



Univerza v Mariboru

Fakulteta za strojništvo

POROČILO
O RAZISKOVALNI DEJAVNOSTI
za leto 2014

MARIBOR 2015

POROČILO O RAZISKOVALNI DEJAVNOSTI 2014

- Izdala:** UM – FAKULTETA ZA STROJNIŠTVO
- Uredili:** red. prof. dr. Jože BALIČ
Janko ZIERER, univ. dipl. ekon., inž. str.
Danijel Zimšek, dipl.inž.
- Pregledal:** red. prof. dr. Niko SAMEC
- Tisk:** TISKARNA TEHNIŠKIH FAKULTET
- Naklada:** 40 tiskanih izvodov
40 CD
Dostopno na: <http://www.fs.uni-mb.si/>
- ISSN:** 1408 - 5445

VSEBINA

1. UVOD.....	5
2. ORGANIZACIJSKA STRUKTURA FAKULTETE ZA STROJNIŠTVO.....	7
3. DOKTORATI, MAGISTERIJI IN SPECIALIZACIJE V LETU 2014.....	11
4. LETNA POROČILA O REZULTATIH RAZISKOVALNIH PROGRAMOV V LETU 2014	19
5. ZAKLJUČNA POROČILA O REZULTATIH RAZISKOVALNIH PROGRAMOV V LETIH 2009 – 2014.....	89
6. LETNA POROČILA O REZULTATIH RAZISKOVALNIH PROJEKTOV V LETU 2014...	153
7. ZAKLJUČNA POROČILA O REZULTATIH RAZISKOVALNIH PROJEKTOV V LETU 2014	193
8. ZAKLJUČNO POROČILO INFRASTRUKTURNEGA PROGRAMA V LETIH 2009-2014	321
9. MEDNARODNI PROJEKTI V LETU 2014	333

UVOD

V poročilu o raziskovalni dejavnosti sodelavcev Fakultete za strojništvo, Univerze v Mariboru v letu 2014 smo na pregleden način združili podatke o uspešnem znanstveno – raziskovalnem delu na nacionalnem in mednarodnem področju.

V okviru financiranja Javne Agencije za raziskovalno dejavnost RSlovenije smo izvajali raziskovalno delo v okviru :

- Devetih raziskovalnih programih
- Enem infrastrukturnem programu
- Petih temeljnih raziskovalnih projektih
- Petnajstih aplikativnih raziskovalnih projektih

Za našo Fakulteto velja, da se kvalitetno delo izraža v obliki uspešnega podiplomskega študija. V letu 2014 je bilo uspešno izvedeno 19 doktoratov znanosti.

V program usposabljanja mladi raziskovalcev je bilo vključenih 20 raziskovalcev.

Raziskovalno delo v letu 2014 na področju mednarodnih raziskav :

- Štirje projekti 7. Okvirnem programu EU
- Pet projektov ERA – NET
- En TEMPUS projekt
- En Erasmus Mundus Euphrates projekt
- En Erasmus + projekt
- Trije COST projekti
- Pet CEEPUS mrež
- Šest projektov na področju bilateralnega sodelovanja.

PRODEKAN ZA RAZISKOVALNO DEJAVNOST :

Red.prof.dr. Jože BALIČ



DEKAN :

Red.prof.dr. Niko SAMEC



ORGANIZACIJSKA STRUKTURA FAKULTETE ZA STROJNIŠTVO

FAKULTETA ZA STROJNIŠTVO

Dekan:
red. prof. dr. Niko SAMEC

Prodekan za izobraževalno dejavnost: red. prof. dr. Franc ZUPANIČ

Prodekan za raziskovalno dejavnost: red. prof. dr. Jože BALIČ

Prodekan za sodelovanje z gospodarstvom: red. prof. dr. Zoran REN

INŠTITUT ZA PROIZVODNO STROJNIŠTVO

KATEDRA ZA PROIZVODNO STROJNIŠTVO

INŠTITUT ZA ENERGETSKO, PROCESNO IN
OKOLJSKO INŽENIRSTVO

KATEDRA ZA ENERGETSKO, PROCESNO IN
OKOLJSKO INŽENIRSTVO

INŠTITUT ZA MEHANIKO

KATEDRA ZA MEHANIKO

KATEDRA ZA TEMELJNE IN SPLOŠNE
PREDMETE

INŠTITUT ZA KONSTRUKTERSTVO IN
OBLIKOVANJE

KATEDRA ZA KONSTRUIRANJE IN OBLIKOVANJE

INŠTITUT ZA TEHNOLOGIJO MATERIALOV

KATEDRA ZA MATERIALE IN PREOBLIKOVANJE

RAZISKOVALNI INŠTITUT ZA STROJNIŠTVO

CENTER ZA SENZORSKO TEHNIKO

INŠTITUT ZA INŽENIRSKE MATERIALE IN OBLIKOVANJE

KATEDRA ZA TEKSTILNE MATERIALE IN OBLIKOVANJE

**DOKTORATI, MAGISTERIJI IN SPECIALIZACIJE V
LETU 2014**

DOKTORATI NA ŠTUDIJSKEM PROGRAMU 3. STOPNJE STROJNIŠTVO

DROBNE MATEJ

Analiza utrujanja delovnih valjev pri vročem valjanju pločevine

Mentor: red. prof. dr. GLODEŽ SREČKO

Somentor: red. prof. dr. GUBELJAK NENAD

KRAJNC MITJA

Odločitveni model najustreznejših parametrov izdelave lesnih sekancev

Mentor: izr. prof. dr. DOLŠAK BOJAN

Somentor: red. prof. dr. HRIBERNIK ALEŠ

FLEISINGER MATJAŽ

Močno vezane računalniške simulacije s tokom gnane Darrieusove turbine

Mentor: izr. prof. dr. VESENJAK MATEJ

Somentor: red. prof. dr. HRIBERŠEK MATJAŽ

HARIH GREGOR

Razvoj virtualnega modela človeške roke za ergonomsko oblikovanje izdelkov

Mentor: izr. prof. dr. DOLŠAK BOJAN

Somentor: prof. dr. ČRETNIK ANDREJ; red. prof. dr.

FLAŠKER JOŽE

SAGADIN GREGOR

Večfazni numerični model razpršilnega sušenja suspenzije zeolit-voda

Mentor: red. prof. dr. HRIBERŠEK MATJAŽ

KOCUTAR PRIMOŽ

Simulacija turbulentnega toka s hibridnim LES/URANS turbulentnim modelom z uporabo metode robnih elementov

Mentor: red. prof. dr. ŠKERGET LEOPOL

Somentor: izr. prof. dr. RAVNIK JURE

KOPUN ROK

Numerično modeliranje procesa gašenja s potapljanjem z uporabo Eulerjevega večfaznega pristopa

Mentor(ica):

Somentor: red. prof. dr. HRIBERŠEK MATJAŽ

LEŠNIK LUKA

Vpliv biogoriv na proces zgorevanja v dizelskem motorju

Mentorica: red. prof. dr. KEGL BREDA

Somentor: red. prof. dr. HRIBERNIK ALEŠ

DEŽELAK MIHAEL

Torzijsko elastično izravnavanje pri preoblikovanju pločevin z visoko trdnostjo

Mentor: izr. prof. dr. PAHOLE IVAN

Somentor: doc. dr. FICKO MIRKO

TAŠNER TADEJ

Napredni koncepti vodenja in nadzora energijsko učinkovitih hidravličnih sistemov

Mentor: izr. prof. dr. LOVREC DARKO

Somentor: red. prof. dr. BALIČ JOŽE

ARTIČEK UROŠ

Razvoj mikrostrukture pri izdelavi gradientnega materiala H13-Cu s tehnologijo LENS

Mentor: red. prof. dr. ANŽEL IVAN

Somentor: doc. dr. GUSEL LEO

FERČEC JANKO

Vpliv napetostnega stanja na mikrostrukturo ortodontske spominske zlitine NiTi

Mentor(ica): TESTNI IZVAJALEC

Somentor: red. prof. dr. ANŽEL IVAN

GSELMAN PETER

Defekti PVD-prevlek in njihov vpliv na fizikalno-kemijske lastnosti sistema prevleka/podlaga

Mentor: red. prof. dr. ZUPANIČ FRANC

KOS MATIJA

Vpliv ekstremne plastične deformacije na mikrostrukturo in lastnosti kovinskih materialov

Mentor: *red. prof. dr. ANŽEL IVAN*

Somentor: *doc. dr. BRUNČKO MIHAEL*

RISTIĆ TIJANA

Protimikrobne medicinske tekstilije na osnovi hitozanskih nanodelcev za ginekološko zdravljenje

Mentorica: *izr. prof. dr. FRAS ZEMLJIČ LIDIJA* Somentor: *red. prof. dr. BUT IGOR; red. prof. dr. SRČIČ STANE*

DOKTORATI NA ŠTUDIJSKEM PROGRAMU STROJNIŠTVO

GJELAJ AFRIM

Samodejno in inteligentno programiranje CNC strojev

Mentor: *red. prof. dr. BALIČ JOŽE*

Somentor: *doc. dr. FICKO MIRKO*

DOKTORATI NA ŠTUDIJSKEM PROGRAMU 3. STOPNJE TEHNIŠKO VARSTVO OKOLJA

RAJH BOŠTJAN

Model zgorevanja trdnih odpadkov na rešetki

Mentor: *red. prof. dr. SAMEC NIKO*

Somentor: *red. prof. dr. HRIBERŠEK MATJAŽ*

VILTUŽNIK BRANKA

Adsorpcija Pb²⁺ in Hg²⁺ ionov z uporabo površinsko modificiranih supermagnetnih nanodelcev železovega oksida

Mentorica: *red. prof. dr. LOBNIK ALEKSANDRA*

Somentor: *prof. dr. ROŠ MILENKO*

DOKTORATI NA ŠTUDIJSKEM PROGRAMU TEKSTILNA TEHNOLOGIJA

GORGIEVA SELESTINA

Vpliv izdelave želatinskih nosilcev kot prevlek polipropilenske mreže na biokompatibilnost vsadka

Mentorica: *izr. prof. dr. KOKOL VANJA*

Somentor: *izr. prof. dr. ŠTRANCAR JANEZ*

MAGISTRI ZNANOSTI NA ŠTUDIJSKEM PROGRAMU TEHNIŠKO VARSTVO OKOLJA

KOLARIČ ZDENKO

Vpliv katalitične oksidacije SO₂ na moker kalcitni postopek

Mentorica: *red. prof. dr. LOBNIK ALEKSANDRA*

Somentor: *red. prof. dr. SAMEC NIKO*

SPECIALISTI NA ŠTUDIJSKEM PROGRAMU STROJNIŠTVO

MLAKAR PETER

Rekristalizacija zlitine Al 7075

Mentor: *red. prof. dr. ANŽEL IVAN*

Somentor: *doc. dr. GUSEL LEO*

MAGISTRI NA ŠTUDIJSKEM PROGRAMU 2. STOPNJE STROJNIŠTVO

JELEN JANEZ

Primerjava SPTE sistemov za termično izrabo biomase v hotelskem kompleksu

Mentor: red. prof. dr. HRIBERNIK ALEŠ

KRIŽNIK MITJA

Analiza in optimizacija zajema CO2 v termoelektrarni na premogov prah

Mentor: red. prof. dr. HRIBERNIK ALEŠ

KUŠER MATEJ

Hlajenje stanovanjske hiše z absorpcijsko hladilno napravo

Mentor: red. prof. dr. MARČIČ MILAN

Somentor: red. prof. dr. AVSEC JURIJ

MARKL LEON

Projekt strojnih instalacij za Galerijo

Mentor: doc. dr. RAMŠAK MATJAŽ

Somentor: izr. prof. dr. MARN JURE

OREŠNIK BLAŽ

Numerična analiza mešanja sipkega materiala

Mentor: red. prof. dr. HRIBERŠEK MATJAŽ

Somentor: dr. ZADRAVEC MATEJ

BARTON LEA

Zasnova in dimenzioniranje industrijskih drsnih vrat

Mentor: red. prof. dr. GLODEŽ SREČKO

Somentor: doc. dr. KRAMBERGER JANEZ

BELOVIČ DAVID

Koncept modularne testne celice namenjene večkratnemu transportu

Mentor: doc. dr. BELŠAK ALEŠ

HRŽIČ MATJAŽ

Konstruiranje vodenja avtomatskih drsnih vrat na polimernem vodilu

Mentor: doc. dr. KRAMBERGER JANEZ

Somentor: red. prof. dr. GLODEŽ SREČKO

KASTELIC TOMAŽ

Analiza konstrukcije sedeža Sitty z uporabo računalniških simulacij in eksperimentov

Mentor: izr. prof. dr. VESENJAK MATEJ

Somentor: red. prof. dr. GLODEŽ SREČKO

NAVOTNIK PETER

Razvoj stroja za kontinuirano litje aluminijastega traku

Mentor: red. prof. dr. REN ZORAN

Somentor: dr. BOROVIŠEK MATEJ

PAVLIČ LIO

Numerična simulacija dvizne mize s trakom

Mentor: doc. dr. KRAMBERGER JANEZ

Somentor: izr. prof. dr. LERHER TONE

PLIBERŠEK MARTA

Vpliv dveh metod za sproščanje zaostalih napetosti na varjencu za transport tekoče žilindre

Mentor: doc. dr. VUHERER TOMAŽ

Somentor: izr. prof. dr. GOTLIH KARL

SRT NIKO

Zasnova in konstruiranje komore za merjenje hrupa

Mentor: doc. dr. BELŠAK ALEŠ

STOPEINIG IZTOK

Primerjava modelov termomehanskega obremenjevanja

Mentor: red. prof. dr. GLODEŽ SREČKO

ŠARMAN VID

Zasnova varilne tehnologije dvizne roke bagerja iz mikrolegiranega jekla

Mentor: doc. dr. VUHERER TOMAŽ

Somentor: doc. dr. KRAMBERGER JANEZ

ŠINKOVEC ŽAN

Konstruiranje premnikov električnega avtomobila

Mentor: red. prof. dr. GLODEŽ SREČKO

ŠOSTER IZTOK

Modeliranje in dinamična analiza več-masnih sistemov s programom Maple

Mentor: izr. prof. dr. GOTLIH KARL

ŠTEFANE PRIMOŽ

Lomno obnašanje konstrukcijskega jekla v temperaturno prehodnem območju

Mentor: red. prof. dr. GUBELJAK NENAD

Somentor: izr. prof. dr. PREDAN JOŽEF

ŠTROVS NEJC

Analiza in optimiranje zapenjalnega mehanizma zaščitnega stikala

Mentor: izr. prof. dr. VESENJAK MATEJ

Somentor: red. prof. dr. GLODEŽ SREČKO

VEHABOVIČ EDIS

Integracija hidravličnih dovodnih kanalov v ohišje univerzalnega prijemala

Mentor: izr. prof. dr. DOLŠAK BOJAN

Somentor: red. prof. dr. GLODEŽ SREČKO

ZAJC MATEJ

Razvoj preizkusne naprave za kontaktne probleme

- Mentor: red. prof. dr. GLODEŽ SREČKO
- CAPL ŽIGA**
Simulacija in analiza globokega vleka zadnje stene potniške kabine tovornega vozila
 Mentor: doc. dr. FICKO MIRKO
- FERK BOŠTJAN**
Merjenje indeksa pretoka taline materialov za lasersko sintranje
 Mentor: izr. prof. dr. DRSTVENŠEK IGOR Somentor: dr. BRAJLIH TOMAŽ
- GERČAR PRIMOŽ**
Večkriterijsko optimiranje strege pri montaži z evolucijskim pristopom
 Mentor: red. prof. dr. BREZOČNIK MIRAN
- GLINŠEK MATIJA**
Analiza inovativnosti slovenskih proizvodnih podjetij
 Mentor: izr. prof. dr. PALČIČ IZTOK
- GORINŠEK NEJC**
Projekt vpenjalnih priprav za varjenje karoserijskih delov v naročniški proizvodnji podjetja Oprema Ravne
 Mentor: izr. prof. dr. PALČIČ IZTOK Somentor: doc. dr. FICKO MIRKO
- JURGEČ PETER**
Projektiranje in optimizacija montažne linije
 Mentor: izr. prof. dr. PALČIČ IZTOK Somentor: red. prof. dr. BUCHMEISTER BORUT
- KUHARIČ JERNEJ**
Uporaba merilnih sistemov pri razvoju izdelkov v orodjarni podjetja Carrera Optyl
 Mentor: red. prof. dr. AČKO BOJAN
- LAZAR NEJC**
Sodobni kroglični rezkarji za izdelavo preoblikovalnih orodij
 Mentor: red. prof. dr. ČUŠ FRANCI Somentor: dr. MILFELNER MATJAŽ
- PETROVIČ ALEŠ**
Proces razvoja izdelka od izdelave prototipa do končnega serijskega izdelka v podjetju UNIOR d.d.
 Mentor: izr. prof. dr. PALČIČ IZTOK Somentor: doc. dr. LEBER MARJAN
- PLAZOVNIK BOGDAN**
Upravljanje kapacitet v podjetju Metal Ravne
 Mentor: izr. prof. dr. PALČIČ IZTOK
- ZADRAVEC SEBASTJAN**
Razvoj vpenjalne priprave za varjenje stranic zaboja traktorske prikolice
 Mentor: red. prof. dr. ČUŠ FRANCI Somentor: doc. dr. VUHERER TOMAŽ
- ZDOVC GAŠPER**
Zasnova montažne linije mikrokogeneracijskih enot v podjetju Indop
 Mentor: red. prof. dr. BUCHMEISTER BORUT Somentor: izr. prof. dr. PALČIČ IZTOK
- KEŠPRET SANDI**
Izdelava kinematičnega modela in poprocesorja dvoosne stružnice v okolju Siemens NX
 Mentor: doc. dr. FICKO MIRKO
- KIRBIŠ PETER**
Razvoj nanostrukturnega bainitnega jekla
 Mentor: red. prof. dr. ANŽEL IVAN Somentor: doc. dr. BRUNČKO MIHAEL

MAGISTRI NA ŠTUDIJSKEM PROGRAMU 2. STOPNJE MEHATRONIKA

- FILIPIČ MITJA**
Posredno programiranje robota ACMA XR701
 Mentor: izr. prof. dr. GOTLIH KARL Somentor: dr. BREZOVNIK SIMON
 doc. dr. RODIČ MIRAN
- FIŠER PRIMOŽ**
Integrirani pretvornik za napajanje pogona in baterij električnega vozila v režimu napajanja pogona
 Mentor: izr. prof. dr. GOTLIH KARL Somentor: red. prof. dr. MILANOVIČ MIRO
 doc. dr. RODIČ MIRAN
- KAPUN ALEŠ**
Virtualna proizvodna celica z robotom ACMA XR701
 Mentor: izr. prof. dr. GOTLIH KARL Somentor: dr. BREZOVNIK SIMON
 doc. dr. RODIČ MIRAN
- KELEMINA IVAN**
Integrirani pretvornik za napajanje pogona in baterij električnega vozila v režimu polnjenja baterij
 Mentor: izr. prof. dr. GOTLIH KARL
 red. prof. dr. MILANOVIČ MIRO

MAGISTRI NA ŠTUDIJSKEM PROGRAMU 2. STOPNJE OBLIKOVANJE IN TEKSTILNI MATERIALI

KRIŽANEC ANDREJA

Priprava in analiza filmov iz mešanic hitozana in keratina iz piščančjega perja

Mentorica: red. prof. dr. STRNAD SIMONA Somentorica: izr. prof. dr. FRAS ZEMLJIČ LIDIJA

LUKETIČ LILJANA

Aktivacija tekstilnih površin z uporabo plazma tehnologije za doseganje funkcionalnih lastnosti materialov

Mentorica: izr. prof. dr. FAKIN DARINKA Somentorica:red. prof. dr. STANA KLEINSCHEK KARIN

MUNDA MARKO

Določitev protimikrobnega učinka medicinskih tekstilij

Mentorica: izr. prof. dr. FRAS ZEMLJIČ LIDIJA Somentorica: red. prof. dr. STRNAD SIMONA

URISK ZALA

Priprava in analiza filmov iz mešanice glukomanana in keratina iz piščančjega perja

Mentorica: red. prof. dr. STRNAD SIMONA Somentorica: red. prof. dr. KREŽE TATJANA

VODIŠEK NIVES

Vpliv fizikalno-kemijskih parametrov vlaken na rezultate protimikrobnih testiranj

Mentorica: izr. prof. dr. FRAS ZEMLJIČ LIDIJA Somentorica: red. prof. dr. STRNAD SIMONA

KOREN INGRID

Uporaba papirne celuloze v interieru

Mentorica: doc. dr. POGAČAR KAJA Somentorica: red. prof. dr. KREŽE TATJANA

MAJER NATAŠA

Zasnova knjige iz tekstilije

Mentor: izr. prof. POGAČAR VOJMIR

MAGISTRI NA ŠTUDIJSKEM PROGRAMU 2. STOPNJE GOSPODARSKO INŽENIRSTVO SMER STROJNIŠTVO

BUDLER MARKO

Izzivi in inovativni postopki pri reciklaži redkozemeljskih magnetov SmCo

Mentor(ica): red. prof. dr. ANŽEL IVAN
izr. prof. dr. ŽENKO ZDENKA

FLEGAR BISERKA

Optimizacija procesa priprave terminskih planov v podjetju Paloma d.d. Sladki Vrh

Mentor: izr. prof. dr. PALČIČ IZTOK
red. prof. dr. MUMEL DAMIJAN

GOLEŽ FRANCI

Vpliv znanstvenega in tehnološkega razvoja na uspešnost organizacij

Mentor: doc. dr. LEBER MARJAN
red. prof. dr. POTOČAN VOJKO

GORIŠEK KREŠIMIR

Tržna analiza in razvoj aluminijastih ohišij LED svetil

Mentor: izr. prof. dr. DOLŠAK BOJAN
doc. dr. IRŠIČ MATJAŽ

HORJAK BOŠTJAN

Predlog strategij invalidskega podjetja

Mentor(ica): doc. dr. LEBER MARJAN
izr. prof. dr. DUH MOJCA

HRAŠAR BOŠTJAN

Optimizacija sistema skladiščenja in oskrbe z materiali za vzdrževanje v Gorenju d.d.

