. For high-density polyethylene (HDPE) the melting point decrease was observed only in presence of propane, while in presence of CO₂ melting point increases with increasing pressure. The melting points of LDPE and HDPE decrease in average for 10–20 K in presence of propane, while in presence of CO₂ the melting point decrease for both LDPE was lower (5–10 K). Solubility and diffusivity of supercritical CO₂ in two low-density polyethylenes (LDPE) and in high-density polyethylene (HDPE) were measured at temperature 373 K and pressures up to 30 MPa using a magnetic suspension balance (MSB). The solubility data were used for estimating the binary diffusion coefficients. The solubilities increased with increasing density. The diffusion coefficient shows strong CO₂ density and CO₂ solubility dependence. Diffusion coefficient starts to decrease with increasing density and solubility of CO₂.	
	Objavljeno v		PRA Press; The Journal of supercritical fluids; 2013; Vol. 78; str. 54-62; Impact Factor: 2.571; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.798; A': 1; WoS: EI, II; Avtorji / Authors: Čuček Denis, Perko Tina, Ilić Ljiljana, Znoj Bogdan, Venturini Peter, Knez Željko, Škerget Mojca	
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek	
	5. COBISS ID		18495766	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Matematično modeliranje faznih ravnotežij za superkritični CO ₂ in polietilen glikole z različnimi molekulskimi masami	
		ANG	Mathematical modelling of phase equilibria for supercritical CO ₂ and polyethylene glycol of various molecular weights	
	Opis	SLO	Za modeliranje faznega ravnotežja za sisteme polietilen glikol-CO ₂ smo uporabili Sanchez-Lacombe enačbo stanja in Statistical Associating Fluid Theory. Ob uporabi programske opreme Aspen Plus smo raziskli polietilen glikole z različnimi molekulskimi masami. Rezultate modeliranja smo primerjali s predhodno pridobljenih eksperimentalnimi vrednostmi topnostnih parametrov. Izračunali smo fazo ravnotežje pri temperaturi 343 K, v območjih tlaka 10-30 MPa za polietilen glikole z molekulsko	

		maso od 1000 do 100.000 g / mol. Da bi dobili najboljše prilagajanje za modele med izračunanimi in eksperimentalnimi topnostnimi podatki, smo optimirali parametre binarnih interakcij. Rezultati so pokazali, da sta oba modela zanesljiva za opis faznega ravnotežja sistemov polietilen glikol-CO ₂ pri predlaganih pogojih. Poleg tega smo opazili, da molekulska masa polimera vpliva na obnašanje sistema, kar je razvidno iz razlik v vrednostih topnostnih parametrov in koeficientov binarnih interakcij.
	ANG	The Sanchez-Lacombe equation of state and the Statistical Associating Fluid Theory were applied for modelling the phase equilibrium for the polyethylene glycol-CO ₂ systems. The Aspen Plus software was used and polyethylene glycol with various molecular weights was investigated. The results were compared with previously obtained experimental values for solubility. The phase equilibrium was calculated at a temperature of 343 K, in the pressure range of 10-30 MPa and for polyethylene glycol molecular weights from 1000 to 100,000 g/mol. The binary interaction parameters for the models were optimized in order to obtain the best fit between the estimated and the experimental gas solubility data. The results suggest that both models are reliable in describing the phase equilibrium of the polyethylene glycol-CO ₂ systems at the proposed conditions. Moreover, the molecular weight of the polymer affects the behaviour of the system, as observed from the variation of solubility values and of binary interaction coefficients.
	Objavljeno v	PRA Press; The Journal of supercritical fluids; 2014; Vol. 95; str. 635-640; Impact Factor: 2.571; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.798; A': 1; WoS: EI, II; Avtorji / Authors: Markočič Elena, Knez Željko
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine⁶

	Družbeno-ekonomski dosežek		
1.	COBISS ID	0	Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO	Nova zaposlitev doktoranda v gospodarstvu
		ANG	New employment of doctoral in industrial sector
	Opis	SLO	V okviru projekta je Helios d.d. v letu 2011 zaposlil Dr. Ljiljano Ilić, ki je doktorirala pod mentorstvom red. prof. dr. Željka Knez na Fakulteti za kemijo in kemijsko tehnologijo.
		ANG	In the frame of the project, industrial partner Helios d.d. employed in 2011 Dr. Ljiljana Ilić who obtained her PhD degree under mentorship of Full Prof. Dr. Željko Knez on Faculty of Chemistry and Chemical engineering.
	Šifra	F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja
	Objavljeno v	/	
	Tipologija	3.25	Druga izvedena dela
2.	COBISS ID	16318230	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Postopek priprave vzorcev polimernih nanokompozitnih premazov za elektronsko mikroskopijo
		ANG	Procedure for sample preparation of polymer nanocomposite coatings for electron microscopy
			Izum je s področja vrstične elektronske mikroskopije in kontrole kvalitete polimernih nanokompozitnih premazov. Rešuje problem priprave vzorca