Mentor: izr. prof. dr. PALČIČ IZTOK
doc. dr. VREČKO IGOR

JURKOŠEK SEBASTIJAN

Oblikovanje celovite storitve in zagon podjetja za osebno trenerstvo

Mentor: doc. dr. LEBER MARJAN
red. prof. dr. URŠIČ DUŠKO

KOPŠE NIKA

Napredno načrtovanje materialnih potreb v proizvodnem podjetju

Mentor(ica): red. prof. dr. BUCHMEISTER BORUT
red. prof. dr. BASTIČ MAJDA

KREL ALEŠ

Vključevanje dobaviteljev v procese razvoja izdelkov

Mentor(ica): *doc. dr. LEBER MARJAN*
doc. dr. PISNIK ALEKSANDRA

PODGORŠEK VID

Ugotavljanje vpliva zlitinskih elementov na lastnosti vermikularne litine z ekonomsko analizo nastalih stroškov

Mentor(ica): *red. prof. dr. ZUPANIČ FRANC*
red. prof. dr. TOMINC POLONA

MAGISTRI NA ŠTUDIJSKEM PROGRAMU 2. STOPNJE TEHNIŠKO VARSTVO OKOLJA

GOSAK NINA

Analiza onesnaženja zraka z delci v Sloveniji

Mentorica: *prof. dr. KAJFEŽ BOGATAJ LUČKA*

KRAČUN ANA

Analiza filtrskega prahu iz podjetja Talum Livarna d.o.o.

Mentor: *red. prof. dr. ANŽEL IVAN* Somentorica: *izr. prof. dr. FRAS ZEMLJIČ LIDIJA*

MAGISTRI NA ŠTUDIJSKEM PROGRAMU 2. STOPNJA INŽENIRSKO OBLIKOVANJE IZDELKOV

MIHELJAK MIHAEL

Oblikovanje drsalne površine na kosilnem grebenu traktorske kosilnice

Mentor: *izr. prof. dr. ULBIN MIRAN* Somentor: *dr. BOROVIŠEK MATEJ*

ROŽMARIN DAVID

Inženirsko oblikovanje igral in njihova umestitev

Mentor: *izr. prof. POGAČAR VOJMIR*

ŠKAFAR BENJAMIN

3D digitalizacija eksponatov kulturne dediščine in potencialna uporaba pridobljenih podatkov

Mentor: *izr. prof. POGAČAR VOJMIR*

URBANČIČ VALENTINA

Oblikovanje naprave za gojenje vrtnin v stanovanju

Mentor: *izr. prof. POGAČAR VOJMIR*

WERDONIG MARTIN

Inženirsko oblikovanje raztegljivega povodca z zavoro za psa

Mentor: *izr. prof. dr. ULBIN MIRAN*

**LETNA POROČILA O REZULTATIH RAZISKOVALNIH
PROGRAMOV V LETU 2014**

LETNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA ZA LETO 2014

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

Šifra programa	P2-0190	
Naslov programa	Napredni koncepti menedžmenta proizvodnje in dimenzionalnega meroslovja Advanced concepts of production management and dimensional metrology	
Vodja programa	6673 Bojan Ačko	
Obseg raziskovalnih ur (vključno s povečanjem financiranja)	v letu 2014:2628	
Cenovni razred	B	
Trajanje programa	01.2013 - 12.2017	
Izvajalci raziskovalnega programa (javne raziskovalne organizacije - JRO in/ali RO s koncesijo)	795	Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
	585	Univerza v Mariboru, Ekonomsko-poslovna fakulteta
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2	TEHNIKA
	2.10	Proizvodne tehnologije in sistemi
Družbeno-ekonomski cilj	06.	Industrijska proizvodnja in tehnologija
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	2	Tehniške in tehnološke vede
	2.03	Mehanika

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

2. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem programu, vključno s predloženim dopolnjenim programom dela v primeru povečanja financiranja raziskovalnega programa v letu 2014¹

SLO

Proizvodni menedžment

V okviru področja uvajanja vitke proizvodnje smo raziskovali možnosti izboljšanja učinkovitosti proizvodnih procesov z razvojem razširjenega modela toka vrednosti.

Analizirali smo vpliv akumuliranja stroškov proizvodnega procesa v času na izbor ustreznih ukrepov za povečanje učinkovitosti. Raziskali smo potencial integracije stroškovno-časovnega profila v proces prikaza toka vrednosti (razširitev modela), ki omogoča skrajšanje trajanja procesov in izločitev aktivnosti, ki ne dodajajo vrednosti izdelku. Definirali smo niz smernic za podporo odločanju glede ukrepov, vezanih na potrebne spremembe v procesih. Rezultati raziskav so omogočili definiranje dveh izvirnih kazalnikov: koeficient vlaganj in koeficient učinkovitosti, na osnovi katerih izberemo najprimernejše ukrepe in njihov vrstni red uvajanja, pri čemer smo celovito zajeli stroške zaposlenih, materiala in tehnologije.

Spoznanja, vezana na dvig učinkovitosti proizvodnih procesov, smo prenesli tudi na področje vodenja projektov. Vsak projekt mora biti podprt z ustreznim stroškovno-časovnim profilom, ki mu ohranja konkurenčnost. V analizi izvajanja projektov smo merili vpliv drsečih rokov realizacije nekritičnih aktivnosti (časovna zračnost) na obseg povprečno vezanih sredstev. Ob optimalni izvedbi (pri povprečnem projektu) to predstavlja okrog 25 % prihranka, kar zagotovo ni zanemarljiva razlika.

V letu 2014 smo pričeli s pripravo anketne raziskave o proizvodni dejavnosti v SLO proizvodnih podjetjih (European Manufacturing Survey), kjer sprašujemo o značilnostih njihove proizvodnje (tehniški in organizacijski koncepti, selitev proizvodnje, razvoj izdelkov, uvedba storitev, vezanih na izdelke, energetska učinkovitost, na izdelke vezane storitve, projektni način dela, ekonomski kazalci podjetij ...). Nova izvedba ankete bo potekala v letu 2015. Sočasno smo končali s pripravo znanstvene monografije, v kateri so zbrani rezultati vseh dosedanjih izvedb ankete. Monografija je izšla pri mednarodni založbi na Dunaju. Sočasno smo nadaljevali s pripravo doktorske disertacije raziskovalca, ki bo na temo inovativnosti v proizvodnih podjetjih doktoriral predvidoma konec leta 2015. Rezultati raziskave so bili objavljeni v več strokovnih prispevkih, s katerimi obveščamo o izsledkih tudi zainteresirano javnost. Prav tako je bil na osnovi rezultatov raziskave sprejet članek na največji svetovni konferenci s področja proizvodnega menedžmenta.

Doktorska naloga iz področja menedžmenta sprememb se zaključuje, kandidat jo bo na osnovi preverjanja modela v realnem podjetju zagovarjal predvidoma v decembru 2015. Raziskovalni cilji so usmerjeni na področja, kjer strokovna literatura ne ponuja ustreznih odgovorov, podprtih z empiričnimi raziskavami in uporabnimi rešitvami za industrijsko okolje. Rezultati naloge bodo predvsem omogočali ugotoviti in analizirati gradnike modela za prestrukturiranje poslovnih procesov ter s pomočjo modela zaznavati odločilne spremembe, ki bodo zahtevale preoblikovanje poslovnih procesov in pomagale oblikovati smernice za poslovno uspešen proces sprememb.

Izvedli smo raziskavo na področju vključevanja dobaviteljev v proces razvoja, na osnovi katere bo v letu 2015 nastal ustrezen znanstveni članek. V raziskavi na področju vključevanja dobaviteljev v procese razvoja novih izdelkov želimo proučiti model za ugotavljanje vpliva različnih dejavnikov, povezanih z vključevanjem na zaznano učinkovitost razvojnega tima ter vpliv zaznane učinkovitosti razvojnega tima na finančno uspešnost podjetja kakor tudi na sam izdelek. Raziskava je bila izvedena z vprašalnikom, na katerega je doslej odgovorilo nekaj slovenskih podjetij. Z raziskavo želimo podjetjem pokazati prednosti povezave z dobavitelji v zgodnji fazi razvojnega ciklusa, ki se pokažejo v skrajšanju časa nastanka novega izdelka, izboljšanju kakovosti izdelkov in zmanjšanju stroškov razvoja novega izdelka.

Konec leta 2013 smo v Sloveniji prvič sodelovali pri izvedbi mednarodne anketne raziskave s področja proizvodnih strategij (IMMS; <http://www.manufacturingstrategy.net/>). V letu 2014 so bili zbrani podatki 19 sodelujočih držav iz celega sveta in opravljene preliminarne analize. Na anketo je odgovorilo 931 podjetij, ki imajo vsaj 50 zaposlenih. V anketi je sodelovalo tudi 17 slovenskih podjetij. Področja raziskovanja: vpetost v okolje, strategija podjetja, merjenje uspešnosti poslovanja podjetij, proizvodnja in dobavne verige. Rezultati: rezultati slovenskih podjetij so v glavnem primerljivi z rezultati podjetij iz drugih držav. Na področju vpetosti v okolje v naših podjetjih dajejo nekoliko večji pomen okoljskim

vplivom, pri merjenju uspešnosti poslovanja lahko zasledimo, da se v zadnjih treh letih daje večji pomen kazalnikom za merjenje uspešnosti poslovanja. Večji pomen dajejo npr. tudi stroškom naročila, pretočnim časom in stroškom proizvodnje. V primerjavi s konkurenti so v naših podjetjih kot pomembnejša področja izpostavili načrtovanje, zanesljivost izvedbe planov in sledljivost.

Dimenzionalno meroslovje

Na področju dimenzionalnega meroslovja smo v letu 2014 zaključili naslednje znanstvenoraziskovalne aktivnosti:

- Na etalonu laserske frekvence, ki predstavlja primarni etalon za dolžino, smo izvedli primerjavo ponovljivosti na osnovi vrednotenja Allanove variance ob različnih kratko-časovnih periodah in analizo obnovljivosti sekundarnih laserjev LTM v enoletni periodi.
- Umerili smo dva sekundarna laserja, ki jih uporabljamo v Laboratoriju ta tehnološke meritve za interferometrijsko merjenje dolžin. Na podlagi umerjanja smo tudi okarakterizirali časovno stabilnost in njen vpliv na merilne rezultate oz. na doseganje najboljših kalibracijskih in merilnih zmogljivosti (CMC). Eden od laserskih interferometrov (HP 5528A) je bil tudi na primerjalni analizi v avstrijskem nacionalnem meroslovnem inštitutu BEV. Namen te analize je bila določitev vpliva števca inteferenčnih signalov ter algoritmov za kompenzacijo pogojev okolice na merilni rezultat. Analiza je pokazala, da ima inteferenčni merilni sistem ob ustrezni kalibraciji frekvence še vedno popolnoma ustrezne meroslovne karakteristike za doseganje CMC v laboratoriju.
- Del raziskovalnih aktivnosti smo prenesli z integriranega sistema KMN – LI (koordinatna merilna naprava – laserski interferometer) na novo 2D napravo s submikrometrsko ločljivostjo (naprave Newport iz sredstev strukturnih skladov EU). Optični sistem, ki je bil planiran za sistem KMN-LI smo priredili za uporabo na novi napravi in ga tudi izdelali in instalirali. Izvedli smo vse potrebne raziskave za izdelavo metode in postopka za umerjanje optičnih etalonov. Izvedena je bila podrobna analiza merilne negotovosti ob upoštevanju klimatskih pogojev v mikroklimatski komori, etalonskega sistema (laserski interferometer), optičnega sistema mikroskop-digitalna kamera ter algoritma za detekcijo sredine črtice. Ogromno raziskovalnega dela je bilo vložena v prilagajanje krmilnih algoritmov merilne naprave za konkretne postopke umerjanja. Naprava bo namreč omogočala popolnoma avtomatizirane meritve brez prisotnosti človeka v klimatski komori.
- Pri Slovenski akreditaciji smo pridobili akreditacijo za umerjanje frekvence komercialnih laserjev, ki sevajo rdečo svetlobo (frekvenca 633 nm)
- Izvedli smo podrobno temperaturno analizo proge (dogradili temperaturne senzorje in sistem za sprotno spremljanje temperatur, tlakov in vlažnosti) za primerjalno kalibracijo laserskih interferometrov (LI). Izdelali smo načrt zaščite pred prevelikim pretokom zraka, zaključili pa smo tudi idejni koncept motorizacije merilne proge ter izdelali krmilne algoritme. Motorizacija bo predvidoma zaključena v letu 2015. Potrebna je precejšnja investicija. Merilna proga je trenutno popolnoma usposobljena za umerjanje tračnih meril z laserskim interferometrom, za primerjalno kalibracijo laserskih interferometrov pa jo bo potrebno še dodatno zaščititi pred velikim pretokom zraka iz klimatske naprave.
- Postopek primerjalne kalibracije LI je izdelan, ovrednoteni so vsi pomembni prispevki k merilni negotovosti na podlagi matematičnega modela. Ob zaključku obširne analize merilne negotovosti smo ugotovili prevelik prispevek nihanja zračnega tlaka zaradi prevelikih pretokov zraka. Pred prijavo postopka za akreditacijo bo potrebno progo ustrezno zaščititi in izdelati nosilce laserske optike z možnostjo finih nastavitev.

Projektni menedžment

Na področju projektnega menedžmenta smo v letu 2014 nadaljevali z raziskovanjem razvitosti in možnosti apliciranja projektnega menedžmenta v javnem sektorju, s poudarkom na občine in mestne občine. V okviru tega smo izvajali dve raziskavi. Prva raziskava je potekala med slovenskimi občinami. V okviru te raziskave smo pripravili raziskovalni vprašalnik in ga posredovali vsem 212-im slovenskim občinam, na katerega

sta odgovorili 102 občini, kar pomeni, da smo dosegli odlično 48 odstotno odzivnost. Na podlagi raziskave je že nastal članek z naslovom »Project management as a tool for fostering cooperation between municipalities in Slovenia Project management as a tool for fostering cooperation between municipalities in Slovenia«, ki bo predvidoma še v letu objavljen v reviji iz SSCI. Druga raziskava je potekala v tujini in sicer v občini Dunaj. Dunaj vsako leto izjemno uspešno in učinkovito izvaja svoje razvojne projekte, zato kot posledica tega tudi ni presenetljivo dejstvo, da je Dunaj med prvimi petimi mesti sveta po kvaliteti življenja, ki ga zagotavlja svojim prebivalcem. Raziskava Dunaja kot primere dobre prakse je torej povsem smiselna. Raziskava je potekala z anketiranjem posameznikov, ki v različnih funkcijah sodelujejo pri pripravi in izvajanju gradbenih projektov mestne občine Dunaj. K sodelovanju pri izvedbi raziskave je bilo povabljenih 226 posameznikov, od katerih jih je 191 odgovorilo na pripravljeno anketo. Visoka odzivnost povabljenih k raziskavi – 84,5 % – zagotavlja ustrezno reprezentativnost odgovorov. Na osnovi raziskave nastaja članek z naslovom »Increasing focus on the soft project management success factors in Vienna city construction projects«, ki bo v letu 2015 ali 2016 objavljen v reviji SSCI.

3. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem programu in zastavljenih raziskovalnih ciljev v letu 2014²

SLO

Ocenjujemo, da smo zastavljene raziskovalne cilje na vseh raziskovalnih področjih (proizvodni menedžment, projektni menedžment ter dimenzionalno meroslovje) dosegli in delno celo presegli.

Poudariti velja, da smo določene cilje sproti nadgrajevali glede na spremembe zahtev okolja ter na dinamiko raziskav.

Naša ocena o uspešnosti izvedenega raziskovalnega programa temelji na merljivih znanstvenih rezultatih ter aplikativni vrednosti rezultatov, ki jo potrjujejo številni uporabniki iz industrije in ostalih panog.

V letu 2014 smo objavili 7 SCI izvernih znanstvenih člankov, od tega so bili štirje v zgornji polovici kategorizacije revij na svojem področju, 3 članki so celo v zgornji četrtini kategorizacije revij. Zraven tega smo izdali znanstveno monografijo pri mednarodni založbi DAAAM na Dunaju.

4. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine v letu 2014³

Na nobenem raziskovalnem področju (proizvodni menedžment, projektni menedžment ter dimenzionalno meroslovje) ni bilo vsebinskih sprememb programa raziskovanja.

5. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine v letu 2014⁴

	Znanstveni dosežek		
1.	COBISS ID	79878657	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Značilnosti evropske in slovenske proizvodne industrije
		ANG	Characteristics of European and Slovenian manufacturing industry
			Znanstvena monografija se osredotoča na proizvodne aktivnosti, njihove značilnosti in trende v Sloveniji in delno v izbranih evropskih državah. Monografija je rezultat 10-letnega raziskovalnega dela znotraj največjega evropskega raziskovalnega projekta na temo proizvodne

Opis	SLO	dejavnosti - European Manufacturing Survey (EMS). Prvo poglavje oriše pomen proizvodnje v splošnem. V drugem poglavju predstavimo izbrano raziskovalno metodologijo in EMS. Tretje poglavje se ukvarja z vzorci sodelovanja proizvodnih podjetij, pri čemer je fokus na orisu značilnosti različnih vrst sodelovanja v evropskih državah. Četrto poglavje se osredotoča na inovativnost v proizvodnih podjetjih s posebnim poudarkom na rabi izbranih tehniških in organizacijskih inovativnih konceptov. Poglavitni cilj zadnjega, petega poglavja je prikazati razširjenost uporabe specifičnih tehnologij in konceptov, namenjenih varčni rabi energije in materialov.	
	ANG	The book focuses on manufacturing activities and their characteristics and trends in Slovenia and partly in some other European countries. The book is a result of a research work in the last ten years within the largest European research project on manufacturing activities European Manufacturing Survey (EMS). The first chapter outlines the importance of manufacturing in general. The second chapter presents selected research methodology and EMS. Third chapter deals with cooperation patterns of manufacturing companies. The aim is to examine characteristics of cooperation among manufacturing companies from several European countries. Fourth chapter focuses on innovation in manufacturing companies. This chapter deals with some specific technical and organisational innovation concepts in manufacturing companies. The main objective of the final (fifth) chapter is to map the adoption of technologies for energy reduction and resources consumption in production.	
Objavljeno v	DAAAM International; 2014; XIV, 126 str.; A": 1;A': 1; Avtorji / Authors: Palčič Iztok		
Tipologija	2.01 Znanstvena monografija		
2.	COBISS ID	18318358	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Ergonomske analize delovnega mesta medicinske sestre na oftalmologiji z uporabo 3D simulacij	
	ANG	Ergonomic analysis of ophthalmic nurse workplace using 3D simulation	
Opis	SLO	Število kostno mišičnih obolenj, povezanih z načinom dela, narašča na različnih področjih industrije in pri različnih poklicih. Odpravljanje zdravstvenih težav predstavlja velik finančni problem za davkoplačevalce in celotno družbo, zato je pomembno, da jih skušamo preprečiti s predhodnimi ergonomske analize in preoblikovanjem delovnih mest, kjer je to mogoče. V članku je predstavljena raziskava delovnega mesta medicinske sestre na oftalmologiji, z vidika obremenitev in obremenjenosti pri delu. Na delovnem mestu se izvaja intravenozna fluoresceinska angiografija, ki je tehnika za preiskavo cirkulacije mrežnice in žilnice z uporabo kontrastnega sredstva in namenske specializirane kamere. Delovni proces je zelo kompleksen in ker mora medicinska sestra pri delu dalj časa vztrajati v različnih prisiljenih držah, smo izvedli ergonomske analize z namenom, da se določijo obremenitve in stres na delovnem mestu. Za oceno telesnih položajev smo ročno in s pomočjo računalniških simulacij izvedli OWAS metodo. Rezultati, ki smo jih dobili z uporabo računalniških simulacij so primerljivi s podatki, ki smo jih dobili z ročno izvedeno raziskavo za večino telesnih položajev, razen za upognjen in zvit hrbet. Telesni položaji ali drže pri zgornjih in spodnjih udih in vratu so lahko škodljivi za medicinsko sestro in glede na rezultate, dobljene z OWAS metodo, so v kratkem času potrebne spremembe.	
		The number of work-related musculoskeletal disorders has been increasing in most industries and occupations. Since these injuries impose high costs on employers and society it is important to prevent it through ergonomic assessment and job redesign. The paper presents a	

		<p>research of the workplace ophthalmic nurse regarding strain and stress. In the workplace the Intravenous Fluorescein angiography or fluorescent angiography is made which is a technique for examining the circulation of the retina and choroids using a fluorescent dye and specialized camera. The working procedure is complex and since nurses must assist in several forced positions for longer time ergonomic analyses were made aimed to determine strain and stress at workplace. For assessment of body postures OWAS analysis was performed manually and using computer simulation. The results obtained using computer simulations are comparable to manually performed research for most body positions except for bent and twisted back. Body postures of upper limb, lower limb and neck were exposed as harmful for nurse during working procedure and according to OWAS changes are needed in near future.</p>	
	ANG		
Objavljeno v	DAAAM International Vienna; International journal of simulation modelling; 2014; Vol. 13, issue 4; str. 409-418; Impact Factor: 2.125; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.345; A': 1; WoS: IJ, IK; Avtorji / Authors: Vujica-Herzog Nataša, Vujica Beharić Rosanda, Beharić Amer, Buchmeister Borut		
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
3.	COBISS ID	17828374	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Opazovanje mikrostrukture NiTi ortodontskih žic s presevno elektronsko mikroskopijo
		ANG	Microstructure of NiTi orthodontic wires observations using transmission electron microscopy
	Opis	SLO	V delu so predstavljeni rezultati opazovanja mikrostrukture šestih različnih vrst NiTi ortodontskih žic z uporabo presevne elektronske mikroskopije. Člani naše raziskovalne skupine so sodelovali pri zasnovi plana preizkusov in potrebnih meritvah. V okviru potrebnih analiz smo opazovali kemično sestavo vseh žic na različnih mestih z EDS detektorjem. Rezultati so pokazali na prisotnost zrn nano-delcev Ti2Ni oz. TiC. Izmerjene velikosti zrn v žici so bile v območju 50 do 160 nm.
		ANG	This work presents the results of the microstructure observation of six different types of NiTi orthodontic wires by using Transmission Electron Microscopy. Members of our research group were taking part in design of experiments and needed measurements. Within the necessary analyses the chemical compositions of each wire were observed in different places by applying the EDS detector. Microstructure observations showed that orthodontic wires consist of nano-sized grains containing precipitates of Ti2Ni and/or TiC. The sizes of grains in orthodontic wires are in the range from approximately 50 to 160 nm.
Objavljeno v	Metalurški fakultet; Hrvatsko metalurško društvo; Metalurgija; 2014; Vol. 53, no. 4; str. 469-472; Impact Factor: 0.755; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.916; WoS: PZ; Avtorji / Authors: Ferčec Janko, Jenko Darja, Buchmeister Borut, Rojko Franc, Budič Bojan, Kosec Borut, Rudolf Rebeka		
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
4.	COBISS ID	11689500	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Sistemska integracija celovitega projektnege in hotelskega managementa
		ANG	Systemic integration of holistic project- and hospitality management
			Konceptualni članek, ki integrira in pomembno širi pretekla raziskovalna spoznanja iz treh različnih znanstvenih področij: projektni management (PM), hotelski management (HM) in sistemska razmišljanje (ST). Število dosedanjih znanstvenih virov z integracijo navedenih področij je zelo

Opis	SLO	omejeno, tako da članek prispeva k zapolnitvi te vrzeli in opredeljuje smernice nadaljnjim raziskavam na tem področju. Posebna pozornost je posvečena raziskovanju in preprečitvi ali vsaj zmanjšanju negativnih vplivov razvoja hotelirstva na družbeno in naravno okolje. V članku je narejen pregled mejnikov razvoja PM in HM v Evropi od konca rimskega cesarstva do danes. Glavne razvojne faze se preverjajo z vidika aplikacije sistemske teorije in ST. Gre za večinoma teoretične razprave, vendar z navajanjem številnih primerov iz prakse, ki zelo jasno potrjujejo potrebo pa združevanju področij PM in HM. Rezultati evolucijskih faz PM in HM kažejo, da je razvoj teh dveh področij nekako vedno bil sinhron in da je bil PM praktično v vseh svojih razvojnih fazah bil apliciran v HM, čeprav praviloma manj načrtno in zato manj učinkovita kot v drugih panogah. Vrednost članka se najbolj kaže v izboljšanju razumevanja potrebe po združitvi spoznanj iz HM in PM za doseganje večje odgovornosti in celovitosti izvajanja nadaljnjih projektov HM.	
	ANG	Purpose - This conceptual paper aims to integrate and significantly extend past research cognitions from three different scientific fields: project management (PM), hospitality management (HM) and systems thinking (ST). As scarcely any scientific sources are available on these topics, this paper closes a gap in literature and invites to further research in this field. Special stress is given to the research of possible preventing or at least reducing of negative impacts/footprints of hospitality development to the social and physical environments. Design/methodology/approach - The authors present an overview of milestones in project- and HM development in Europe from the end of the Roman Empire till today. The main development stages are checked in view of SR and ST applications. Findings - This research is predominately theoretical, although it also presents several examples from practice that very clearly illustrate the need for merging the knowledge from these both (PM and HM) fields of expertise. The results of the evolution stages show that the development of both HM and PM has always been synchronic, and that PM has practically in all development stages been applied to HM, although this happened unconsciously and thus less effective than in other industries. Originality/value - The value of this research is an improved understanding of the need for merging the cognitions from HM and PM for more responsibility in further HM projects.	
	Objavljeno v	MCB university press; Kybernetes; 2014; Vol. 43, no. 3/4; str. 363-376; Impact Factor: 0.416; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.208; WoS: ER; Avtorji / Authors: Lebe Sonja Sibila, Vrečko Igor	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
5.	COBISS ID	17857046	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Mobilna aplikacija kot inovativni koncept dobaviteljske verige in vpliv socialnega kapitala	
	ANG	Mobile application as an innovative supply chain concept and the impact of social capital	
Opis	SLO	Članek opisuje sodoben koncept spodbujanja in uporabe socialnega kapitala v decentraliziranem proizvodnem procesu usmerjenem v inovativne, po meri izdelane izdelke. Tehnološki razvoj, dvig posameznih zahtev odjemalcev, pomanjkanje konkurenčnosti v množični proizvodnji in uspeh inovativnih, fleksibilnih in raznolikih okolij narekujejo ustvarjanje projektov in povezav organizacij, kot tudi oblikovanje posredniških struktur. Predpogoj za vzpostavitev in učinkovito delovanje takšnih struktur je zagotovo intenzivna komunikacija in spontana družabnost, da na operativni ravni sovpada z razvojem in izvajanjem IKT ter na osnovni ravni vpliva na raven zaupanja, skupnih interesov, vrednot. Pri tem je pomemben povezovalni element, ki je naveden v sodobnih družbenih vedah - v okviru ekonomske učinkovitosti - kot	

		socialni kapital. Model, predstavljen v prispevku, aktivno vključuje končnega uporabnika (kupca) v dobavni verigi. Delovanje naprednega koncepta je jasno prikazano z uporabo IKT in ustanovitev tako imenovane virtualne tovarne, kjer je bil uporabljen primer iz tekstilne industrije, ki je prikazan v simulacijskem modelu - industrija, ki je značilna na območju EU z nizko stopnjo konkurenčnosti in drastičnem upadu gospodarske uspešnosti. Simulacija virtualne tovarne predstavlja možni razvoj mobilnih aplikacij za upravljanje dobavne verige, hkrati pa vključuje uporabo socialnega kapitala v procesu spodbujanja uspešnosti razvoja in povečanja konkurenčnosti na primeru tekstilne industrije v Sloveniji.
	ANG	This paper describes the modern concept of promoting and using social capital in a decentralized production process oriented towards innovative, custom made products. Technological developments, the rise of individual customer requirements, lack of competitiveness in mass production, and the success of innovative, flexible and heterarchical environments dictate the creation of project and association types of organizations as well as the creation of intermediary structures. The prerequisite for the establishment and effective functioning of these structures are certainly intense communication and spontaneous sociability that at the operational level coincide with the development and implementation of ICT, and are affected at the base level by the level of trust, shared interests, values, and a connecting element, which is referred to in modern social sciences – in the context of the economic efficiency – as social capital. The model, presented in the paper, actively integrates the end-user (customer) into the supply chain. The functioning of the advanced concept is clearly illustrated by the use of ICT and the establishment of the so-called virtual factory, where an example from the textile industry has been used in the simulation model – an industry which is characterized in the EU area by a low level of competitiveness and a sharp decline in economic performance. The virtual factory simulation represents the possible development of mobile applications for supply chain management, while promoting and using social capital in the process of promoting development performance and increased competitiveness in the example of textile industry in Slovenia.
Objavljeno v		DAAAM International Vienna; International journal of simulation modelling; 2014; Vol. 13, no. 2; str. 135-146; Impact Factor: 2.125; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.345; A': 1; WoS: IJ, IK; Avtorji / Authors: Leber Maja, Weber Conny, Adam Frane, Leber Marjan
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek

6. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati programske skupine v letu 2014⁵

	Družbeno-ekonomski dosežek	
1.	COBISS ID	Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO glavni urednik mednarodne tuje SCI revije
		ANG Editor-in-Chief of international foreign SCI journal
	Opis	SLO Red. prof. dr. Borut Buchmeister je glavni urednik mednarodne znanstvene revije International Journal of Simulation Modelling (ISSN 1726-4529), ki sodi v vrhunsko kategorijo SCI na področju proizvodnega strojništva in industrijskega inženirstva (1. četrtina), hkrati pa je indeksirana tudi v ostalih pomembnih bibliografskih bazah (SCOPUS, INSPEC, TEMA, METADEX, GALE itd.). Revija objavlja teoretične in praktično usmerjene članke, ki obravnavajo vprašanja tehnike simulacijskega modeliranja. Revijo izdaja Tehniška univerza na Dunaju

		(TU Wien) v okviru delovanja mednarodnega združenja DAAAM Int. Vienna, letno izidejo štiri številke (v 2014: 40 člankov).
	ANG	Prof. Dr. Borut Buchmeister is an Editor-in-Chief of the international scientific journal International Journal of Simulation Modelling (ISSN 1726-4529), indexed in SCI category for Manufacturing Engineering and Industrial Engineering (Q1), and in other important bibliographic databases SCOPUS, INSPEC, TEMA, METADEX, GALE etc.). The journal publishes theoretical and application oriented research papers, dealing with simulation modelling. The journal is published quarterly by University of Technology Vienna in the frame of DAAAM Int. Vienna society (40 papers in 2014).
Šifra	C.04 Uredništvo mednarodne revije	
Objavljeno v	International journal of simulation modelling. Buchmeister, Borut (glavni urednik 2002-). Vienna: DAAAM International Vienna, 2002-. ISSN 1726-4529. [COBISS.SI ID 8008982]	
Tipologija	4.00 Sekundarno avtorstvo	
2.	COBISS ID	Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO Članstvo v tujih/mednarodnih odborih/komitejih
		ANG Membership in foreign/international committees
	Opis	SLO Red. prof. dr. Bojan Ačko je kontaktna oseba za Republiko Slovenijo v Evropskem združenju nacionalnih metroloških inštitutov Euramet za veličino dolžina (TCL). Imenovan je s strani MGRT-MIRS (dodatne informacije na http://www.euramet.org/index.php?id=tc-l-contacts&no_cache=1 ter na http://www.mirs.gov.si/si/delovna_podrocja/mednarodno_sodelovanje/cl ; dosežek je pomemben s stališča zagotavljanja mednarodne meroslovne sledljivosti, kar predstavlja za slovensko industrijo ekonomičen dostop do boljših merilnih zmogljivosti in dokazovanja kakovostnih karakteristik najzahtevnejših proizvodov v mednarodnem prostoru.
		ANG Prof. Bojan Ačko is a contact person for Republic of Slovenia in the European Association of National Metrology Institutes Euramet for quantity length (TCL). He is designated by MGRT-MIRS (additional information on http://www.euramet.org/index.php?id=tc-l-contacts&no_cache=1 and http://www.mirs.gov.si/si/delovna_podrocja/mednarodno_sodelovanje/cl The achievement is important for assuring international traceability, which is opening the SLO industry an economic way of reaching better measurement capabilities and as a consequence proves of quality characteristics of most pretentious products in international market.
	Šifra	D.01 Vodenje/koordiniranje (mednarodnih in domačih) projektov
	Objavljeno v	ni objave
	Tipologija	3.25 Druga izvedena dela
3.	COBISS ID	Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO akreditacijska ocenjevanja
		ANG assessments of calibration
	Opis	SLO Prof. dr. Bojan Ačko je za Slovensko akreditacijo izvedel 6 ocenjevanj v kalibracijskih laboratorijih in kontrolnih organih v Sloveniji ter na osnovi tega posredoval 6 izvedenskih mnenj o tehnični usposobljenosti ocenjenih organov.
		ANG Prof. dr. Bojan Ačko has performed 6 assessments of calibration laboratories and inspection bodies for Slovenian Accreditation (SA). 6 expertizes on technical competence of assessed bodies were issued to

		SA.
Šifra	F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije
Objavljeno v	<p>AČKO, Bojan. ALBA trgovina in proizvodnja, d.o.o., Celjska cesta 41, 3212 Vojnik : [ocena usposobljenosti po standardih SIST EN ISO/IEC 17025 in SIST EN ISO/IEC 17020] : datum ocenjevanja 8. 12. 2014-16. 12. 2014 : mnenje eksperta/ocenjevalca : 4/1 ponovno celotno ocenjevanje s širitvijo, 3/3 redni nadzor. Maribor: [B. Ačko], 2014. [2] f. [COBISS.SI-ID 18500374]</p> <p>AČKO, Bojan. Energetika Ljubljana, d.o.o., Področje daljinskega ogrevanja, Laboratorij za toplotne števec, Verovškova ul. 62, 1000 Ljubljana : [ocena usposobljenosti po standardih SIST EN ISO/IEC 17025 in SIST EN ISO/IEC 17020] : datum ocenjevanja 18. 11. 2014-18. 11. 2014 : mnenje eksperta/ocenjevalca : 3/3 redni nadzor, 3/3 redni nadzor. Maribor: [B. Ačko], 2014. [2] f. [COBISS.SI-ID 18501142]</p> <p>AČKO, Bojan. LOTRIČ Meroslovje d.o.o., Selca 163, 4227 Selca = LOTRIČ Metrology l.t.d., : [ocena usposobljenosti po standardih SIST EN ISO/IEC 17025] : mnenje eksperta/ocenjevalca : datum ocenjevanja 10. 07. 2014 : 2/1 redno ocenjevanje s širitvijo. Maribor: [B. Ačko], 2014. [2] f. [COBISS.SI-ID 18499606]</p> <p>AČKO, Bojan. LOTRIČ Meroslovje d.o.o., Selca 163, 4227 Selca = LOTRIČ Metrology l.t.d., : [ocena usposobljenosti po standardih SIST EN ISO/IEC 17025] : mnenje eksperta/ocenjevalca : datum ocenjevanja 2. 9. 2014, 5. 9. 2014 in 17. 9. 2014 : 1/4 redni nadzor JESEN. Maribor: [B. Ačko], 2014. [2] f. [COBISS.SI-ID 18500118]</p> <p>AČKO, Bojan. Meritve SI, kalibracije in overjanje, d.o.o., Britof 412, 4000 Kranj : [ocena usposobljenosti po standardih SIST EN ISO/IEC 17025 in SIST EN ISO/IEC 17020] : 3/1 redno ocenjevanje s širitvijo : mnenje eksperta/ocenjevalca : redno ocenjevanje s širitvijo. Maribor: [B. Ačko], 2014. [2] str. [COBISS.SI-ID 18498582]</p> <p>AČKO, Bojan. MPT sistemi d.o.o., PE Dobja vas, Čečovje 17b, 2390 Ravne na Koroškem : [ocena usposobljenosti po standardih SIST EN ISO/IEC 17025] : datum ocenjevanja 16. 6. 2014, 17. 6. 2014 in 11. 7. 2014 : mnenje eksperta/ocenjevalca : 2/1 redno ocenjevanje s širitvijo. Maribor: [B. Ačko], 2014. [2] f. [COBISS.SI-ID 18500886]</p>	
Tipologija	2.13	Elaborat, predštudija, študija
4.	COBISS ID	Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO Vodenje Slovenskega združenja za projektni management
		ANG Managing Slovenian Project Management Association
	Opis	<p>SLO Slovensko združenje za projektni management je najpomembnejša strokovna organizacija s področja projektnega managementa v Sloveniji. Igor Vrečko je prevzel vodenje tega združenja v letu 2014. Novo vodstvo združenja je opredelilo precej ambiciozen razvojno naravnani program za naslednja leta, saj je ocenilo, da združenje v preteklih letih ni naredilo dovolj v smislu lastnega razvoja in promocije. Tako je v preteklem letu združenje pod vodstvom Igorja Vrečka dobilo novo celostno grafično prenovu, novo spletno stran, nov koncept znanstveno-strokovne revije, ki jo združenje izdaja, in nov e-medij za promocijo stroke projektnega menedžmenta in nov koncept letne konference. Vzporedno so potekale pripravljalne aktivnosti za prenovu preostalih produktov združenja in zagon nekaterih novih.</p> <p>Slovenian Project Management Association is the most important professional organization in the field of project management in Slovenia. Igor Vrečko took over managing position of the association in 2014. The new management of the association defined quite ambitious development-oriented program for the following years, as it they estimated that over the past years the association has not done</p>

		ANG	enough in terms of its own development and promotion. Thus, in the past year, the association led by Igor Vrečko got a new corporate visual identity, a new website, a new concept of scientific journal published by association, a new e-media for the promotion of the project management profession and new concept of annual conference. In parallel, the preparatory activities for the renovation of the remaining associations' products and for creation of some new ones were implemented.
	Šifra	D.03	Članstvo v tujih/mednarodnih odborih/komitejih
	Objavljeno v	ni objave	
	Tipologija	3.25 Druga izvedena dela	
5.	COBISS ID	18060566	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Zaključno poročilo o aplikativnem projektu - uvedba projektne metodologije v podjetju Elektro Celje
		ANG	Project final report - introduction of project-based methodology in company Elektro Celje
	Opis	SLO	Uvedba projektnega načina dela v podjetju Elektro Celje. V podjetju Elektro Celje smo izvedli intenzivno analizo stanja na področju projektnega načina dela v podjetju. Naslednja faza je bila usposabljanje vodij projektov, enakovredno mednarodnemu certificiranju za pridobitev certifikata vodja projekta. Temu je sledila priprava poslovnikov, metodoloških priročnikov, projektne dokumentacije, organizacijskih postopkov za uvedbo projektnega načina dela v podjetje.
		ANG	Implementation of project-oriented work in the company Elektro Celje. We have performed an in-depth analysis of current state of company's project-oriented performance. The next phase was an extensive training of companies project managers, equal to the certification process made by International Project Management Association. We have designed new project methodology for the company with all necessary project documentation and instructions. We have also proposed changes in organisational structure of the company to embrace new project-oriented work.
	Šifra	F.25	Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev
	Objavljeno v	Ekonomsko-poslovna fakulteta; Inštitut za projektni management (IPM); 2014; 1 mapa (loč. pag.); Avtorji / Authors: Palčič Iztok, Vrečko Igor	
	Tipologija	2.12 Končno poročilo o rezultatih raziskav	

7. Drugi pomembni rezultati programske skupine v letu 2014⁶

Borut Buchmeister je bil izvoljen v naziv rednega profesorja na Univerzi v Mariboru.