Opis	SLO	za analizo zelo tankih polimernih premazov debelejših od 0,5 um, v katere so vmešani zelo majhni delci premera velikosti od 10 nm do 100 nm, tako imenovani nanodelci, z metodo vrstične elektronske mikroskopije. Pri postopku se uporabi nosilna prevodna kovinska folija, ki jo skupaj z premazom ustavimo v tekoči dušik. Debelejše premaze ločimo od folije, krhko prelomimo in analiziramo. Premaze tanjše od 3 um ne ločimo od folije, ampak samo krhko prelomimo. V obeh primerih uporabimo nosilec, ki omogoča pritisk premaza z obeh strani in postavitev prelomne površine navpično.		
	ANG	The invention is in the field of scanning electron microscopy and quality control of polymeric nanocomposite coatings. Solves the problem of sample preparation for the analysis of very thin polymer coatings thicker than 0.5 um, which are mixed in a very small particle diameter size from 10 nm to 100 nm, the so called nanoparticles, the method of scanning electron microscopy. The process used mounting conductive metal foil, which, together with the coatings placed in liquid nitrogen. Thicker coatings separated from film, fragile and broken analyzed. Thin coating of 3 micron does not distinguish from film, but only break brittle. In both cases, we are use the holder that allows pressure coating on both sides and stand up of the fracture surface.		
	Šifra	F.33 Patent v Sloveniji		
	Objavljeno v	Urad RS za intelektualno lastnino; 2012; [6] str.; Avtorji / Authors: Bončina Tonica, Zupanič Franc		
	Tipologija	2.24 Patent		
3.	COBISS ID	16904726	Vir: COBISS.SI	
Opis	Naslov	SLO	Sinteza in uporaba organskih biorazgradljivih aerogelov za kontrolirano sproščanje aktivnih substanc	
		ANG	Synthesis and use of organic biodegradable aerogels in controlled drug release	
		SLO	Namen naše raziskave je bil sintetizirati stabilne biorazgradljive aerogele ter jih uporabiti kot nosilce aktivnih substanc nikotinske kisline in teofilina z namenom kontroliranega sproščanja iz končne formulacije. Za sol-gel sintezo alginatnihhidrogelov smo uporabili dve temeljni metodi ionskega zamreženja: difuzijsko metodo in notranjo vgrajevalno metodo. V primeru prve metode pride do zamreženja z difuzijo ionov iz raztopine v alginatno raztopino in dobimo gel v obliki sferičnih zrn. Prav tako smo okoli sferičnega jedra sintetiziralialginatne membrane zaradi možnosti bolj kontroliranega sproščanja. Proučevali smo tudi vpliv sproščanja aktivnih substanc iz multi-membranskih sferičnih nosilcev v odvisnosti od koncentracije alginata v vodni raztopini ter koncentracije soli CaCl2 in BaCl2. Ker je alginat anionski polisaharid, smo glede na literaturo pričakovali, da ima končni alginatni aerogel afinitetodo vezave in počasnejšega sproščanja ionskih aktivnih substanc.	
		ANG	The aim of the present research was to synthesize stable biodegradable aerogels used for controlled drug release of nicotinic acid and theophylline from the formulation. Two fundamental methods of ionic cross-linking were used to prepare alginate hydrogels: the diffusion method and the internal setting method. In the case of the first method cross-linkingis allowed by ion diffusion from a large outer reservoir into an alginate solution. Here single gel beads can be obtained. Also definite number of membranes was synthesized around spherical core to achieve even more controlled drug release. The influence of dug release from multi-membrane spherical aerogels was also studied dependent on alginate solution concentration and CaCl2 and BaCl2 concentration. Since alginate is ionic polysaccharide, the resultant alginate aerogel is expected to bind ionic drugs and release them	

			slower. The effect of the number of membranes on model drugs nicotinic acid and theophylline loading and release was also investigated.
	Šifra	D.09	Mentorstvo doktorandom
	Objavljeno v	[A. Veronovski]; 2013; XVII f., 117 str.; Avtorji / Authors: Veronovski Anja	
	Tipologija	2.08 Doktorska disertacija	
4.	COBISS ID	16730134	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Določanje osnovnih termodinamskih in transportnih podatkov sistema polietilen glikol (PEG)/ogljikov dioksid (CO ₂)
		ANG	Investigation of basic thermodynamical and transport data in the system poly-ethylene glycol/CO ₂
	Opis	SLO	Večina podatkov o fizikalnih in kemijskih lastnostih, kot so podatki o faznih ravnotežjih, gostoti, viskoznosti, dielektrični konstanti ter difuzijskih koeficientih, potrebnih za načrtovanje procesov je določena pri atmosferskih pogojih. Topnost substance v sub oz. superkritičnem fluidu je ključna za ekonomiko procesa. Obnašanje sistemov polimer/superkritični fluid pri povišanih tlakih je predmet intenzivnih raziskav. Za grobo vrednotenje in napoved je možno uporabiti matematične modele, ki napovedujejo obnašanje sistema tudi pri še ne raziskanih pogojih, kljub temu pa morajo nekateri parametri biti eksperimentalno določeni da lahko najdemo ustrezen model in tudi potrdimo skladnost eksperimentalno določenih podatkov z modelom. Zadolžanje topnosti CO ₂ in difuzivnosti v območju tlakov med 10.0 MPa ter 40.0 MPa ter pri temperaturi 343 K sta se uporabili dve metodi, metodo z magnetno suspenzijsko tehniko ter novo metodo z uporabo visokotlačnega avtoklava ter eksterne tehnice. Sledila je primerjava rezultatov. Rezultati, pridobljene z MSB so se iskazali za zelo natančne, zato služijo za validacijo rezultatov, pridobljenih z eksperimenti z avtoklavom.
		ANG	Investigation of basic thermodynamical and transport data like phase equilibria, density, viscosity, dielectric constant and diffusion coefficient is fundamental for process design. Solubility of the substance in SC or SubC fluid and other fundamental data are crucial for economy of the process. The interaction of polymers with supercritical CO ₂ at elevated pressures is still under intensive research. Even if mathematical models can be used to predict the data at unmeasured conditions, these parameters should be determined experimentally to find the suitable model and to confirm the fitting of the results to the model. The aim was to determinate the solubility and the diffusion rate of the binary system polyethylene glycol/CO ₂ (with different molar masses) with two different methods in pressure range from 10.0 MPa up to 40.0 MPa at a temperature of 343 K. A set of experiments on system polyethylene glycol/CO ₂ was measured using a method developed by the authors. Results were then compared to data obtained by a well established, precise method using MSB (Magnetic Suspension Balance) at same process conditions in order to validate our results.
	Šifra	F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)
	Objavljeno v	2013; Avtorji / Authors: Knez Hrnčič Maša, Trupej Nina, Markočič Elena, Škerget Mojca, Knez Željko	
	Tipologija	3.15 Prispevek na konferenci brez natisa	
5.	COBISS ID	17855254	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Študija in vitro razgradnje poli(laktid-ko-glikolidnih) pen procesiranih s superkritičnimi fluidi

	ANG	Study of the in vitro degradation of poly(lactide-co-glycolide) foams processed with supercritical fluids
Opis	SLO	V predstavljeni študiji smo ovrednotili razgradni proces poli(laktid-ko-glikolida) v simulirani telesni tekočini, pred in po postopku penjenja s superkritičnim CO ₂ . Začetne vzorce polimerov, oblikovane v obliki tablet in pen smo inkubirali za obdobje 10 tednov v Sorensenovem pufru pri konstantni temperaturi 37 ° C pod blagim mešanjem. Vsak teden smo odvzeli vzorec medija v katerem so se nahajali polimerni vzorci ter na njih izvedli različne teste. Izmerili smo njihov pH, z obarjanjem ob dodatku etanola smo ovrednotili količino raztopljenega polimera. V določenih časovnih obdobjih smo določili izgubo mase polimernih vzorcev. Izvedla se je primerjava procesa razgradnje med PLGA vzorcem pred in o obdelavi s superkritičnimi fluidi. Ugotovili smo, da so se PLGA pene razgrajevale počasneje kot tablet. Ti podatki so izrednega pomena za ocenitev primernosti uporabe postopkov obdelave pri oblikovanju biorazgradljivih medicinskih pripomočkov ali vsadkov z natančno določenimi zahtevami glede njihove stabilnosti in mehanskih lastnosti za specifično uporabo.
	ANG	In the present study we have evaluated the degradation behaviour of poly (lactide-co-glycolide) in a simulated body fluid, before and after foaming with supercritical CO ₂ . Initial polymer samples, shaped as tablets, and foamed samples were immersed in Sörensen buffer solution and maintained for 10 weeks at a constant temperature of 37°C under mild stirring. Every week samples of degradation medium were collected from each test vial and various tests were performed. The pH of each liquid sample was measured, while precipitation with excess ethanol was used to identify the dissolved polymer. The mass loss of samples at various stages of the study was also determined. A comparison was performed between the in vitro behaviours of PLGA samples before and after supercritical fluid processing. It was observed that PLGA foams degrade slightly slower than the tablets. These data are important for evaluating the suitability of various processing methods when designing biodegradable medical devices or implants with well-defined requirements regarding their stability and mechanical properties during specific applications.
Šifra	F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)
Objavljeno v	International Society for the Advancement of Supercritical Fluids; EMSF 2014; 2014; [6] f.; Avtorji / Authors: Markočič Elena, Botić Tanja, Knez Željko	
Tipologija	1.08	Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine²