Izr. prof. dr. Iztok Palčič je glavni urednik revije Projektna mreža Slovenije.

Izr. prof. dr. Iztok Palčič je član izvršilnega odbora EUROMA največjega evropskega združenja za proizvodni management kot predstavnik Slovenije ter podpredsednik Slovenskega združenja za projektni management.

Člana programske skupine izr. prof. dr. Iztok Palčič in doc. dr. Igor Vrečko sta koordinatorja največjega interdisciplinarnega študijskega programa Gospodarsko inženirstvo na Univerzi v Mariboru.

Doc. dr. Igor Vrečko je bil glavni in odgovorni urednik revije Our Economy (Naše gospodarstvo).

Doc. dr. Igor Vrečko je postal predsednik Slovenskega združenja za projektni management.

Doc. dr. Igor Vrečko je na Hrvaški banko za obnovo in razvoj (HBOR) uspešno vodil in izvajal pomemben projekt »Razvoj organizacijskega projektnog sistema i osposobljavanje voditelja projekata u HBOR-u«.

Doc. dr. Igor Vrečko je v okviru programa Javnega sklada Republike Slovenije za razvoj kadrov in štipendiranje vodil dva projekta sodelovanja med študenti, podjetji in raziskovalci.

V Laboratoriju za tehnološke meritve smo izvedli preko 350 umerjanj dolžinskih etalonov in merilnih instrumentov za kalibracijske laboratorije, raziskovalne institucije in industrijo. Meroslovno sledljivost smo zagotovili tudi nacionalnemu etalonu Črne gore. Uporabljeni postopki umerjanja so rezultat večletnega raziskovalnega dela v okviru tega raziskovalnega programa in ostalih raziskovalnih projektov in programov.

8. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov v letu 2014⁷

8.1. Diplome v letu 2014⁸

vrsta usposabljanja	število diplom
bolonjski program - I. stopnja	22
bolonjski program - II. stopnja	11
univerzitetni (stari) program	15

8.2. Magisterij znanosti in doktorat znanosti v letu 2014⁹

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	MR	
0	Danijela Gračanin	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	

Legenda:

- Mag.** - Znanstveni magisterij
- Dr.** - Doktorat znanosti
- MR** - mladi raziskovalec

9. Pretok mladih raziskovalcev – zaposlitev po zaključenem usposabljanju v letu 2014¹⁰

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	Zaposlitev	
		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text"/>	

Legenda zaposlitev:

- A** - visokošolski in javni raziskovalni zavodi
- B** - gospodarstvo
- C** - javna uprava
- D** - družbene dejavnosti
- E** - tujina
- F** - drugo

10. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov ter študentov iz tujine v letu 2014, daljše od enega meseca

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Sodelovanje v programski skupini	Število mesecev	
0	Danijela Gračanin	<input type="text" value="C - študent - doktorand"/>	1	
0	Bojan Lalić	<input type="text" value="A - raziskovalec/strokovnjak"/>	1	

Legenda sodelovanja v programski skupini:

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

11. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v letu 2014¹¹

SLO

CEEPUS - Intelligent Automation for Competitive Advantage: Več kot 10 let smo partner v CEEPUS mreži, 6 let v CII-RS-0065. CEEPUS je regionalni program s ciljem vzpostaviti in spodbujati mobilnosti študentov in profesorjev med sodelujočimi državami ter izkoristiti povezave in možnosti za oblikovanje skupnih študijskih programov. Vodja projekta izr. prof. dr. Iztok Palčič.

European Manufacturing Survey: Raziskava o proizvodni dejavnosti v slovenskih in evropskih proizvodnih podjetjih. Koordinator projekta Fraunhoferjev inštitut iz Nemčije. Vodja projekta izr. prof. dr. Iztok Palčič.

Product Innovation Project: Sodelovanje s Tehniško Univerzo v Gradcu pri izvedbi skupnih mednarodnih študentsko-raziskovalnih projektov v avstrijskih podjetjih (Philips). Partner še Aalto Univerza iz Helsinkov. Vodja projektov izr. prof. dr. Iztok Palčič.

Know-how Exchange on the Consequences and Challenges of the Integration of Key Enabling Technologies in European Manufacturing for the Danube Region (DankETwork) - pričetek mednarodnega projekta na pobudo Fraunhoferjevega inštituta iz Nemčije. Vodja projekta izr. prof. dr. Iztok Palčič.

Nadaljevali smo izvajanje aktivnosti v evropskem projektu Erasmus "ERGO WORK – Joining academia and business for new opportunities in creating ERGOnomics WORKplaces". Izdelan je bil osnutek kurikuluma, ki smo ga preverili v pilotnem podjetju z analizo obremenitev na delovnem mestu, kjer so delo izvajale osebe z invalidnostjo. Na osnovi posnetka stanja, izmerjenih obremenitev in izvedenih predavanj so bili podani številni predlogi za ustreznejše oblikovanje delovnih mest.

V okviru projekta TEMPUS IV, Join Projects / Curricular Reform "MAIN – Mastering innovation in Serbia through development and implementation of interdisciplinary post-graduate curricula in innovation management" smo izdelali analizo podobnih programov v državah evropske unije ter oblikovali študijski program magistrskega študija. Na partnerskih sestankih smo izvedli predavanja na temo inovacijskega menedžmenta, kjer smo podali predvsem naš vidik pri obravnavanju teh vsebin v študijskih programih ter uporabnosti tega znanja v praksi.

Dodeljena sredstva iz naslova dodatnega letnega sofinanciranja mednarodnega sodelovanja na podlagi poziva za EU vpetost 2014 smo v skladu z letnim načrtom dela porabili za:

- izvedbo dodatnih aktivnosti pri razvoju primarnega etalona za dolžino – razvili in izdelali smo nov fotodetektor za vrednotenje Allanove variance z večjo občutljivostjo. Aktivnost je bila nujno potrebna zaradi spreminjanja jakosti laserskega žarka.
- prilagoditev vprašalnika za izvajanje letnih raziskav o razvitosti in nadgrajevanju projektnih metodologij in projektne organiziranosti v različnih poslovnih okoljih. V letu 2014 smo prilagodili vprašalnik za raziskavo v okolju slovenskih občin.

12. Vključenost v projekte za uporabnike, ki so v letu 2014 potekali izven financiranja ARRS¹²

SLO

Izr. prof. dr. Iztok Palčič in doc. dr. Igor Vrečko sta izvedla poletni aplikativni projekt Uvedba projektne načina dela v podjetju Elektro Celje. V podjetju Elektro Celje smo izvedli intenzivno analizo stanja na področju projektne načina dela v podjetju. Naslednja faza je bila usposabljanje vodij projektov, enakovredno mednarodnemu certificiranju za pridobitev certifikata vodja projekta. Temu je sledila priprava poslovnikov, metodoloških priročnikov, projektne dokumentacije, organizacijskih postopkov za uvedbo projektne načina dela v podjetje.

Izr. prof. dr. Iztok Palčič in doc. dr. Nataša Vujica-Herzog sta izvedla dva projekta v okviru razpisa Po kreativni poti, ki ga je pripravil Javni sklad RS za kadre in štipendije. Gre za projekta, kjer je potekalo sodelovanje med študenti, izbranih podjetjem in mentorjem na fakulteti pri reševanju realnih problemov in izzivov v gospodarstvu.

Doc. dr. Igor Vrečko je v letu 2014 uspešno vodil in zaključil projekt »Razvoj organizacijskega projektne sistema i osposabljanje voditelja projekta u HBOR-u«.

Doc. Igor Vrečko je v jeseni leta 2014 pričel z dogovarjanjem z naročnikom o projektu »Razvijanje i podizanje sazrelosti sistema projektne menadžmenta u PIK Vrbovcu«». Gre za veliko hrvaško podjetje iz mesne industrije, ki je hkrati tudi eno največjih in najpomembnejših podjetij poslovne skupine Agrokor. Pogajanja in dogovarjanja o projektu potekajo še v letu 2015.

13. Ocena tehnološke zrelosti rezultatov raziskovalnega programa in možnosti za njihovo implementacijo v praksi (točka ni namenjena raziskovalnim programom s področij humanističnih ved)¹³

SLO

Uvajanje razširjenega modela toka vrednosti omogoča podjetjem doseči prihranke v času in denarju, predvsem na operativnem nivoju. Model je v podjetjih zelo učinkovito orodje za podporo odločanju, ki vodi k učinkovitejšemu načrtovanju in izvajanju procesov. Ključni rezultat se kaže v nižjem obsegu vezanih sredstev ob enakih rezultatih delovanja. Prenos spoznanj modela toka vrednosti na področje projektne menedžmenta je logično nadaljevanje, saj predstavlja kombinacijo potrebnih aktivnosti in racionalnega trošenja virov okvir učinkovitega delovanja vseh podjetij, ki imajo projektno usmerjeno proizvodnjo.

Rezultati ankete o proizvodne dejavnosti imajo velik pomen za SLO proizvodno industrijo - za podjetja, zbornice in vladne institucije. Rezultati bodo posredovani v podjetja, ki bodo dobila sliko o trenutnem stanju slovenske industrije. Anketa omogoča primerjavo s tujimi državami, s čimer vidimo trende, ki obstajajo v evropski proizvodni industriji. Rezultati so lahko dobra osnova za pripravo nacionalnih strategij na področju proizvodne dejavnosti.

Model, razvit v doktorski nalogi z naslovom Upravljanje sprememb za prestrukturiranje poslovnih procesov v proizvodnji duroplastov s pomočjo generičnega modela bo uporaben v praktičnem okolju kot orodje za dolgoročne poslovne odločitve, ki bodo zanesljivo napovedovale poslovni uspeh nekega podjetja.

V raziskavi na področju vključevanja dobaviteljev v procese razvoja novih izdelkov želimo proučiti model za ugotavljanje vpliva različnih dejavnikov, ki bo podjetjem pokazal prednosti povezave z dobavitelji v zgodnji fazi razvojnega ciklusa. Le-te se pokažejo v skrajšanju časa nastanka novega izdelka, izboljšanju kakovosti izdelkov in zmanjšanju stroškov razvoja novega izdelka.

Pristop uporabe ergonomskih analiz pri preučevanju delovnih mest, kjer se pojavljajo težave na delovnem mestu, je izveden v praksi in nazorno prikazuje smiselnost uporabe izsledkov raziskave v praksi oz. njeno implementacijo. V primeru, če se bo tudi v naši

zakonodaji odgovornost in s tem nadomestilo stroškov bolniških odsotnosti in rehabilitacij, kot posledica neustrezno oblikovanega delovnega mesta, neposredno prenesla na delodajalce, bo omenjeno področje ergonomije na delovnem mestu postalo zelo pomembna tržna niša.

Na področju laserkih frekvenc smo pridobili akreditacijo postopka umerjanja frekvenc komercialnih laserjev (frekvenca 633 nm) pri SA. Uspešno smo akreditirali tudi postopek umerjanja optičnih 3D merilnih naprav z etalonom. Z akreditacijo omenjenih postopkov smo razširili etalonsko bazo v RS in posledično zmanjšali potrebo slovenskih kalibracijskih laboratorijev in industrije po kalibracijah v tujini.

Spoznanja obeh izvedenih raziskav o vlogi in pomenu projektnega menedžmenta za razvoj občin so neposredno aplikabilne v praksi. Spoznanja raziskav tako niso bila predstavljena samo v znanstvenih objavah, pač pa podrobneje predstavljena tudi na nekaterih slovenskih občinah, kjer so se župani odzvali na ponudbo, da se spoznanja predstavijo na kolegijih župana ali na sejah mestnih oziroma občinskih svetov.

14. 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 type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
potrebni finančni vložek	EUR
ocena potrebne infrastrukture in opreme ¹⁴	

15. Izjemni dosežek v letu 2014¹⁵

15.1. Izjemni znanstveni dosežek v letu 2014

--

15.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek v letu 2014

Red. prof. dr. Borut Buchmeister je glavni urednik tuje mednarodne znanstvene revije International Journal of Simulation Modelling (ISSN 1726-4529), ki sodi v najvišjo kategorijo (A1) SCI revij na področju proizvodnega strojništva in industrijskega inženirstva. Revijo izdaja Tehniška univerza na Dunaju (TU Wien) v okviru mednarodnega združenja DAAAM International Vienna; letno izidejo štiri številke.

V reviji so objavljeni teoretični in praktično usmerjeni članki, ki obravnavajo vprašanja tehnike simulacijskega modeliranja s poudarkom na simulaciji diskretnih dogodkov, širše pa tudi iz drugih inženirskih področij (konstrukcije, energetika).

Prof. dr. Buchmeister je ob izvajanju funkcije glavnega urednika bistveno prispeval k uvrstitvi revije v ključne mednarodne bibliografske baze (Web of Science, Current Contents – Engineering, Computing & Technology, SCOPUS, INSPEC, TEMA, METADEX, ProQuest – CSA, GALE, INIST – PASCAL, CABELL's, EBSCO itd.).

LETNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA ZA LETO 2014

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

Šifra programa	P2-0120
Naslov programa	Tehnologije metastabilnih materialov s kovinsko osnovo Technologies of metastable metallic based materials
Vodja programa	10369 Ivan Anžel
Obseg raziskovalnih ur (vključno s povečanjem financiranja)	v letu 2014:3060
Cenovni razred	B
Trajanje programa	01.2013 - 12.2016
Izvajalci raziskovalnega programa (javne raziskovalne organizacije - JRO in/ali RO s koncesijo)	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.04 Materiali 2.04.02 Kovinski materiali
Družbeno-ekonomski cilj	06. Industrijska proizvodnja in tehnologija
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	2 Tehniške in tehnološke vede 2.05 Materiali

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

2. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem programu, vključno s predloženim dopolnjenim programom dela v primeru povečanja financiranja raziskovalnega programa v letu 2014¹

SLO

V letu 2014 je bilo raziskovalno delo v okviru programa P2-0120 usmerjeno na področja:

- Optimiranje tehnologije izdelave biomedicinskih nanostrukturnih materialov na osnovi zlata;
- Uporaba ekstremne plastične deformacije disperzijsko utrjenih kovin za izdelavo nanostrukturnih kovinskih kompozitov z izboljšano žilavostjo;
- Izdelava termodinamsko metastabilnih gradientnih materialov s tehnologijo LENS;
- Optimiranje postopkov litja pri izdelavi visokotrdnih metastabilnih materialov.

Raziskovalno delo na področju biomedicinskih nanostrukturnih materialov je bilo v letu 2014 usmerjeno v optimiranje postopka sinteze zlatih (Au) nanodelcev z metodo ultrazvočne razpršilne pirolize (USP). S prehodom na modularno zgradbo reaktorja so bili procesi, k potekajo pri sintezi nanodelcev razdeljeni na posamezne faze, ki jih je tako lažje spremljati in optimirati. Da bi dobili vpogled v proces sinteze so bili novi eksperimenti izvedeni z dvema ločenima ogrevalnima sistemoma ob uvedbi redukcijskega plina takoj za fazo izhlapevanja (izhlapevanje kapljic aerosola v prvem ogrevalnem sistemu in območje reakcij v drugem ogrevalnem sistemu). Kasnejša uvedba redukcijskega plina je omogočala ločitev procesov izhlapevanja kapljic aerosola od nastajanja nanodelcev (toplotna dekompozicija in redukcija z H₂) in od procesa zgoščevanja (sintranja) nanodelcev. Tako zastavljen koncept sinteze Au nanodelcev je omogočal tudi boljši nadzor posameznih stopenj faz sinteze. Posledično so se odprle možnosti za natančnejšo določitev mehanizma nastanka nanodelcev. Au nanodelci so bili pripravljani v ultrazvočnem generatorju iz razredčene raztopine perkursorja HAuCl₄ s tremi različnimi koncentracijami: 0,5 g/l Au, 1,25 g/l Au in 2,5 g/l Au. Eksperimentalno delo je bilo realizirano v sodelovanju z Inštitutom IME na Univerzi RWTH Aachen (Nemčija).

Za karakterizacijo Au nanodelcev so bile uporabljene različne tehnike: SEM ter STEM mikroskopija z EDX analizo ter DLS meritev za merjenje velikosti in zeta potenciala Au nanodelcev. Preiskave so pokazale, da so nanodelci okrogli (predvsem manjši nanodelci do okoli 20 nm premera), šestkotni ali večkotni oziroma nepravilnih oblik. Natančnejša analiza rezultatov je tudi pokazala, da imajo nanodelci v splošnem bimodalno razporeditev velikosti, ki je odvisna od začetne koncentracije Au v prekursorju. Pri visoki koncentraciji Au (2,5 g/l) ima bimodalna razporeditev velikosti nanodelcev vrednosti 20-60 nm in 120-300 nm. Pri srednji koncentraciji Au (1,25 g/l) so velikosti nanodelcev v velikostnih razredih 4-18 nm in 30-180 nm. Au nanodelci, ki so bili pripravljani z nizko koncentracijo Au (0,5 g/l), pa nimajo bimodalne porazdelitve velikosti, saj se velikosti nanodelcev gibljejo v celotnem območju med 10 in 120 nm. Z elektronsko difrakcijo je bila določena smer rasti nanokristalov ter njihova kristalna struktura (Fm-3m). Podana je bila tudi razlaga pojava bimodalne porazdelitve nanodelcev in verjetni mehanizem procesa nastanka (droplet to particle and gas to particle formation mechanisms).