Sodelovanje v EU in drugih mednarodnih projektih:

FKKT UM:

Eurostars Projekt MOSS E!5877; trajanje: 01.05.2011 - 30.04.2014.

7. EU okvirni program: SUPER METHANOL; trajanje: zaključeno v letu 2011.

7. EU okvirni program: (DoHip); trajanje: 01.02.2013 - 31.01.2017.

BI-CN/11-13-002; trajanje: 01.07.2011 - 30.06.2013.

BI-TR/11-13-001; trajanje: 01.01.2011 - 31.12.2013.

BI-MK/10-11-001; trajanje: zaključeno v letu 2011.

BI-RO/10-11-007; trajanje: zaključeno v letu 2011.

BI-HU/10-11-005; trajanje: zaključeno v letu 2011.

BI-HU/10-11-006; trajanje: zaključeno v letu 2011.

BI-RS/10-11-013; trajanje: zaključeno v letu 2011.

UKC MB

7. EU okvirni program: CDMEDICS; trajanje: 01.02.2008 - 31.01.2012.

HELIOS d.d.

7. EU okvirni program: SME; trajanje: 1.1.2013 - 31.12.2015.

FS UM

BI-SLO-BR; Št. projecta: BI-BR/12-14-003; trajanje: 1.8.2012 - 30.9.2014.

Nacionalni projekti in programi financirani s strani ARRS:

FKKT UM

J2-2040; trajanje: 1.5.2009 - 30.4.2012.

J2-4232; trajanje: 1.7.2011 - 30.6.2014.

P2-0046; trajanje: 1.1.1999 - 31.12.2018.

UKC MB

L3-2315; trajanje: 1.5.2009 - 30.4.2012.

P2-0046; trajanje: 1.1.1999 - 31.12.2018.

IOP

V4-1133; trajanje: 1.10.2011 - 30.9.2013.

V1-1051; trajanje: 1.10.2010 - 30.1.2012.

V4-0483; trajanje: zaključeno v letu 2011.

I0-0042; trajanje: 1.1.2013 - 31.12.2014.

FS UM

L2-2100; trajanje: 1.5.2009 - 30.4.2012.

L2-4173; trajanje: 1.7.2011 - 30.6.2014.

P2-0123; trajanje: 1.1.2014 - 31.12.2017.

I0-0029; trajanje: 1.1.2010 - 31.12.2013.

L2-2269; trajanje: zaključeno v letu 2011.

P2-0120; trajanje: zaključeno v letu 2011.

MF UM

J3-4246; trajanje: 1.7.2011 - 30.6.2014.

J3-2155; trajanje: 1.5.2009 - 30.4.2012.

P3-0067; trajanje: 1.1.2009 - 31.12.2017.

HELIOS d.d.

P2-0148; trajanje: 1.1.1999 - 31.12.2013.

Sodelovanje z gospodarstvom (industrijskih projekti)

FKKT UM

Sodelovanje z mednarodno multinacionalko + 3 drugi industrijski projekti.

FS UM

Več manjših projektov za gospodarstvo.

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Superkritični fluidi (SCF) imajo kot okolju prijazno topilo visoke možnosti pri različnih namenih

uporabe. Svojo učinkovitost v industrijskem merilu so že dokazali pri ekstrakciji dragocenih komponent iz naravnih materialov. Na ostalih področjih, kot so obdelava biomaterialov in oblikovanje mikrodelcev ali pen, pa so še potrebne raziskave za pridobivanje podatkov, potrebnih za optimizacijo in oblikovanje tehnologij. Projekt predstavlja korak naprej tako v razumevanju interakcij med SCF in različnimi substrati kot tudi pri uporabi in upravljanju the interakcij z namenom pridobivanja izdelkov z želenimi lastnostmi. Dosežen je bil glavni cilj to je pridobiti ključne podatke o faznem obnašanju različnih substanc (polimeri, sestavine ali aktivne spojine, ki se uporabljajo za njihovo impregnacijo) v prisotnosti SCF. Ti podatki so ključni za oblikovanje postopkov, rezultate pa bomo objavili z namenom, da bomo prispevali k razvoju področja uporabe SCF v različnih znanstvenih in industrijskih panogah. Izkoriščanje edinstvenih lastnosti superkritičnih fluidov (transportne lastnosti, topnostna moč itd.) lahko poveča industrijsko konkurenčnost Slovenije in hkrati prinese okoljske in ekonomske koristi Sloveniji in širše tudi Evropski uniji. Tehnologije razvite s pomočjo SCF so se v svetu že izkazale za ene od pomembnejših trajnostnih tehnologij s skoraj ničelnim vplivom na okolje. Različna področja dejavnosti, ki so bila združena v projektu, ter sodelovanje partnerjev iz znanosti in gospodarstva, je/še bo omogočilo:

- razvoj novih produktov z visoko dodano vrednostjo s pomočjo SCF, katerih ni možno pridobiti s klasičnimi postopki,
- razvoj novih tehnologij na področju SCF za trajnostni gospodarski razvoj Slovenije,
- pridobivanje produktov v oblikah in s točno določenimi lastnostmi, ki jih zahteva potrošnik,
- poizkuse v pilotnem merilu,
- prenos tehnologij v industrijsko okolje...

Rezultati raziskav so/še bodo pomembno prispevali tudi k fundamentalnim znanjem na naslednjih področjih:

- binarnih in ternarnih faznih ravnotežij v neidealnih sistemih s SCF;
- prenosa snovi v sistemih, ki vsebujejo superkritični fluid;
- visokotlačnih mikronizacijskih procesov – PGSS.

ANG

SCF show high potential as environmentally friendly solvents for various applications. They have already proved their efficiency at industrial scale for extraction of valuable components from natural materials. However in other fields, such as biomaterials processing, foam or microparticles formation, research is still necessary to obtain the data needed to optimize and design the technologies. This project will represent a step forward in understanding the interactions between SCF and various substrates and in using and managing these interactions in order to obtain products with desired properties. The main aim was achieved that is to obtain fundamental data regarding the phase behavior of different substances (polymer, composites or active compounds used for their impregnation) in the presence of SCF. These data are vital in process design, and all results will be published in the hope of contributing to the development of the field SCF applications in various scientific and industrial fields. The use of unique characteristics of SCF (transportation characteristics, melting force, etc.) could increase the industrial competitiveness of Slovenia and at the same time create environmental and economic benefits for Slovenia and also for the EU. The technologies developed with the help of SFC have globally proven as one of the most important sustainable technologies with almost zero impact to the environment. Various operating fields that were joined in the project and collaboration of partners from the fields of science and economy enabled/and will enable:

- development of new high added value products with the help SCF, which are impossible to produce with conventional processes,
- development of new technologies in the field of SCF for sustainable economic development of Slovenia,
- production of products in forms and with specific tailor made properties,
- tests in the pilot scale, transfer of technologies into the industry, etc.

The research results contributed/ and will contribute to fundamental knowledge in the following fields:

- binary and ternary phase equilibria in imperfect systems with SCF,
- mass transfer in systems with supercritical fluids,
- high pressure micronization processes – PGSS.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Cilj projekta je bil oblikovati in optimizirati izdelke, ki se lahko uporabljajo v različne namene in imajo pomembne gospodarske in družbene prednosti. Na področju premazov sedaj lahko z večjim nadzorom velikosti delcev in razporeditve velikosti delcev pridobivamo kvalitetnejše premaze. Čeprav je v stroške pridobivanja vključena določena oprema, pa nekaterih korakov procesiranja, kot sta odstranitev topila in sušenje produkta, ne bo več potrebno izvajati, zato se ne pričakuje večjega povišanja cene izdelka. Eden od zelenih rezultatov je bil boljša kvaliteta za podobno ceno. Rezultati projekta so delno pripomogli k načrtovanju obrata za pridobivanje novih polimernih produktov z visoko dodano vrednostjo, ki bi povečal konkurenčnost domačega gospodarskega partnerja in sofinancerja Helios d.d.