Na področju nanostrukturnih materialov izdelanih s postopki ekstremne plastične deformacije je bil obravnavan problem izboljšanja žilavosti pri izdelkih makroskopskih dimenzij. Materiali, ki so zgrajeni iz nanostrukturnih elementov in imajo kot izdelki (palice, trakovi) makroskopske dimenzije so praviloma krhki, saj vsebujejo veliko količino notranje energije, ki se je shranila v mikrostrukturi materiala med ekstremno plastično deformacijo. Za odstranitev te energije ni moč uporabiti klasične toplotne obdelave, saj bi slednja uničila nanostrukturne elemente. Z uporabo disperzijsko utrjenih

kovin (disperzija nano velikih keramičnih delcev po volumnu kristalnih zrn kovine) namesto čistih kovin ali zlitin so bili na tem področju v raziskovalnem letu 2014 doseženi prvi spodbudni rezultati. Analiza rezultatov je pokazala, da interakcije dislokacij z dispergiranimi nano delci oksidov med procesom ekstremne plastične deformacije močno intenzivirajo fragmentacijo kristalnih zrn. Pri tem se potroši večina energije, ki se je v mikrostrukturi uskladiščila med ekstremno plastično deformacijo. Posledično se žilavost materialov močno izboljša. Nadaljnje raziskave na tem področju bodo potekale v smeri optimiranja kemijske sestave in parametrov termomehanske obdelave.

Na področju razvoja novih tehnologij za izdelavo termodinamsko metastabilnih materialov je bila v letu 2014 analizirana tehnika laserskega navarjanja za izdelavo gradientnega materiala v sistemu jeklo-Cu. Uporabljena je bila tehnologija LENS (Laser Engineered Net Shaping), ki spada med dodajalne slojevite tehnologije. V raziskavah je bil analiziran vpliv parametrov plastne gradnje in termičnih pogojev tehnologije LENS na razvoj mikrostrukture in posledično na mehanske lastnosti. Za lažje razumevanje so bili izdelali referenčni vzorci različnih kemijskih sestav s klasično tehnologijo litja. Za določene sestave so bile izmerjene tudi ohlajevalne hitrosti. S pomočjo različnih analiznih metod (mikrostrukturnih, kemijskih, termodinamičnih in faznih), so bile ugotovljene fazne sestave v gradientnih plasteh. Raziskan je bil tudi vpliv tehnoloških parametrov na tvorbo razpok in razvoj mikrostrukture glede na kemijsko sestavo in razmere pri strjevanju. Na področju kemijskih sestav, ki so dovzetne za nastanek razpok, je bil potrjen mehanizem zalitja razpok kot posledica toplotnega vpliva in nanosa novih plasti. Za odkrivanje vplivov fazne sestave na mehanske lastnosti zlitin so bili izvedeni natezni preizkusi ter meritve mikrotrdote z uporabo naprave za zaznavanje globine vtiska. Rezultati so nakazi možnost uspešne izdelave vzorcev funkcionalno gradientnih materialov H13-Cu s tehnologijo LENS.

Na področju razvoja visokotrdnostnih termodinamsko metastabilnih materialov je bila v letu 2014 glavnina eksperimentalnega dela usmerjena v izdelavo optimiziranih zlitin Al-Mn-Be-Cu, v katerih nastanejo kvazikristali že pri sorazmerno majhnih hitrostih ohlajanja. Eden izmed takšnih postopkov je npr. gravitacijsko litje v bakreno kokilo. V odvisnosti od kemijske sestave zlitine in razmer pri ohlajanju lahko prevladujejo ali primarni kvazikristali ali pa kvazikristali v okviru binarnega evtektskega zloga. V teh zlitinah je bil podrobno opredeljen vpliv temperature žarjenja na mikrotrdoto. V nasprotju s hitrostrjenimi trakovi teh zlitin se trdota bistveno ne spremeni. Pri toplotnih obdelavah pri 200 °C in 300 °C se trdota nekoliko poveča, pri višjih temperaturah pa se le nekoliko zmanjša. Vendar pa trdota okoli 120 HV presega trdoto večine aluminijev zlitin. V sodelovanju s sinhrotronom Elettra (Elettra, Sincrotrone, Trieste, Italy) in avstrijskim centrom za elektronsko mikroskopijo (Austrian Centre for Electron Microscopy, Graz, Avstrija) so bili podrobno opredeljeni izločki, ki se pojavljajo pri strjevanju. V letu 2013 je bilo že ugotovljeno, da pri nižjih temperaturah nastajajo izločki iz sistema Al-Cu ter kvazikristalna faza, medtem ko pri višjih temperaturah nastaja faza T (Al₂₀Mn₃Cu₂). Pri novih raziskavah v letu 2014 pa je bila opredeljena kristalografska orientacija med izločki teh

faz in aluminijevo osnovo. Ugotovljeno je bilo, da imajo prav vse faze neko kristalografsko orientacijo z osnovo, kar jim omogoča, da tvorijo koherentne ali vsaj delno koherentne fazne meje z osnovo. Prav tako je bil na osnovi difuzivnosti posameznih elementov in gonilne sile za izločanje posameznih faz pojasnjen vpliv temperature na zaporedje izločanja.

3. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem programu in zastavljenih raziskovalnih ciljev v letu 2014²

SLO

V letu 2014 je bilo načrtovano raziskovalno delo v okviru programa "Tehnologije metastabilnih materialov s kovinsko osnovo" v celoti realizirano. Doseženi so bili tudi vsi osnovni cilji. Nadaljevali smo z razvojem in optimiranjem postopka ultrazvočne pirolize za izdelavo nanodelcev zlata. Z razdelitvijo (moduliranjem) reakcijskega prostora na medsebojno ločene cone, smo lahko optimirali parametre za potek delnih reakcij oziroma posameznih faz v okviru sinteze nanodelcev (sušenje, dekompozicija, sintranje). Pristop z uporabo ločenega izhlapevanja in kasnejša uvedba plina v reakcijsko komoro, kjer poteka toplotna dekompozicija in redukcija, je odpravila tudi nekatere tehnološke probleme, s katerimi smo se srečevali v prejšnjih poskusih sinteze nanodelcev (tvorba nanodelcev na steni reakcijske komore znotraj ultrazvočnega generatorja; nastanek nesferičnih nanodelcev; nizka stopnja produktivnosti). Med ogrevalnimi območji smo uvedli merjenje velikosti aerosola oziroma delcev s pomočjo sistema LLS - sipanje svetlobe laserja. Z merjenjem velikosti smo dobili vpogled v nastanek delcev pri teh procesih, kar je omogočilo optimiranje procesa. Le to je potrebno za prenos tehnologije izdelave nanodelcev v industrijsko okolje. Takšno spremljanje procesa omogoča tudi postavitev natančnejšega modela nastanka nanodelcev, kar predstavlja velik napredek na teoretičnem, znanstvenem področju. Z došedanjim raziskovalnim delom pridobljena znanja na področju sinteze nanodelcev omogočajo poglobitev sodelovanje z industrijskimi partnerji, ki bi se naj zaključila z izdelavo industrijskega reaktorja za kontrolirano sintezo kovinskih nanodelcev.

Na področju iskanja novih tehnologij za izdelavo metastabilnih kovinskih materialov z izboljšano kombinacijo lastnosti oziroma z drugačnimi, tudi funkcionalnimi lastnostmi, smo uspešno uporabili kombinacijo procesov notranje oksidacije in ekstremne plastične deformacije za izdelavo nanostrukturnega kompozita z izboljšano žilavostjo, ter LENS tehnologijo za izdelavo metastabilnih gradientnih materialov.

Aktivnosti programske skupine so bile v preteklem letu tako kot vsa prejšnja leta usmerjene tudi v predstavitev rezultatov raziskovalnega dela v znanstvenih publikacijah, s predstavitvami na domači in mednarodnih konferencah, ter v poročilih in sporočilih za javnost na spletnih straneh in drugih notranje ustvarjenih podporah.

4.Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine v letu 2014³

Raziskovalno delo programske skupine je v letu 2014 potekalo v skladu z načrtom raziskovalnega programa. Sprememb v sestavi programske skupine ni bilo.

5.Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine v letu 2014⁴

Znanstveni dosežek	
1.	COBISS ID 27671847 Vir: COBISS.SI
Naslov	<p><i>SLO</i> Vpliv velikosti zlatih nanodelcev na dozorevanje in antitumorske funkcije človeških dendritskih celic in vitro</p> <p><i>ANG</i> Size-dependent effects of gold nanoparticles uptake on maturation and antitumor functions of human dendritic cells in vitro</p>
Opis	<p><i>SLO</i> Zlati nanodelci (GNP) se smatrajo kot izjemno biomedicinsko orodje za diagnosticiranje in foto-termalno terapijo rakavih obolenj, za katere pa še niso popolnoma znani morebitni škodljivi imunološki učinki. Z uporabo modela s človeškimi dendritskimi celicami (DC) smo pokazali da so 10- in 50-nanometrski GNP (GNP10 in GNP50) vstopili v celice pretežno preko dynamin-mehanizmov. Oboji so poslabšali zorenje celic s pomočjo LPS in alostimulatorno kapaciteto dendritskih celic, čeprav je bil učinek GNP10 bolj viden. Vendar so GNP10 zavirali nastanek IL-12p70 z DC, povzročeni z LPS, in potencirali kapaciteto polarizacije s Th2. GNP50 so spodbudili polarizacijo s Th17. Učinki GNP10 imajo korelacijo z močnejšim zaviranjem sprememb, povzročenih z LPS, in oscilacij s Ca⁺, z njihovim povečanim številom glede na DC, in pogostejšo zunaj-endozomsko lokalizacijo, kar je potrdilo slikanje živih celic, ter protonska in elektronska mikroskopija. Tudi, ko so GNP10 bile sproščene iz nekrotičnih HEp-2 celic, so oslabili zorenje in funkcije DC, povzročene z nekrotičnimi rakastimi celicami, ojačali njihovo kapaciteto za polarizacijo s Th2/Th17, in s tem oslabilizmožnosti DC-jev za sprožanje T-celično posredovanje citotoksičnosti in vitro. GNP10 tako potencialno sprožijo več škodljivih DC imunoloških učinkov, v primerjavi z GNP50.</p> <p><i>ANG</i> Gold nanoparticles (GNPs) are claimed as outstanding biomedical tools for cancer diagnostics and photo-thermal therapy, but without enough evidence on their potentially adverse immunological effects. Using a model of human dendritic cells (DCs), we showed that 10 nm- and 50 nm-sized GNPs (GNP10 and GNP50, respectively) were internalized predominantly via dynamin-dependent mechanisms, and they both impaired LPS-induced maturation and allostimulatory capacity of DCs, although the effect of GNP10 was more prominent. However, GNP10 inhibited LPS-induced production of IL-12p70 by DCs, and potentiated their Th2 polarization capacity, while GNP50 promoted Th17 polarization. Such effects of GNP10 correlated with a stronger inhibition of LPS-induced changes in Ca²⁺ oscillations, their higher number per DC, and more frequent extraendosomal localization, as judged by live-cell imaging, proton, and electron microscopy, respectively. Even when released from heat-killed necrotic HEp-2 cells, GNP10 inhibited the necrotic tumor cell-induced maturation and functions of DCs, potentiated their Th2/Th17 polarization capacity, and thus, impaired the DCs% capacity to induce T cell-mediated anti-tumor cytotoxicity in vitro. Therefore, GNP10 could potentially induce more adverse DC-mediated immunological effects, compared to GNP50.</p>
Objavljeno v	Public Library of Science; PloS one; 2014; Vol. 9, no. 13; str. e96584-1-e96584-12; Impact Factor: 3.534; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.663; A': 1; WoS: RO; Avtorji / Authors: Tomić Sergej, Ogrinc Potočnik Nina, Rudolf Rebecka, Pelicon Primož, Anžel Ivan,

		Rupnik Marjan, Đokić Jelena, Đokić Jelena, Đokić Jelena
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
2.	COBISS ID	18017302 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Mikrostruktura in biokompatibilnost trakov Au-La
		<i>ANG</i> Microstructure and biocompatibility of gold-lanthanum strips
	Opis	<p><i>SLO</i> Mikrolegiranje čistega zlata, ki ima najvišjo biokompatibilnost, vendar relativno nizko mejo tečenja in slabo obrabno odpornost, lahko izboljša njegovo uporabnost kot nakit in biomedicinski vsadki. Cilj te študije je bila analiza mikrostrukture in biokompatibilnost Au-Lantana (Au-0,5 mas.% La), mikro trakov kot potencialnega biomateriala v zobozdravstvu in medicini. Ugotovili smo, da mikrolegiranje Au z La ustvari zelo fina nanostrukturna zrna homogeno razpršena skozi celotno prostornino hitro strjenih (RS) zlitin. To sproži nastanek Au6La faze, ki poveča trdnost in s tem tudi bistveno trdoto zlitine. Z hitrim strjevanjem RS, velikim zmanjšanjem zrn in mikrosegregacijo povečamo dodatno trdnost zlitine . Naši rezultati kažejo, da Au-La mikro trakovi, čeprav necitotoksični za L929 celice, podganje timocite, podganje peritonealne makrofage (PMO) in človeške(humane) periferne krvne enojedrne celice (PB-MNCs), lahko aktivirajo imunske celice. Namreč, RS Au-La mikro trakovi so spodbudili nastajanje NO s PMO. Uporaba modela phytohemaglutinina (PHA) -stimuliranega humanega PB-MNCs smo ugotovili, da so RS Au-La trakovi povečali proliferacijo(širjenje) teh celic in spodbudili proizvodnjo Th1, Th17 citokinov in imunoregulatomih citokinov IL-10. Naši rezultati kažejo, da so RS Au-La mikro trakovi biokompatibilni, vendar da lahko modulirajo imunski odziv. Zato je treba njihovo uporabo na področju potencialnih vsadkov skrbno proučiti.</p> <p><i>ANG</i> Microalloying of pure gold, which has the highest biocompatibility but relatively low yield strength and poor wear resistance, might improve its applicability as adornments and biomedical implants. The objective of this study was to analyse the microstructure and biocompatibility of gold-lanthanum (Au-0.5 wt% La) microstrips as a potential biomaterial in dentistry or medicine. We found that microalloying of Au with La produced very fine nanosized grains homogeneously dispersed through the entire volume of the rapidly solidified (RS) alloys. This initiates the formation of Au6La phase which increases strength and hardness of the alloy significantly. By RS, large reduction of grains and microsegregation increases the strength of the alloy additionally. Our results suggest that Au-La microstrips, although non-cytotoxic for L929 cells, rat thymocytes, rat peritoneal macrophages (PMØ) and human peripheral blood mononuclear cells (PBMNCs), can activate immune cells. Namely, RS Au-La microstrips stimulated the production of nitric oxide (NO) by PMØ. Using a model of phytohemaglutinine (PHA)-stimulated human PBMNCs, we found that RS Au-La strips increased the proliferation of these cells and stimulated the production of Th1, Th17 cytokines, and immunoregulatory cytokine IL-10. Our results suggest that RS Au-La microstrips are biocompatible, but they can modulate the immune response. Therefore, their use as potential implants should be considered carefully.</p>
	Objavljeno v	Springer; Gold bulletin; 2014; Vol. 47, iss. 4; str. 263-273; Impact Factor: 1.840;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.554; WoS: EC, EI, PM; Avtorji / Authors: Rudolf Rebecka, Tomić Sergej, Anžel Ivan, Zupančič Hartner Tjaša, Čolić Miodrag
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	18035478 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Mikrostruktura zlitine Al-Mn-Be-B
		<i>ANG</i> Microstructure of an Al-Mn-Be-B alloy

Opis	SLO	Ugotavljali smo učinek bora na strjevanje in procese pri toplotni obdelavi. Med počasnih ohlajanjem zlitine Al89Mn2Be2B7 se tvori več faz: BeB12, AlBeB, T-Al15Mn3Be2, Al6Mn in aluminijeva trdna raztopina. Ikozaedrična kvazikristalna faza nastane pri hitrem ohlajanju na vrtečem se kolesu. Del Be in B se izloči kot spojina AlBeB. Primarni kvazikristali ostanejo v mikrostrukturi do 400 °C, medtem ko se pri temperaturah nad 450 °C začne začetna mikrostruktura spreminjati v AlBeB, Al6Mn in aluminijev trdno raztopino. Te faze so verjetno stabilne faze v tej zlitini pod temperaturo solvus. Trdota zlitine se skorajda ne spremeni do 400 °C, medtem ko se pri temperaturah nad 450 °C hitro zmanjša.	
	ANG	The aim of this work was to determine the effect of boron on the solidification and processes taking place during heat treatment of an Al-Mn-Be-based alloy. Several phases formed upon slow cooling of the investigated alloy Al89Mn2Be2B7: BeB12, AlBeB, T-Al15Mn3Be2, Al6Mn and aluminium solid solution (Alss). An icosahedral quasicrystalline phase (IQC) was formed during rapid solidification by melt spinning; partly dissolving Be and B, while the remaining Be and B precipitated as a ternary compound AlBeB. The primary IQC persisted within the microstructure up to 400 °C, whilst at temperatures above 450 °C the initial microstructure started to transform quickly into AlBeB, Al6Mn and Alss, which appeared to be the stable phases below the alloy's solidus temperature. The hardness remained almost unchanged up to 400 °C, whilst at temperatures above 450 °C it dropped abruptly	
	Objavljeno v	Elsevier Sequoia; Journal of alloys and compounds; 2014; Vol. 617; str. 174-179; Impact Factor: 2.726; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.916; A': 1; WoS: EI, PM, PZ; Avtorji / Authors: Zupanič Franc, Bončina Tonica	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
4.	COBISS ID	17537814	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Preiskave korozije na površini Ti substrata povzročene s kombinacijo alkalnega medija in toplotne obdelave	
	ANG	Investigations of corrosion on the surface of titanium substrate caused by combined alkaline and heat treatment	
Opis	SLO	V tej raziskavi je bilo pokazano, da se struktura spreminja gradientno po globini titanove osnove, po jedkanju z NaOH in kasneje po toplotni obdelavi, pri različnih temperaturah med 300 in 800 °C. Raziskave so bile narejene s pomočjo XRD, FTIR in AES analiz. Še posebej so bile analizirane spremembe Ti substrata po jedkanju z NaOH, po ionski izmenjav Na+ z Ca2+ ioni in po toplotni obdelavi pri 700 °C. Zaradi tega pristopa je bilo mogoče dobiti vpogled v kemijske spremembe in spremembe Ti oksidacijskih stanj in s tem posledično v fazno analizo, po globini titanovega oksida. SEI analiza je pokazala zelo zanimivo nanotopologijo vseh vzorcev. Posebno zanimiva je topologijo, ki je sestavljena iz zelo tankih nanodizajniranih sten, ki so med seboj povezane s porami, in smo jo opazili v vzorcu, v katerem so se Na +ioni nadomestili z Ca2+ ioni. Ta struktura bi bila primerna za usedanje hidroksiapatita s pomočjo biometričnih ali plazma metod in predstavlja primeren gradnik-skelet za adhezijo celic in njihovo proliferacijo.	
	ANG	In this research, the structure changes along the depth of gradient layers of titanium substrate, after etching with NaOH and subsequent thermal treatment at various temperatures between 300 and 800 °C, were investigated by XRD, FTIR and AES. Particularly, the changes of Ti substrate after etching with NaOH, subsequent ionic exchange of Na+ with Ca2+ ions and thermal treatment at 700 °C were analysed. Due to this approach, it was possible to get insight into the chemical changes and changes of Ti oxidation states and consequent phase analysis, along the depth of the titanium oxide coatings. In addition, Secondary	

		Electron Imaging (SEI) showed very interesting nanotopology of all samples. Particularly interesting topology, consisting of very thin nano-designed walls between mutually interconnected pores, was observed for the sample in which Na ⁺ were replaced with Ca ²⁺ ions. This structure might be suitable for deposition of hydroxyapatite by biomimetic or plasma methods and as an appropriate scaffold for cell adhesion and proliferation.
	Objavljeno v	Pergamon Press; Corrosion science; 2014; Vol. 82; 180-190 str.; Impact Factor: 3.686; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.916; A ^{''} : 1; A ['] : 1; WoS: PM, PZ; Avtorji / Authors: Jokanović Vukoman, Vilotijević Mirosljub, Jokanović B., Jenko Monika, Anžel Ivan, Stamenković Dragoslav, Lazić Vojkan, Rudolf Rebeka
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
5.	COBISS ID	17823510 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Iztiskanje disperzijsko utrjenega bakra po postopku ECAP
		<i>ANG</i> Pressing of partially oxide-dispersion-strengthened Copper using the ECAP process
	Opis	<p><i>SLO</i> Kombinacija notranje oksidacije (NO) in postopka ECAP je bila uporabljena za združitev disperzijskega in deformacijskega utrjanja za izboljšanje lastnosti zlitine Cu-Al z 0,4 % Al. Notranja oksidacija je v prvem koraku eksperimenta zagotovila disperzijsko utrjanje plašča preizkušanca s fino disperzijo nano velikih oksidnih delcev. Eksperiment se je nadaljeval z deformacijskim utrjanjem, izvedenim z ECAP-postopkom, ki je omogočil ekstremno plastično deformacijo s čistim strigom.</p> <p>Preučeno je bilo tudi tečenje materiala na makronivoju v delno notranje oksidiranem Cu-0,4 % Al preizkušancu in homogenem referenčnem vzorcu iz modelirne mase z namenom analize vpliva cone notranje oksidacije na vedenje tečenja materiala med ECAP-postopkom. Analiza je bila izvedena z namenom odkriti enakomernost porazdelitve deformacije in pridobitve informacij o deformacijskem utrjanju po volumnu preizkušanca.</p> <p>Ugotovili smo, da imajo oksidni delci na makronivoju zelo majhen vpliv na tečenje materiala med ECAP-postopkom, vendar je bila stopnja deformacijskega utrjanja v coni notranje oksidacije veliko nižja kot pa v neoksidiranem jedru. Kombinacija notranje oksidacije in ECAP-postopka nam omogoča izdelavo Cu-kompozita, sestavljenega iz utrjenega oksidiranega plašča z dobro električno in toplotno prevodnostjo ter visoko utrjenega jedra. Ta kombinacija je nova tehnološka pot za izdelavo visokotrnostnega Cu-kompozita, ki bi se lahko uporabljal tudi pri višjih temperaturah.</p>
		<p><i>ANG</i> A combination of internal oxidation (IO) and equal channel angular pressing (ECAP) was used to explore the possibility of uniting the mechanisms of dispersion and deformation strengthening to improve the properties of a Cu-Al alloy with 0.4 % Al. The IO of Cu-Al billets served in the first step of the experiment as a means for dispersion, strengthening the mantle of the billets with a fine dispersion of nanosized oxide particles. The experimental procedure continued with deformation strengthening performed by ECAP, which allowed an intense plastic strain through simple shear. Material flow in a partly internally oxidized Cu-0.4 % Al billet and in a homogenous reference sample made of modelling mass was also studied to analyse, on the macroscale, the influence of the internal oxidation zone (IOZ) on the material flow behaviour during the ECAP process. The analysis was performed with the aim of revealing the uniformity of the strain distribution and to obtain information about the deformation strengthening across the volume of the billet.</p> <p>We found that the oxide particles have a minor influence on the material</p>

	flow on the macroscopic scale during the ECAP process. However, the degree of deformation strengthening in the IOZ was much lower than in the unoxidized core region. The combination of IO and ECAP allows us to produce a Cu composite composed of a hardened oxidized mantle region with good electrical and thermal conductivity and a high-hardened core region. This combination represents a new technological route for the production of high-hardness Cu composites, which could also be used at higher temperatures.
Objavljeno v	Inštitut za kovinske materiale in tehnologije; Materiali in tehnologije; 2014; Let. 48, št. 3; str. 379-384; Impact Factor: 0.555; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.554; WoS: PM; Avtorji / Authors: Kos Matija, Ferčec Janko, Brunčko Mihael, Rudolf Rebeka, Anžel Ivan
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek

6. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati programske skupine v letu 2014⁵

Družbeno-ekonomski dosežek		
1.	COBISS ID	18301462 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Sinteza oksidnih in kovinsko/oksidnih nanodelcev z ultrazvočno razpršilno pirolizo
	ANG	Synthesis of the oxide and metal/oxide nanoparticles by the Ultrasonic Spray Pyrolysis
Opis	SLO	Nanodelci obravnavani v tej doktorski disertaciji spadajo v precej dobro raziskano skupino nanomaterialov, sintetiziranih z različnimi metodami in številnimi aplikacijami. Nekatere najbolj tipične uporabe kompleksnih kovinskih in oksidnih nanostruktur so na primer v katalizi in fotokatalizi. Pomembno je upoštevati, da so karakteristike in morfologija nanodelcev odvisne od metode sinteze. Tako lahko pričakujemo, da manjše spremembe v procesu vodijo do drugačnih karakteristik končnega proizvoda, zlasti glede mikrostrukture in funkcionalnosti. Zaradi tega se nove metode sinteze razvijajo in testirajo že desetletja. Zato, da oblikujemo in nadziramo karakteristike končnega proizvoda, je potrebno poznati mehanizme nastanka nanodelcev za vsako metodo sinteze. Poseben doprinos v okviru disertacije so nanodelci v tem prispevku je nova metoda za izboljšanje triboloških in električnih lastnosti, ter življenjske dobe galvanskih zlatih plasti z uporabo nanodelcev.
	ANG	The nanoparticles investigated in this work are the very good studied nanomaterials, synthesized with various methods and with the numerous applications. Some of the most typical applications of the complex metal/oxide structures are for example, the catalysis and photocatalysis. Important is to notice that the characteristics and the morphology of the nanoparticles are dependent on the synthesis method. For this reason, it is to expect that a slight process differences can lead to the different final product characteristics, especially microstructure and functionality. Due to this, new synthesis methods are developed and tested for decades. In order to design and control the end product characteristics, for each synthesis method, the nanoparticle formation mechanism has to be understood. The special application for the nanoparticles studied in this work is the novel method for the improvement of the tribological and the electrical properties and the life time of the galvanic gold layers by the incorporation of the nanoparticles.
Šifra	D.09 Mentorstvo doktorandom	
Objavljeno v	J. Bogovic]; 2014; V, 135 f.; Avtorji / Authors: Bogovic Jelena	

	Tipologija	2.08 Doktorska disertacija	
2.	COBISS ID	18128918	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Izločevalno utrjena dentalna Ni-zlitina z velikim deležem Nb izdelana s postopkom kontinuirnega litja
		ANG	Precipitation-hardened Ni-based dental alloy with a high Nb-content manufactured by a process of continuous casting
	Opis	SLO	Bilateralni projekt med Slovenijo in Brazilijo je bil odobren v okviru tega raziskovalnega programa. Rezultat uspešnega sodelovanja obeh timov je bila optimizacija kemijske sestave nikljeve dentalne zlitine. Nadaljnji preskusi kontinuirnega litja so pokazali, da je optimizirana zlitina primerna za kontinuirno litje. Tako lahko kontinuirno litje postane temeljni postopek za izdelavo teh vrst zlitin. Brazilska stran namerava zaprositi za brazilski patent.
		ANG	A bilateral project between Slovenia and Brazilia was approved within the framework of the research programme. A fruitful collaboration of both team lead to optimisation of chemical composition of a Ni-based dental alloy. This was followed by continuous casting trials that proved that the optimised alloy is convenient for manufacturing with continuous casting. Thus, continuous casting may become a predominant method for producing this type of alloys. The Brazilian site intents to apply for the Brazilian patent.
	Šifra	F.06 Razvoj novega izdelka	
	Objavljeno v	Urad RS za intelektualno lastnino; 2014; [2] str.; Avtorji / Authors: Zupanič Franc, Bončina Tonica, Lojen Gorazd, Nunes Carlos A., Dos Santos Claudinei, Coelho Gilberto Carvalho, Alkmin Luciano Braga, Correa de Toledo Cury Paula Letícia	
	Tipologija	2.23 Patentna prijava	
3.	COBISS ID	78822913	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Merjenje trdote
		ANG	Hardness measurement:
	Opis	SLO	Vsebina učnega gradiva je razdeljena na tri dele. Prvi del podaja pregled postopkov merjenja trdote, od tradicionalnih do novejših, z opisi principov delovanja aparatov, prednosti in slabosti posameznih postopkov in njihovega namena oz. uporabnosti za določene skupine materialov in preizkušancev. S tem predstavlja to učno gradivo verjetno najboljše pregled postopkov merjenja trdote v slovenskem jeziku, ki raziskovalcu lahko olajša iskanje in izbiro najprimernejšega postopka. Drugi del je posvečen problematiki pretvarjanja trdot med različnimi lestvicami. Opozarja na zahteve, ki jih je pri tem potrebno upoštevati, na pogosto spregledane pasti in na napake, ki so posledica tega. Tretji del vsebuje navodila za delo pri laboratorijskih vajah laboratorijskih. Navodila so razčlenjena na posamezne naloge. Pri vsaki nalogi so podana natančna navodila za izvedbo in razlaga postopkov. Ta del študijskega gradiva študentom omogoča, da se na vaje pripravijo in na vajah samostojno in pravilno predpišejo parametre meritev in naredijo meritve trdote po Brinellu, Vickersu in Rockwellu. Prav tako predstavlja literaturo, ki je v pomoč pri pripravi na pisni izpit.

		<p>most appropriate method for the specific case.</p> <p>The second part is devoted to the problem of conversion between different hardness scales. It points out the crucial requirements, indicates some frequently overlooked traps and errors that can result from this.</p> <p>The third part contains instructions for students for the laboratory work. The instructions are parsed into individual tasks. For each task, precise instructions are given and interpretation of procedures. This part of the courseware enables the students to prepare for the laboratory course: They are able to determine the correct, method and specimen dependent parameters for measuring, to independently perform the measurements of Brinell-, Vickers- and Rockwell-hardness and to obtain the correct results.</p>	
	ANG		
Šifra	D.10 Pedagoško delo		
Objavljeno v	Fakulteta za strojništvo; 2014; 122 str.; Avtorji / Authors: Lojen Gorazd		
Tipologija	2.05 Drugo učno gradivo		
4.	COBISS ID	18007830	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Razvoj mikrostrukture pri izdelavi gradientnega materiala H13-Cu s tehnologijo LENS	
	ANG	Microstructure development of functionally graded material H13-Cu with LENS technology	
Opis	SLO	<p>Tehnologija LENS predstavlja sodobno dodajalno tehnologijo nanašanja kovinskih materialov. Prikazana je idejna zasnova uporabe visokotehnoloških materialov v orodjih za brizganje umetnih mas ter orodjih za tlačno litje lahkih kovin in njihovih zlitin, izdelanih z omenjeno tehnologijo. V praksi se pogosto zgodi, da pride med strjevanjem do odstopanj dimenzijskih in oblikovnih toleranc izdelka zaradi neenakomerne porazdelitve temperature v orodju ter posledično v izdelku med ohlajanjem. Hkrati pa toplotna prevodnost orodnih jekel omejuje čas ohlajanja ter posledično produktivnost orodij. Obravnavana problematika sinteze zlitine orodnega jekla H13 in bakra v funkcionalno gradientnih materialih s specifično mikrostrukuro in kombinacijo lastnosti predstavlja nove možnosti optimizacije na tem področju. V disertaciji je predstavljen vpliv plastne gradnje in termičnih pogojev tehnologije LENS na razvoj mikrostrukture in posledično na mehanske lastnosti. Za boljše razumevanje zlitinskega sistema smo okarakterizirali referenčne vzorce, izdelane s tehnologijo litja, kjer smo se približali ravnotežnemu strjevanju. Z uporabo različnih analiznih metod smo določili fazne sestave ter vpliv tehnologije na tvorbo razpok in razvoj mikrostrukture v odvisnosti od kemijske sestave in razmer pri strjevanju. Na področju kemijskih sestav, ki so dovzetne za nastanek razpok, smo odkrili mehanizem zalitja razpok, ki je posledica popolnega močenja bakra in temperaturnih razmer pri nanosu novih plasti. Za razumevanje vpliva faznih sestav na mehanske lastnosti zlitin so bili izvedeni natezni preizkusi ter meritve mikrotrdot. Rezultati kažejo možnost uspešne izdelave vzorcev funkcionalno gradientnih materialov H13-Cu s tehnologijo LENS. Pojasnjen je vpliv pogojev strjevanja na razvoj mikrostrukture ter postavljen model razvoja in stabilnosti mikrostrukture v trdnem.</p>	
			<p>LENS technology represents a modern additive technology for the application of metallic materials. In this dissertation, the conceptual design of the use of high-tech materials is presented in tools for injection moulding as well as tools for die casting of light metals fabricated with this technology. In practice, deviations of dimensional and design tolerances of the product frequently occur during the solidification due to uneven temperature distribution in the tool and consequently, in the product during cooling. At the same time, thermal</p>

		<p>conductivity of tool steels limits the cooling time and consequently, the productivity of tools. The presented problem of synthesizing a H13 tool steel and copper alloy using functionally graded materials with specific microstructure and a combination of properties represents new possibilities for optimization in this field. The dissertation shows the influence of the layered deposition and thermal conditions of the LENS technology on the development of microstructure and consequently, mechanical properties. For easier understanding, we characterized reference samples of different chemical compositions using the traditional casting technology. Using various analyses, such as microstructural, chemical, thermal and phase, we determined phase compositions as well as the impact of technology on the formation of cracks and the development of microstructure, depending on the chemical composition and solidification conditions. In the field of chemical compositions which are susceptible to cracking, we examined the crack-filling mechanism, which is a result of complete wetting of copper and temperature conditions during the deposition of new layers. To examine the effects of phase compositions on mechanical properties of the alloys, tensile tests and microhardness measurements were carried out. Results show the possibility of a successful fabrication of samples of functionally graded materials H13-Cu using the LENS technology. Finally, the influence of solidification conditions on microstructure development as well as the model of microstructure development and stability are explained.</p>	
	ANG		
Šifra	D.09	Mentorstvo doktorandom	
Objavljeno v	U. Artiček]; 2014; VII, 107 str.; Avtorji / Authors: Artiček Uroš		
Tipologija	2.08 Doktorska disertacija		
5.	COBISS ID	272702208	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Vpliv ekstremne plastične deformacije na mikrostrukturo in lastnosti kovinskih materialov	
	ANG	Influence of extreme plastic deformaciton on the microstructure and properties of metal materials	
Opis	SLO	<p>V doktorski disertaciji je obravnavana problematika vpliva ekstremne plastične deformacije na mikrostrukturne spremembe disperzijsko utrjenega bakra, s ciljem, da se združi disperzijsko in deformacijsko utrjanje in ustvari nanostrukturni kompozit z izboljšanimi lastnostmi. V okviru doktorske disertacije je bila raziskana možnost doseganja velikih globin cone notranje oksidacije (CNO). Z modificiranim Rhinesovim paketom je bila dosežena zadostna globina cone notranje oksidacije za študij obnašanja disperzijsko utrjene zlitine med ECAP (Equal channel angular pressing) postopkom. Preučeno je bilo tečenje materiala na makro nivoju pri delno notranje oksidiranem preizkušancu in homogenem referenčnem vzorcu iz modelirne mase z namenom, da se ugotovi vpliv oksidnih delcev v CNO na tečenje materiala med ECAP postopkom in določi porazdelitev deformacije in stopnjo deformacijskega utrjanja po volumnu preizkušanca. Ugotovljeno je bilo, da na makroskopskem nivoju oksidni delci ne vplivajo na tečenje materiala, zato ni razlike v tečenju cone notranje oksidacije in trdne raztopine. S primerjavo razvoja mikrostrukture med ECAP postopkom v disperzijsko utrjenem materialu in trdni raztopini je bil ovrednoten vpliv oksidnih delcev na mehanizem plastične deformacije. Ugotovljeno je bilo, da oksidni delci povečajo fragmentacijo zrn med ekstremno plastično deformacijo, kar privede do nastanka nanometrskih enakoosnih zrn, ki so obdana z amorfnim mejnim področjem. Na osnovi rezultatov je bil postavljen model plastičnega tečenja nanostrukturnega kompozita v katerem se predpostavlja, da plastično tečenje poteka z drsenjem vzdolž mej zrn.</p>	

	ANG	This work deals with the influence of plastic deformation on microstructural evolution of dispersion strengthened copper with the aim of uniting the mechanism of dispersion and deformation strengthening to produce nanostructured composite with improved properties. Within the work the possibility of achieving greater depths of internal oxidation zone was studied. With the modified Rhines package a sufficient depth of internal oxidation zone was reached to study the behaviour of dispersion strengthened alloy during ECAP (Equal channel angular pressing) process. Material flow in a partly internally oxidized billet and in a homogenous reference sample made of modelling mass was also studied to analyse on the macro scale the influence of the internal oxidation zone on material flow behaviour during the ECAP process. The analysis was performed with the aim of revealing the uniformity of strain distribution and to get the information about deformation strengthening across the volume of the billet. It was found out, that on the macro scale the oxide particles do not affect the material flow, therefore there is no difference in flow of internal oxidation zone and solid solution. The influence of oxide particles on the mechanism of plastic deformation was evaluated by comparing the microstructural evolution during ECAP process of dispersion hardened material and solid solution. It was discovered, that the oxide particles increase the fragmentation of the grains during severe plastic deformation, which leads to the formation of nano-sized equiaxed grains with amorphous grain boundaries. Based on the results, the model of plastic flow for nanostructural composite was developed, in which it is assumed, that the plastic flow is carried out with sliding along amorphous grain boundaries.
Šifra	D.09	Mentorstvo doktorandom
Objavljeno v	M. Kos]; 2014; VII, 109 f.;	Avtorji / Authors: Kos Matija
Tipologija	2.08	Doktorska disertacija

7. Drugi pomembni rezultati programske skupine v letu 2014⁶

Dr. Rebeka Rudolf - Razvoj in vodenje raziskovalne skupine Zlatarne Celje;
Dr. Mihael Brunčko - Vodenje projektov v podjetju Magneti d. d. Ljubljana;

Domača nagrada:

RUDOLF, Rebeka, MAJERIČ, Peter. Ultrazvočna razpršilna piroliza za proizvodnjo materialov = Ultrasonic spray pyrolysis in materials production : ID 862. V: METERC, Irena (ur.). Z idejo do odriava. [Ljubljana: SPIRIT Slovenija: Javna agencija Republike Slovenije za spodbujanje podjetništva, inovativnosti, razvoja, investicij in turizma, 2014], str. 11, ilustr.
http://issuu.com/crpdf/docs/a4_katalog_web_73824aa060fc7e. [COBISS.SI-ID 18253590]

SPIRIT Slovenija; Javna agencija Republike Slovenije za spodbujanje podjetništva, inovativnosti, razvoja, investicij in turizma; Z idejo do odriava; 2014; Str. 11; Avtorji / Authors: Rudolf Rebeka, Majerič Peter

Ultrazvočna razpršilna piroliza za proizvodnjo materialov

Prijava inovacije na agenciji Spirit Slovenija je bila uvrščena med najboljše, s čimer je bila pridobljena pravica do predstavitve inovacije na 9. Slovenskem forumu inovacij. Ta forum je osrednji nacionalni poslovni dogodek na temo inovativnosti in podjetništva, ki je potekal med 12. in 13. novembrom 2014 v Cankarjevem domu v Ljubljani.

Predstavitve inovacije: Avtorja skupaj s partnerji načrtujeta postavitev pilotne prototipne ultrazvočne razpršilne pirolize (USP) naprave, ki bo delovala v nadzorovanem industrijskem okolju. Naprava bo namenjena izključno študiju procesa za proizvodnjo nanodelcev zlata, kar bo omejilo možnosti kontaminacije materiala. Predvidena je vertikalna geometrija, s čimer naj bi bil omogočen boljši nadzor nad posameznimi fazami procesa. Cilj je pridobiti sferične nanodelce zlata. Inovacija je v ločenem vnosu plina, ki omogoča sušenje kapljic pred reagiranjem s plinom in s tem pridobivanje nanodelcev zlata enake geometrije.

8. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov v letu 2014⁷

8.1. Diplome v letu 2014⁸

vrsta usposabljanja	število diplom
bolonjski program - I. stopnja	2
bolonjski program - II. stopnja	3
univerzitetni (stari) program	

8.2. Magisterij znanosti in doktorat znanosti v letu 2014⁹

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	MR	
33259	Janko Ferčec	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
34979	Matija Kos	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
32710	Uroš Artiček	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	

Legenda:

- Mag.** - Znanstveni magisterij
- Dr.** - Doktorat znanosti
- MR** - mladi raziskovalec

9. Pretok mladih raziskovalcev – zaposlitev po zaključenem usposabljanju v letu 2014¹⁰

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	Zaposlitev	
33259	Janko Ferčec	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo	

Legenda zaposlitev:

- A** - visokošolski in javni raziskovalni zavodi
- B** - gospodarstvo
- C** - javna uprava
- D** - družbene dejavnosti
- E** - tujina
- F** - drugo

10. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov ter študentov iz tujine v letu 2014, daljše od enega meseca

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Sodelovanje v programski skupini	Število mesecev	

Legenda sodelovanja v programski skupini:

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

11. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v letu 2014¹¹

SLO

European Union Seventh Framework Programme under Grant Agreement 312483 - ESTEEM2
(Integrated Infrastructure Initiative–I3)
Dr. Franc Zupanič

Project title:	Precipitates in high-strength aluminium alloys		
Project acronym:	20140514-Zupanic		
Installation 1:	Sample Preparation	Estimated duration:	5 days
Installation 2:	ASTEM Titan3 60-300	Estimated duration:	5 days
Installation 3:	Data Analysis	Estimated duration:	5 days
Platform:	TU-Graz	Platform leader:	Ferdinand Hofer
Email address:	ferdinand.hofer@felmi-zfe.at	Phone n°:	+43 (0)316 873 8820
Local contact	Ilse Letofsky-Papst	Email address	ilse.papst@felmi-zfe.at

12. Vključenost v projekte za uporabnike, ki so v letu 2014 potekali izven financiranja ARRS¹²

SLO

1. Magneti d.d.: Študije biokompatibilnosti CoCr zlitine (2014)- 100 ur/letno
2. Zlatarna Celje d.d.: Mikrostrukturne raziskave in analize nastalih defektov na različnih izdelkih (2014)- 150 ur/letno

13. Ocena tehnološke zrelosti rezultatov raziskovalnega programa in možnosti za njihovo implementacijo v praksi (točka ni namenjena raziskovalnim programom s področij humanističnih ved)¹³

SLO

Proces USP je v primerjavi z drugimi postopki izdelave nanodelcev relativno enostaven in poceni. Z njim je možno izdelovati nanodelce iz najrazličnejših materialov. To je proces z neprekinjenim tokom, ki poteka pri okoliškem tlaku, zato je bolj ekonomičen kot drugi procesi (v primerjavi s sol-gel procesi in procesi s kemičnim neparjevanjem), kateri vključujejo več korakov ali morajo biti izvedeni v vakuumu. Vsestranskost USP sinteze omogoča tudi masovno proizvodnjo morfološko podobnih nanodelcev kot so npr. aluminijev oksid, titanov dioksid idr., ki se uporabljajo v toplotni izolaciji, pri gorivnih celicah s trdnimi oksidi, itn.

Izdelavo lastnih nanodelcev (predvsem Au) želimo realizirati z vlaganjem v demo napravo, nameščeno v za to pripravljen čisti prostor v Zlatarni Celje d.d. Končni cilj vseh aktivnosti je prodaja Au nanodelcev na EU tržišču ne samo za potrebe biomedicinske stroke.

14. 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 type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
potrebni finančni vložek	EUR
ocena potrebne infrastrukture in	

15. Izjemni dosežek v letu 2014¹⁵

15.1. Izjemni znanstveni dosežek v letu 2014

V letu 2014 sta člana raziskovalne skupine, ki dela na programu P2-0120 (doc. dr. Rebeka Rudolf in prof. dr. Ivan Anžel) skupaj s soavtorji objavila zelo kvaliteten znanstveni članek v reviji Corrosion science z naslovom:
"Preiskave korozije na površini Ti substrata povzročene s kombinacijo alkalnega medija in toplotne obdelave"
Corrosion science; 2014; Vol. 82; 180-190 str.; Impact Factor: 3.686; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.916; A": 1; A': 1; WoS: PM, PZ; Avtorji / Authors: Jokanović Vukoman, Vilotijević Miroљjub, Jokanović B., Jenko Monika, Anžel Ivan, Stamenković Dragoslav, Lazić Vojkan, Rudolf Rebeka

15.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek v letu 2014

--

LETNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA ZA LETO 2014

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

Šifra programa	P2-0063	
Naslov programa	Konstruiranje poroznih struktur Design of porous structures	
Vodja programa	8779 Zoran Ren	
Obseg raziskovalnih ur (vključno s povečanjem financiranja)	v letu 2014:5780	
Cenovni razred		
Trajanje programa	01.2014 - 12.2016	
Izvajalci raziskovalnega programa (javne raziskovalne organizacije - JRO in/ali RO s koncesijo)	795	Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
	797	Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo
	2547	Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2	TEHNIKA
	2.11	Konstruiranje
	2.11.03	Specialna razvojna znanja
Družbeno-ekonomski cilj	06.	Industrijska proizvodnja in tehnologija
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	2	Tehniške in tehnološke vede
	2.03	Mehanika

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

2. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem programu, vključno s predloženim dopolnjenim programom dela v primeru povečanja financiranja raziskovalnega programa v letu 2014¹

SLO

Raziskovalno delo na področju obravnave poroznih materialov in njihove uporabnosti za gradnjo konstrukcij je obravnavalo izdelavo novih in-situ s peno napoljenih cevi iz Al zlitine, vključno z natančno analizo faze penjenja, in študijo mehanskega odziva le-teh pri kvazi-statičnih in dinamičnih upogibnih obremenitvah. Kompozitne strukture so bile izdelane z metodo penjenja, ki temelji na kompaktiranju Al prahu. Proizvodni postopek zajema

segrevanje penilca nad temperaturo tališča v tankostenski Al cevi. Med izdelavo kompozitnih vzorcev so bili prav tako analizirani in ustrezno nastavljeni različni proizvodni parametri. Mehanski odziv in porušitveni mehanizmi so bili ovrednoteni s tri-točkovnimi upogibnimi eksperimenti podprtimi z infrardečo termografijo. Upogibne lastnosti in-situ s peno napolnjenih cevi in toplotno obdelanih ex-situ s peno napolnjenih cevi so bile prav tako primerjane s toplotno obdelanimi praznimi cevmi. Pridobljeni rezultati opisujejo in pojasnjujejo strukturne spremembe v toplotno obdelanih ceveh, površinsko hrapavost, ki izhaja iz oksidacije, in velikosti vrzeli med dvema komponentama v kompozitni strukturi. In-situ s peno napolnjene kompozitne strukture so potrdile stabilno in nadzorovano deformacijo in učinkovito sposobnost absorpcije energije. Prav tako so bili razviti novi algoritmi za geometrijsko karakterizacijo novih MFS materialov. Na osnovi izvedene geometrijske karakterizacije MFS vzorcev so bili izdelani primerni numerilni modeli, ki bodo služili za zahtevne računalniške simulacije obnašanja teh materialov pri različnih obremenitvenih pogojih.

Na področju utrujanja poroznih struktur smo se v letu 2014 najprej osredotočili na temeljit pregled trenutnih raziskav na tem področju, na osnovi katerih smo zastavili plan raziskovanja v okviru programske skupine. V začetni fazi smo se osredotočili na enostavne 2D modele poroznih struktur, kjer smo kot referenčni primer uporabili lotus porozna gradiva. Za te strukture smo izvedli numerično simulacijo utrujanja, to je nastanek in širjenje utrujenostnih razpok znotraj takšne strukture. Numerične simulacije utrujanja smo najprej izvedli po klasični metodi, kjer smo v fazi iniciranja razpok uporabili deformacijsko metodo z uporabo Coffin-Mansonove enačbe, v fazi širjenja razpok pa smo za določitev hitrosti širjenja razpoke uporabili Parisovo enačbo. V nadaljevanju smo raziskave razširili na analizo utrujanja z uporabo metode "Direct Cycling" znotraj programskega paketa Abaqus. Na osnovi dobljenih rezultatov smo pripravili dva prispevka za znanstveno konferenco "Crack Path 2015". Vzporedno z numeričnimi simulacijami smo pripravili tudi testne preskušance iz poroznega gradiva, na katerih smo izvedli začetne eksperimentalne raziskave utrujanja pri obremenitvenem razmerju $R=0$. Slednje so potekale na IMT-institutu v Ljubljani.

Raziskovalno delo v okviru uporabe hiper-elastičnih poroznih pen na področju ergonomije izdelkov je obsegalo simuliranje obnašanja oprijema izdelka na osnovi metode končnih elementov. Razvit je bil tridimenzionalni model človeškega prsta z vsemi ključnimi anatomskimi značilnostmi, ki omogočajo realno simulacijo kontakta z izdelkom. Mehanski odziv pri oprijemu je bil nato uporabljen za inverzno določitev materialnih parametrov hiper-elastičnih poroznih pen, ki omogočajo učinkovito zniževanje kontaktnega tlaka, povečevanje udobja uporabnika in ohranjanja stabilnosti izdelka v rokah. S tem se tudi učinkovito zmanjša nevarnost za nastanek akutnih in kumulativnih travmatskih obolenj. Na osnovi inverzne določitve materialnih parametrov hiper-elastičnih pen smo uspešno nadgradili obstoječi merilni sistem s katerim bomo v prihodnje preizkušali parametre teh materialov.

Na področju proučevanja porozne strukture fleksibilnih inženirskih materialov (t.j. tekstilij) smo v okviru programa dela nadaljevali s študijo napovedovanja ene izmed ključnih uporabnih lastnosti poroznih netkanih tekstilij, t.j. sposobnost absorpcije vode, na podlagi temeljnih konstrukcijskih parametrov netkanih tekstilij, parametrov poroznosti (izmerjenih na podlagi metode živosrebrne porozimetrije) in nedeterministične metode definiranja modela napovedovanja obsega absorpcije vode. Na podlagi dobljenih rezultatov lahko konstrukter že v fazi konstruiranja dovolj natančno načrtuje doseg ustreznih projektnih zahtevkom brez dodatnih poskusnih serij. V tem letu smo se povezali z raziskovalci iz IIT New Delhi, Indija z namenom skupne prijave projekta na področju vpliva poroznosti tekstilij na zaščito pred UV sevanjem ter posledično zmanjšanja obolenj za kožnim rakom in prijavo projekta tudi uspešno zaključili.

3. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem programu in zastavljenih raziskovalnih ciljev v letu 2014²

SLO

Na področju karakterizacije novih poroznih materialov in struktur ocenjujemo, da smo v celoti izpolnili raziskovalne cilje, zastavljanje za leto 2014. Rezultate znanstveno-raziskovalnega dela smo objavili v šestih izvirnih zaveštnih člankih v zgornji četrtini

kategorije (od tega tudi enega A''), v poglavju monografije in osmih prispevkih na znanstvenih konferencah (od tega eno vabljeno predavanje). Rezultati dela so bili prav tako predstavljeni na treh vabljenih predavanjih na univerzah v tujini (Kumamoto University, Japonska, Okinawa National College of Technology, Okinawa, Japonskam, University of Aveiro, Portugalska).

Ocenjujemo, da smo v letu 2014 na področju utrujanja poroznih gradiv dosegli osnovni cilj, ki se je nanašal predvsem na spoznavanje s poroznimi strukturami in njihovim obnašanjem pri dinamičnih obremenitvah. Začetne numerične simulacije in tudi izvedeni začetni preskusi so dobra osnova za nadaljevanje dela na tem področju.

Na področju razvoja inteligentnih podpornih sistemov ocenjujemo, da smo v letu 2014 izpolnili vse zastavljene cilje. Rezultate raziskovalnega dela smo objavili v šest izvirnih znanstvenih člankih s faktorjem vpliva, od tega štiri članke v zgornji četrtini kategorije. Objavili smo tudi tri znanstvene prispevke na mednarodnih konferencah.

Na področju konstruiranja tekstilij ocenjujemo, da je realizacija raziskovalnega dela skladna z zastavljenimi raziskovalnimi cilji v letu 2014. Rezultati raziskovalnega dela se odražajo v enem izvirnem znanstvenem članku v reviji s faktorjem vpliva (v zgornji četrtini ustrezne kategorije), enem strokovnem članku ter dvema znanstvenima prispevkoma na mednarodni konferenci (vabljena predavanja).

4. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine v letu 2014³

V letu 2014 ni bilo bistvenih sprememb programa raziskovalnega programa. Zaradi dolgotrajnih bolniških odsotnosti dveh raziskovalcev in starševskega dopusta enega raziskovalca je bila v drugi polovici leta 2014 izvedena omejena prerazporeditev raziskovalnih ur med ostalimi sodelujočimi raziskovalci.

5. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine v letu 2014⁴

		Znanstveni dosežek	
1.	COBISS ID	17349398	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Dinamično in kvazistatično upogibno obnašanje tankostenskih aluminijastih cevi napolnjenih z aluminijasto peno
		ANG	Dynamic and quasi-static bending behaviour of thin-walled aluminium tubes filled with aluminium foam
Opis	SLO	Namen tega prispevka je oceniti možnost uporabe zaprto-celične pene iz aluminijeve zlitine kot polnilo za povečevanje togosti tankostenskih votlih konstrukcij iz aluminijeve zlitine, ki predstavljajo enega izmed osnovnih sestavnih elementov v sodobnem avtomobilskem inženirstvu. Vzorci pene so bili izdelani z metodo penjenja, ki temelji na kompaktiranju Al prahu. Nato so bili vstavljeni v prazne tankostenske cevi in izpostavljeni kvazi-statičnim in dinamičnim upogibnim obremenitvam. Vpliv zapolnitve cevi s peno je bil prav tako ovrednoten z infrardečo termografijo med tritočkovnimi upogibnimi preizkusi. Prispevek opisuje primerjavo nosilnosti, absorpcije deformacijske energije, specifične absorpcije energije in različnih oblik ter načinov deformiranja med cevmi napolnjenimi s peno, votlimi cevmi in penami. Rezultati so pokazali, da zapolnitev cevi s peno vodi do večje upogibne nosilnosti, ki presega vsoto upogibnih nosilnosti posameznih komponent, zaradi interakcije med notranjo steno cevi in polnilom iz pene. Potek in način deformiranja cevi napolnjenih s peno je kombinacija načinov deformiranja posameznih komponent.	
			This paper aims to evaluate the potential use of closed-cell aluminium alloy integral-skin foams as stiffening elements for aluminium alloy thin-walled structures that are main basic components in the concept and design of automotive body parts. Foam specimens were prepared using

		<p>the powder metallurgical route, inserted into empty thin-walled tubes and subjected to quasi-static and dynamic bending loading conditions. The effect of introducing foam into tubes was evaluated using the infrared thermography during the three-point bending tests. The foam-filled tubes, empty tubes and foams are compared in terms of the maximum load carrying capacity, crash energy absorption, specific energy absorption and deformation modes. Results showed that the foam filling leads due to interaction between the tube wall and foam filler, causing an increased bending response of the filled tubes which exceeds the sum of the bending response for the individual components. Their deformation mode is a combination between the modes of the individual components.</p>
	Objavljeno v	Applied Science; Composite structures; 2014; Vol. 109; str. 48-56; Impact Factor: 3.120; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.259; A'': 1; A': 1; WoS: QH; Avtorji / Authors: Duarte Isabel, Vesenjaj Matej, Krstulović-Opara Lovre
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
2.	COBISS ID	18035734 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<p><i>SLO</i> Napovedovanje obsega absorpcije vode iglanih netkanih tekstilij iz VIS/PES vlaken z uporabo genetskih algoritmov</p> <p><i>ANG</i> Prediction of the Water Absorption capacity of VIS/PES needle-punched webs using genetic algorithms</p>
	Opis	<p><i>SLO</i> Z uporabo suhega postopka izdelave temeljnega sloja so bile izdelane iglane koprene za krpe. V raziskavo so bile vključene koprene z različno vsebnostjo hidrofilnih, viskoznih in hidrofobnih, poliestrskih vlaken, kakor tudi koprene, izdelane iz 100% poliestrskih vlaken. Analizirali smo vpliv temeljnih konstrukcijskih parametrov netkanih tekstilij, kot so vhodna surovina (oz. gostota vlaken), finost vlaken in gostota koprene na sposobnost absorpcije vode. Večja absorpcija vode iglanih netkanih tekstilij iz mešanice vlaken je bila dosežena pri večjem deležu viskoznih vlaken (kar odgovarja večji vrednosti gostoti vlaken), finejših vlaknih in nižji gostoti koprene. Razvili smo model napovedovanja absorpcije vode na podlagi omenjenih konstrukcijskih parametrov netkanih tekstilij in nedeterministične metode, t.j. genetskih algoritmov. Model predstavlja smernice, kako konstruirati koprene z želeno vrednostjo absorpcije vode.</p> <p><i>ANG</i> Needle-punched webs for wet cleaning wipes were produced using a dry-laid method of web-forming. Fibrous webs with a different content of hydrophilic viscose and hydrophobic polyester fibers, as well as webs made from 100 % polyester fibers, were utilized during this study. The webs were compared in terms of their water absorption capacity on the basis of their basic construction parameters, such as fiber fineness, raw material (e.g. fiber density), and web density. The higher water absorption capacity of the viscose/polyester-blended needle-punched webs was achieved at higher content of viscose fibers which coincide with the higher fiber density, finer fibers, and lower web density. A prediction model regarding water absorption capacity of viscose/polyester needle-punched webs was developed on the basis of the mentioned construction parameters and a non-deterministic modelling method, e.g. genetic algorithms, and could provide a guideline for the engineering of nonwoven webs in order to fit the desired water absorption capacity.</p>
	Objavljeno v	Korean Fiber Society; Fibers and polymers; 2014; Vol. 15, no. 8; str. 1758-1765; Impact Factor: 1.113; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.907; A': 1; WoS: QJ, UY; Avtorji / Authors: Dobnik-Dubrovski Polona, Brezočnik Miran
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek

3.	COBISS ID	13722907	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Računski model za določitev upogibne trdnosti sintranih zobnikov	
		<i>ANG</i> A computational model for bending fatigue analyses of sintered gears	
	Opis	<i>SLO</i> V članku je predstavljen računski model za določitev upogibne trdnosti sintranih zobnikov. Model je zasnovan na napetostni metodi z upoštevanjem vpliva večosnega napetostnega stanja, srednje napetosti, površinske hrapavosti in zarezne učinka na dobo trajanja sintranega zobnika. Potrebni materialni parametri (koeficient trdnosti pri utrujanju in eksponent trdnosti pri utrujanju) so določeni eksperimentalno z osnim natezno/tlačnim preskusom pri obremenitvenem razmerju R=0.	
		<i>ANG</i> A computational model for determination of the fatigue life of sintered gears in regard to bending fatigue in a gear tooth root is presented. The proposed model is based on the stress-life approach in which the multi-axial state of stress, the mean stress effect, the influence of surface roughness, and the notch effect are studied when determining the fatigue life of a treated gear pair. The required material parameters (the fatigue strength coefficient and the fatigue strength exponent b) are determined experimentally on a uni-axial tension/compression test machine with a load ratio of R = 0.	
	Objavljeno v	Zveza strojnih inženirjev in tehnikov Slovenije [et al.] = Association of Mechanical Engineers and Technicians of Slovenia [et al.]; Strojniški vestnik; 2014; Vol. 60, no. 10; str. 649-655; Impact Factor: 0.776; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.275; WoS: IU; Avtorji / Authors: Glodež Srečko, Šori Marko, Verlak Tomaž	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
4.	COBISS ID	17081110	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Priporočila za izbiro materiala ročaja ročnega orodja na osnovi metode končnih elementov	
		<i>ANG</i> Recommendations for tool-handle material choice based on finite element analysis	
	Opis	<i>SLO</i> Ogromna področja dela se še vedno opravlja ročno, kar zahteva uporabo različnih gnanih in negnanih ročnih orodij. Da bi povečali zmogljivost uporabnikov, zadovoljstvo in zmanjšali tveganja za nastanek akutnih in kumulativnih travmatičnih obolenj, so številni raziskovalci preučevali velikost in obliko ročajev ročnih orodij. Le nekaj avtorjev pa je raziskovalo materiale ročaja orodja, kar bi omogočilo dodatno optimizacijo. Zato smo uporabili metodo končnih elementov za simulacijo človeškega prsta med oprijemom ročnega orodja. Simulirali smo jekla in etilen propilen dien monomer (EPDM) gumo kot homogena materiala ročaja orodja in dva kompozita sestavljena iz EPDM gume in EPDM pene ter EPDM gume in poliuretanske (PU) pene. Simulirano sila prsta smo določili tako, da smo dosegli značilne kontaktne tlake 20 kPa, 40 kPa, 80 kPa in 100 kPa na prst. Numerični rezultati so pokazali, da EPDM gume znižuje kontaktni tlak le nekoliko. Po drugi strani pa so simulacije z obema kompozitoma pokazale znatno zmanjšanje kontaktnega tlaka, kar lahko zniža tveganje za nastanek akutnih in kumulativnih travmatičnih obolenj, ki so odvisne od tlaka. Na osnovi rezultatov je razvidno tudi, da se kompozit z EPDM gume in PU pene z bolj očitnim in položnim deformacijskim platojem deformira manj pri nižjih stopnjah obremenitve in deformira bolj, ko je bil dosežen deformacijski plato, v primerjavi s kompozitom iz EPDM gume in EPDM pene. Pokazali smo, da hiper-elastične pene, ki upoštevajo nelinearno mehansko obnašanje mehkega tkiva prsta, omogočajo znižanje kontaktnega tlaka, hkrati pa omogočajo ohranitev nizke stopnje deformacije materiala ročaja za vzdrževanje zadostne stopnje stabilnosti orodja v rokah.	