Na področju medicinske uporabe kaže moderna medicina več zanimanja za pacientovo udobje in ugodje. Zato se izvajajo obširne raziskave za izboljšanje nosilcev zdravil in podpornikov za razvoj tkiva. SCF nudijo možnost optimiziranja teh naprav, kar vodi k boljšemu odzivu organizma na vsadke, k nižji tveganosti zavrnitve ali vnetja ali z drugimi besedami, k hitrejšemu celjenju brez neželenih stranskih učinkov. Razvijanje novih, čistejših postopkov za proizvodnjo specialnih kemičnih izdelkov je eden od osnovnih izzivov kemikov in kemijskih inženirjev ne le v Sloveniji, ampak po celem svetu, kajti brez teh čistejših postopkov naše življenje in razvoj ne bosta trajnostna (sustainable). Pomembno je da EU, in znotraj nje tudi Slovenija, igra vodenjo vlogo v takšnem razvoju, če hočemo da bo imela kemijska industrija koristi od teh rezultatov. Raziskave v okviru projekta so ponudile nove tehnologije z majhnim vplivom na okolje, ter domača znanja za produkte z visoko dodano vrednostjo, ki se tržijo doma v Sloveniji in drugod po svetu. Izkoriščanje edinstvenih lastnosti SCF (transportne lastnosti, topnostna moč itd.) lahko poveča industrijsko konkurenčnost Slovenije in hkrati prinese okoljske in ekonomske koristi Sloveniji in širše tudi Evropski uniji. Z novimi visokokvalitetnimi in konkurenčnimi proizvodi ter tehnologijami se lahko povečal proizvodni program in obseg proizvodnje, s tem pa bo ustvarjena tudi možnost za odpiranje novih delovnih mest.

ANG

The project aims were to design and optimize of products which can find a large number of applications, with significant economical and social advantages. In the field of coatings, now higher qualities of films may be obtained due to a better control of particle size and particle size distribution. Although the production costs involve specific equipment, some of the processing steps, such as solvent removal and product drying, will not be any longer necessary, therefore no significant increase in product price is expected. Thus better quality at similar price is one of the desired results. The project results partially contributed to planning a plant for producing new high added value products to increase the competitiveness of the local business partner and cofinancer Helios d.d.

In the field of medical applications, modern medicine proves more concern for the patient's comfort and compliance. Therefore extensive research is employed for improving effectiveness of drug carriers and of tissue engineering scaffolds. SCF may offer the possibility of optimizing such devices, leading to a better response of the organism to implants, a smaller risk of immune rejection or inflammation, in other words to faster healing without undesirable side effects. Development of new, cleaner procedures for production of special chemical products is one of the basic challenges of chemists and chemical engineers not only in Slovenia but globally, for without cleaner procedures our lives and development would not be sustainable. It is of great importance that EU and Slovenia play a leading role in such development if we want the chemical industry to benefit from those results.

The research within this project offered new technologies with small impact to the environment and local knowledge for high added value products, marketed in Slovenia and worldwide. The use of unique characteristics of SCF (transportation characteristics, melting force, etc.) that could increase the industrial competitiveness of Slovenia and at the same time create environmental and economic benefits for Slovenia and also for the EU. With new high quality and competitive products and technologies we will increase the production program and extent, and create a possibility also to open new job positions.

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

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

Cilj	
F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin

	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen ▼
	Uporaba rezultatov	V celoti ▼
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen ▼
	Uporaba rezultatov	V celoti ▼
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen ▼
	Uporaba rezultatov	V celoti ▼
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen ▼
	Uporaba rezultatov	Delno ▼
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih ▼
	Uporaba rezultatov	Delno ▼
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	▼
	Uporaba rezultatov	▼
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen ▼
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih ▼
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	▼
	Uporaba rezultatov	▼
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen ▼
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih ▼
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen ▼

	Uporaba rezultatov	Delno
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Delno
F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.19	Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Ni uporabljen

F.20	Ustanovitev novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.21	Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.22	Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.25	Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.26	Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.28	Priprava/organizacija razstave	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.29	Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete	

	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.31	Razvoj standardov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.33	Patent v Sloveniji	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Delno
F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Delno
F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	

Komentar

--

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

Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visokošolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	☐	☐	☐	☒	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	☐	☐	☐	☒	
G.01.03.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
G.02	Gospodarski razvoj					

G.02.01.	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu					
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov					
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje					
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije					
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti					
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost					
G.02.07.	Večji delež izvoza					
G.02.08.	Povečanje dobička					
G.02.09.	Nova delovna mesta					
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih					
G.02.11.	Nov investicijski zagon					
G.02.12.	Drugo:					
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti					
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti					
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij					
G.03.04.	Drugo:					
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01.	Dvig kvalitete življenja					
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja					
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave					
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti					
G.04.05.	Razvoj civilne družbe					
G.04.06.	Drugo:					
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete					
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj					
G.07	Razvoj družbene infrastrukture					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura					
G.07.02.	Prometna infrastruktura					
G.07.03.	Energetska infrastruktura					
G.07.04.	Drugo:					
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva					
G.09.	Drugo:					

Komentar

--

12. Pomen raziskovanja za sofinancerje¹¹

	Sofinancer		
1.	Naziv	Helios Domžale d.d.	
	Naslov	Količevo 2, 1230 Domžale	
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	89.956	EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:	25	%
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		Šifra
	1.	Nova zaposlitev doktoranda v gospodarstvu	F.03
	2.	Razvoj novega tipa polimera	F.06
	3.	Fazna ravnotežja in difuzivnost zgoščenih plinov v različnih polietilenih	F.02
	4.	Razvoj nove tehnologije za pridobivanje polimerov v prasni obliki	F.09
	5.		
	Komentar		
	Ocena	Vsi ključni cilji so bili doseženi	

13. Izjemni dosežek v letu 2014¹²**13.1. Izjemni znanstveni dosežek**

MARKOČIČ, Elena, KNEZ, Željko. Mathematical modelling of phase equilibria for supercritical CO₂ and polyethylene glycol of various molecular weights. The Journal of supercritical fluids, ISSN 0896-8446. [Print ed.], Nov. 2014, vol. 95, str. 635-640. [COBISS.SI-ID 18495766]

13.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

MARKOČIČ, Elena, ŠKERGET Mojca, NOVAK Zoran, KNEZ, Željko, VENTURINI, Peter, ZNOJ, Bogdan, BONČINA, Tonica, FERK, Polonca, DARIŠ, Barbara, BOTIČ, Tanja, RIBARIČ LASNIK, Cvetka, ŽEROVNIK, Nataša, Delavnica „Procesiranje polimerov z uporabo trajnostnih tehnologij“, FKKT UM Maribor, 27.01.2014

C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

- so vsi podatki, ki jih navajamo v poročilu, resnični in točni
- se strinjamo z obdelavo podatkov v skladu z zakonodajo o varstvu osebnih podatkov za potrebe ocenjevanja ter obdelavo teh podatkov za evidence ARRS
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v pisni obliki
- so z vsebino zaključnega poročila seznanjeni in se strinjajo vsi soizvajalci projekta

Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba
raziskovalne organizacije:*

in

vodja raziskovalnega projekta:

Univerza v Mariboru, Fakulteta za
kemijo in kemijsko tehnologijo

Željko Knez

ŽIG

Kraj in datum:

Maribor	12.3.2015
---------	-----------

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2015/104

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

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

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

⁴ V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega projekta, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega projekta oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine v zadnjem letu izvajanja projekta, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

C3-64-41-7C-2A-3B-11-7B-08-67-04-39-40-ED-5C-3B-47-AD-33-56

Priloga 1

Področje: 2.02 – Kemijsko inženirstvo

Dosežek: Mathematical modelling of phase equilibria for supercritical CO₂ and polyethylene glycol of various molecular weights

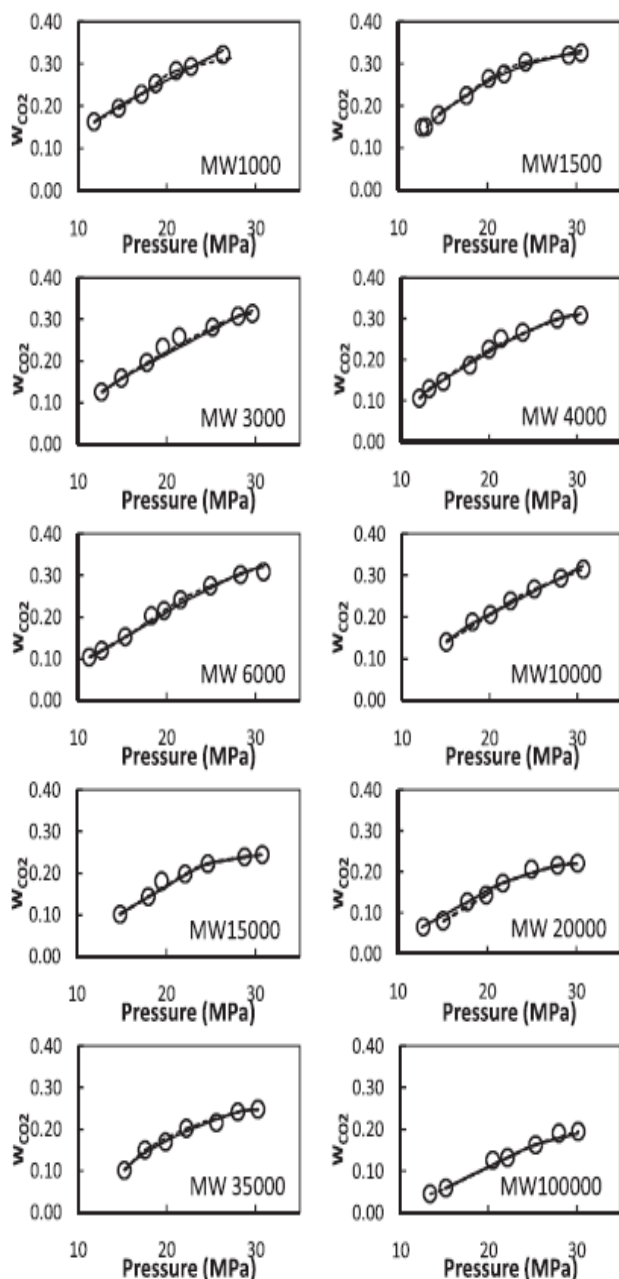


Fig. 1. Solubility of CO₂ (weight fraction) in polyethylene glycol of various molecular weights (MW); temperature: 343 K; comparison between experimental data and modelling results. (○) experimental solubility values [19]; (---) SL EOS modelling results; (—) SAFT modelling results.

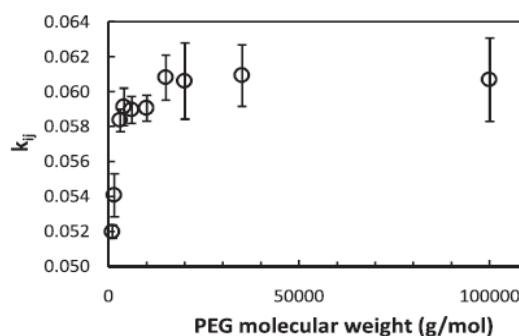


Fig. 2. Sanchez-Lacombe EOS binary interaction parameter, k_{ij} , for the polyethylene glycol-CO₂ system. Temperature 343 K. Pressure range from 10 to 30 MPa.

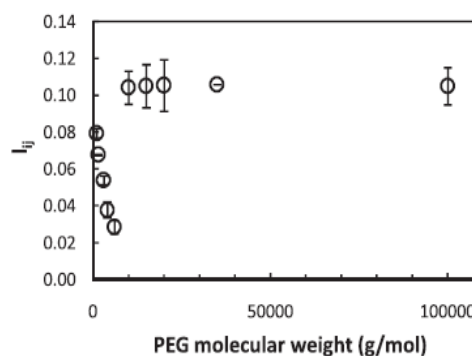


Fig. 4. SAFT binary interaction parameter, l_{ij} , for the polyethylene glycol-CO₂ system. Temperature 343 K. Pressure range from 10 to 30 MPa.

Vir: MARKOČIČ, Elena, KNEZ, Željko. Mathematical modelling of phase equilibria for supercritical CO₂ and polyethylene glycol of various molecular weights. *The Journal of supercritical fluids*, ISSN 0896-8446. [Print ed.], Nov. 2014, vol. 95, str. 635-640. [COBISS.SI-ID [18495766](#)]

Priloga 2

Področje: **2.02 – Kemijsko inženirstvo**

Dosežek: **Delavnica „Procesiranje polimerov z uporabo trajnostnih tehnologij“**



L2—4124

Procesiranje polimerov z uporabo trajnostnih tehnologij

WORKSHOP

27.01.2014, 09:00, FKKT, A-105

WORKSHOP PROGRAM

09:15 – 09:30	Opening remarks
09:30 – 11:00	Session 1
09:30 – 10:00	<i>Biomaterials and supercritical fluids: sustainable processing technologies,</i> <u>Elena Markočič</u> , Mojca Škerget, Zoran Novak, Željko Knez
10:00 – 10:30	<i>Tehnološki in razvojni izzivi v industriji premazov,</i> Peter Venturini, Bogdan Znoj
10:30 – 11:00	<i>Application of focused ion beam (FIB) in metallography,</i> <u>Tonica Bončina</u>
11:00 – 11:30	Coffee break
11:30 – 13:00	Session 2
11:30 – 12:00	<i>Primary human osteoblast cultures for in vitro biocompatibility testing of polymers potentially useful in orthopedics,</i> <u>Polonca Ferk</u> , Barbara Dariš
12:00 – 12:30	<i>Bacteria versus cells; the race for surface on polymeric implant,</i> <u>Tanja Botič</u> , Željko Knez
12:30 – 13:00	<i>Analiza življenjskega cikla produkta in tehnologije z vidika varovanja okolja in ekonomskega procesa,</i> <u>Cvetka Ribarič Lasnik</u> , Nataša Žerovnik
13:00 – 13:30	Discussion and closing remarks

Vir: MARKOČIČ, Elena, ŠKERGET Mojca, NOVAK Zoran, KNEZ, Željko, VENTURINI, Peter, ZNOJ, Bogdan, BONČINA, Tonica, FERK, Polonca, DARIŠ, Barbara, BOTIČ, Tanja, RIBARIČ LASNIK, Cvetka, ŽEROVNIK, Nataša, Delavnica „Procesiranje polimerov z uporabo trajnostnih tehnologij“, FKKT UM Maribor, 27.01.2014