		Manjši kontaktni tlak tudi zmanjša tveganje za nastanek akutnih in kumulativnih travmatičnih obolenj in poveča udobje ob hkratnem ohranjanju zmogljivosti.
	ANG	<p>Huge areas of work are still done manually and require the usages of different powered and non-powered hand tools. In order to increase the user performance, satisfaction, and lower the risk of acute and cumulative trauma disorders, several researchers have investigated the sizes and shapes of tool-handles. However, only a few authors have investigated tool-handles' materials for further optimising them.</p> <p>Therefore, as presented in this paper, we have utilised a finite-element method for simulating human fingertip whilst grasping tool-handles. We modelled and simulated steel and ethylene propylene diene monomer (EPDM) rubber as homogeneous tool-handle materials and two composites consisting of EPDM rubber and EPDM foam, and also EPDM rubber and PU foam. The simulated finger force was set to obtain characteristic contact pressures of 20 kPa, 40 kPa, 80 kPa, and 100 kPa. Numerical tests have shown that EPDM rubber lowers the contact pressure just slightly. On the other hand, both composites showed significant reduction in contact pressure that could lower the risks of acute and cumulative trauma disorders which are pressure-dependent. Based on the results, it is also evident that a composite containing PU foam with a more evident and flat plateau deformed less at lower strain rates and deformed more when the plateau was reached, in comparison to the composite with EPDM foam. It was shown that hyper-elastic foam materials, which take into account the non-linear behaviour of fingertip soft tissue, can lower the contact pressure whilst maintaining low deformation rate of the tool-handle material for maintaining sufficient rate of stability of the hand tool in the hands. Lower contact pressure also lowers the risk of acute and cumulative trauma disorders, and increases comfort whilst maintaining performance.</p>
	Objavljeno v	Butterworth Scientific Ltd; Applied Ergonomics; 2014; Vol. 45; str. 577-585; Impact Factor: 1.332; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.01; A': 1; WoS: IJ, JI, NQ; Avtorji / Authors: Harih Gregor, Dolšak Bojan
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
5.	COBISS ID	18113814 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<p><i>SLO</i> Izdelava valjastih enosmernih poroznih kovin z eksplozijskim varjenjem</p> <p><i>ANG</i> Fabrication of cylindrical uni-directional porous metal with explosive compaction</p>
	Opis	<p><i>SLO</i> Predlagana je nova metoda za izdelavo enosmerne porozne (UniPore) kovine s postopkom eksplozijskega stiskanja snopa valjastih cevi. Predlagan postopek izdelave omogoča izdelavo dolgih palic z enotnimi vzdolžnimi porami vzdolž celotne dolžine palic, ki imajo pod tlačno mehansko obremenitvijo značilno porozno obnašanje materiala v prečni smeri, medtem ko v vzdolžni smeri ohranijo obnašanje polnega materiala. Mikrostrukturalna analiza izdelanih vzorcev dokazuje močne povezave na stiku med stenami cevi. Pričakovana je širša praktična uporabnost UniPore poroznih kovin, zaradi svojih edinstvenih lastnosti in nekatere predhodne raziskave kažejo na zelo visoko učinkovitost takšne strukture za toplotne izmenjevalnike ali hladilna telesa.</p> <p><i>ANG</i> A new method to fabricate uni-directional porous (UniPore) metal employing the explosive compaction process of cylindrical pipe assembly is proposed. The proposed fabrication method enables production of long rods with uniform longitudinal pores along the whole rod length, exhibiting typical porous material behavior in the transverse direction while retaining solid material behavior in the longitudinal direction under compressive mechanical loading. Micro structural analysis of the</p>

		fabricated samples demonstrates strong interface bonding between pipe walls. Many practical applications of UniPore porous metal are to be expected due to its unique properties and some preliminary investigations show very high efficiency of such structure for heat exchangers or heat sink applications.
Objavljeno v		North-Holland; Materials letters; 2014; Vol. 137; str. 323-327; Impact Factor: 2.269; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.554; A ¹ : 1; WoS: PM, UB; Avtorji / Authors: Hokamoto Kazuyuki, Vesenjajk Matej, Ren Zoran
Tipologija	1.01	Izvirni znanstveni članek

6. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati programske skupine v letu 2014⁵

	Družbeno-ekonomski dosežek					
1.	COBISS ID	17291030 Vir: vpis v poročilo				
	Naslov	<table border="1"> <tr> <td><i>SLO</i></td> <td>Mehanske lastnosti penastih kompozitov z napredno morfologijo por</td> </tr> <tr> <td><i>ANG</i></td> <td>Mechanical properties of advanced pore morphology foam composites.</td> </tr> </table>	<i>SLO</i>	Mehanske lastnosti penastih kompozitov z napredno morfologijo por	<i>ANG</i>	Mechanical properties of advanced pore morphology foam composites.
<i>SLO</i>	Mehanske lastnosti penastih kompozitov z napredno morfologijo por					
<i>ANG</i>	Mechanical properties of advanced pore morphology foam composites.					
	Opis	<table border="1"> <tr> <td><i>SLO</i></td> <td>To poglavje predstavlja celične materiale in njihove kompozite na splošno, nato pa se v glavnem osredotoča na posebnosti pen z napredno morfologijo por (APM pene). Posamezni APM kovinski krogelni elementi in njihove mehanske lastnosti so karakterizirani z eksperimentalnim programom preizkušanja in računalniškimi simulacijami, s čimer so opredeljene osnovne lastnosti in znanja za učinkovito pripravo penastih kompozitnih APM struktur. Poglavje predstavlja tudi APM pene v epoksi matrici, ki omogočajo različne morfologije kompozitnih struktur. Najpomembnejši razlog za prihodnjo uporabo celičnih materialov v avtomobilski industriji, je njihova velika sposobnost absorpcije mehanske energije z deformacijo, kare je ključnega pomena za povečanje pasivne varnosti vozil. Navedeni so rezultati eksperimentalnega testiranja posamičnih APM elementov, ki je bilo izvedeno za kvazistatične in dinamične pogoje obremenitev.</td> </tr> <tr> <td><i>ANG</i></td> <td>This chapter presents the cellular materials and their composites in general and then mostly concentrates on the particularities of advanced pore morphology (APM) foam. Single metallic APM spheres and their mechanical properties are characterized with experimental testing and computational simulations, providing the basic properties and knowledge for an efficient design of composite APM foam structures. The chapter also presents APM foam elements molded with epoxy matrix, resulting in composite structures of different morphology types. One of the most important areas for the future application of cellular materials is in the automotive industry, where their high impact energy absorption through deformation is of crucial importance for increasing the passive safety of vehicles. Results of experimental testing of single APM foam elements are given for quasi-static and dynamic loading conditions.</td> </tr> </table>	<i>SLO</i>	To poglavje predstavlja celične materiale in njihove kompozite na splošno, nato pa se v glavnem osredotoča na posebnosti pen z napredno morfologijo por (APM pene). Posamezni APM kovinski krogelni elementi in njihove mehanske lastnosti so karakterizirani z eksperimentalnim programom preizkušanja in računalniškimi simulacijami, s čimer so opredeljene osnovne lastnosti in znanja za učinkovito pripravo penastih kompozitnih APM struktur. Poglavje predstavlja tudi APM pene v epoksi matrici, ki omogočajo različne morfologije kompozitnih struktur. Najpomembnejši razlog za prihodnjo uporabo celičnih materialov v avtomobilski industriji, je njihova velika sposobnost absorpcije mehanske energije z deformacijo, kare je ključnega pomena za povečanje pasivne varnosti vozil. Navedeni so rezultati eksperimentalnega testiranja posamičnih APM elementov, ki je bilo izvedeno za kvazistatične in dinamične pogoje obremenitev.	<i>ANG</i>	This chapter presents the cellular materials and their composites in general and then mostly concentrates on the particularities of advanced pore morphology (APM) foam. Single metallic APM spheres and their mechanical properties are characterized with experimental testing and computational simulations, providing the basic properties and knowledge for an efficient design of composite APM foam structures. The chapter also presents APM foam elements molded with epoxy matrix, resulting in composite structures of different morphology types. One of the most important areas for the future application of cellular materials is in the automotive industry, where their high impact energy absorption through deformation is of crucial importance for increasing the passive safety of vehicles. Results of experimental testing of single APM foam elements are given for quasi-static and dynamic loading conditions.
<i>SLO</i>	To poglavje predstavlja celične materiale in njihove kompozite na splošno, nato pa se v glavnem osredotoča na posebnosti pen z napredno morfologijo por (APM pene). Posamezni APM kovinski krogelni elementi in njihove mehanske lastnosti so karakterizirani z eksperimentalnim programom preizkušanja in računalniškimi simulacijami, s čimer so opredeljene osnovne lastnosti in znanja za učinkovito pripravo penastih kompozitnih APM struktur. Poglavje predstavlja tudi APM pene v epoksi matrici, ki omogočajo različne morfologije kompozitnih struktur. Najpomembnejši razlog za prihodnjo uporabo celičnih materialov v avtomobilski industriji, je njihova velika sposobnost absorpcije mehanske energije z deformacijo, kare je ključnega pomena za povečanje pasivne varnosti vozil. Navedeni so rezultati eksperimentalnega testiranja posamičnih APM elementov, ki je bilo izvedeno za kvazistatične in dinamične pogoje obremenitev.					
<i>ANG</i>	This chapter presents the cellular materials and their composites in general and then mostly concentrates on the particularities of advanced pore morphology (APM) foam. Single metallic APM spheres and their mechanical properties are characterized with experimental testing and computational simulations, providing the basic properties and knowledge for an efficient design of composite APM foam structures. The chapter also presents APM foam elements molded with epoxy matrix, resulting in composite structures of different morphology types. One of the most important areas for the future application of cellular materials is in the automotive industry, where their high impact energy absorption through deformation is of crucial importance for increasing the passive safety of vehicles. Results of experimental testing of single APM foam elements are given for quasi-static and dynamic loading conditions.					
	Šifra	B.04 Vabljen predavanje				
	Objavljeno v	VESENJAK, Matej, KRSTULOVIĆ-OPARA, Lovre, REN, Zoran. Mechanical properties of advanced pore morphology foam composites. V: ELMARAKBI, Ahmed (ur.). Advanced composite materials for automotive applications : structural integrity and crashworthiness, (Automotive series). Chichester: Wiley, 2014				
	Tipologija	1.10 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci (vabljen predavanje)				
2.	COBISS ID	Vir: vpis v poročilo				
	Naslov	<i>SLO</i> članstvo v tujih/mednarodnih odborih/komitejih				

	ANG	membership in foreign/international committees
Opis	SLO	Dr. Polona Dobnik Dubrovski je bila članica znanstvenega odbora mednarodne konference ICETT 2014 Jalandhar, kar je razvidno iz spletne strani organizatorja mednarodne konference.
	ANG	Dr. Polona Dobnik Dubrovski was a member of the scientific committee of the international conference ICETT 2014 Jalandhar. This is evident from the organiser's website.
Šifra	D.03 Članstvo v tujih/mednarodnih odborih/komitejih	
Objavljeno v	http://www.icett2014.in/	
Tipologija	4.00 Sekundarno avtorstvo	
3.	COBISS ID	18008598 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Analiza utrujanja delovnih valjev pri vročem valjanju pločevine
	ANG	Fatigue analysis of working rolls in hot strip mills
Opis	SLO	V predloženi doktorski disertaciji je obravnavana analiza utrujanja delovnih valjev pri vročem valjanju pločevine. Poleg določevanja koeficientov za določevanje življenjske dobe delovnih valjev po metodi visoko-cikličnega utrujanja je bilo v sklopu doktorske disertacije narejeno še veliko eksperimentalnega dela. Prikazana je kemijska analiza preučevanega materiala ter mikrostruktura pred in po termični obdelavi. Prikazan je potek trdote v odvisnosti od globine delovne plast. Določitev nateznih in tlačnih trdnosti je potekalo pri različnih temperaturah glede na pogoje med valjanjem, ko sta v kontaktu delovni valj in valjanec. Prikazani so tudi rezultati upogibnih trdnosti in udarne žilavosti. Eksperimentalno so bili določeni parametri mehanike loma, kjer se je spremljala rast utrujenostne razpoke v preizkušancu. Izvedena je bila podrobna metalografska analiza preizkušancev za določevanje življenjske dobe valjev z uporabo elektronskega mikroskopa. Na koncu se je izvedla tudi analiza obrabne odpornosti na lastno izdelani preizkuševalni napravi.
	ANG	The fatigue analysis of working rolls in hot strip mills is presented in this doctoral thesis. Besides the determination of the high cycle fatigue, a lot of other experimental work was performed. Chemical composition with microstructure before and after special heat treatment is given. Also hardness distribution in depth through the whole working layer is presented. Monotonic tensile and compressive tests were done at different temperatures of the specimens, which correspond to the real situation in the rolling gap. Besides tensile and compressive tests, also bending and Charpy impact toughness tests were done. Fracture mechanics parameters and fatigue crack growth analysis was experimentally determined and moreover, a complete fracture investigation was performed by using scanning electron microscope. At the end of the thesis a result of wear is shown, where special testing device was developed for this purpose.
Šifra	D.09 Mentorstvo doktorandom	
Objavljeno v	M. Drobne]; 2014; [22], 145 str.; Avtorji / Authors: Drobne Matej	
Tipologija	2.08 Doktorska disertacija	
4.	COBISS ID	17845526 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Razvoj virtualnega modela človeške roke za ergonomsko oblikovanje izdelkov
	ANG	Development of a virtual human hand model for ergonomic product design
		Nagrada: posebno priznanje - 12. Trimova raziskovalna nagrada za leto 2014, Trimo Trebnje

Opis	<p>SLO</p> <p>Velik del ročnih opravil je še vedno opravljen s pomočjo ročnih orodij. Pravilna zasnova ročaja orodja je tako lahko ključnega pomena za preprečevanje obolenj. Obstoječe metode načrtovanja upoštevajo valjaste ročaje in podajajo smernice za določitev optimalnih premerov za povečanje zmogljivosti in zviševanje udobja ob zmanjševanju možnosti za nastanek akutnih in kumulativnih travmatičnih obolenj. Oblika ročaja in materiali ročaja doslej niso bili podrobneje raziskani, kar bi imelo vpliv na izboljšanje ergonomije izdelka. Za premostitev omejitev glede določitve oblike ročaja, smo razvili anatomsko natančen statični virtualni model človeške roke v optimalnem krepkem oprijemu za neposredno oblikovanje ročaja orodja, ki temelji na interdisciplinarnem pristopu na osnovi medicinskega slikanja. Da bi odpravili omejitve glede pravilne določitve materiala ročaja orodja, smo uporabili metodo končnih elementov za simulacijo človeškega prsta ob oprijemu ročaja iz različnih materialov. Rezultati so pokazali, da ročaj orodja, ki temelji na razvitem virtualnem modelu človeške roke, zagotavlja bistveno večjo kontaktno površino in udobje v primerjavi s cilindričnim ročajem. Z večjo kontaktno površino in anatomsko obliko ročaja je mogoče preprečiti prekomerne deformacije mehkega tkiva in s tem prekomerne obremenitve na roko. Numerični izračuni so pokazali, da običajni materiali ročajev orodij ne zmanjšujejo kontaktnega tlaka ob oprijemu, predlagane hiper-elastične pene, ki upoštevajo nelinearno mehansko obnašanje mehkega tkiva pa lahko znatno zmanjšajo kontaktni tlak in hkrati ohranijo zadostno stopnjo stabilnosti. Rezultati tako potrjujejo domnevo, da lahko pravilna oblika in material ročaja orodja povečata učinkovitost in udobje in s tem zmanjšata tveganje za nastanek akutnih in kumulativnih travmatičnih obolenj.</p>
	<p>ANG</p> <p>Award: special award - 12th Trimo research award for year 2014, Trimo Trebnje</p> <p>A significant part of manual work is still done using hand-tools. Therefore, an ergonomic design of a tool-handle might be crucial for preventing upper-extremity musculoskeletal disorders. Current design methods consider cylindrical handles and provide guidelines for determining optimal diameters to increase performance, comfort and thus minimizing the risk of acute and cumulative traumatic disorders. However, the shape of the handle and the handle's materials have not been investigated in detail yet, which could additionally improve the handles' ergonomics. In order to overcome the limitations of correct shape determination, we have developed an anatomically accurate static virtual human-hand model in its optimal power grasp posture for direct tool-handle modelling based on interdisciplinary methods using medical imaging. To overcome the limitations regarding the correct tool-handle material determination, we have utilized a finite-element method for simulating human fingertip whilst grasping different tool-handle materials. The results have shown that the tool-handle based on the developed virtual human-hand model provides significantly higher contact area and comfort rating compared to the cylindrical handles. With higher contact area and anatomical shape of the handle, extensive deformation of the soft tissue can be avoided, thus preventing excessive load on the hand. Numerical tests have shown that conventional tool-handle materials do not lower the contact pressure. The proposed hyper-elastic foam materials, which take into account the non-linear mechanical behavior of fingertip, can lower the contact pressure significantly whilst maintaining sufficient rate of stability. Results thus support the thesis that correct shape and material determination of a tool-handle can increase the performance and comfort and thus lower the risk of acute and cumulative trauma disorders.</p>
Šifra	E.01 Domače nagrade

	Objavljeno v	G. Harih]; 2014; XI, 111 f., [11] f.; Avtorji / Authors: Harih Gregor		
	Tipologija	2.08 Doktorska disertacija		
5.	COBISS ID	18114070	Vir: COBISS.SI	
	Naslov	SLO	Novi trendi v oblikovanju cestnih varnostnih ograj v Evropi	
		ANG	New trends in roadside safety barrier designs in Europe	
	Opis	SLO	invited lecture for 49th meeting of the Committee on High-energy-rate forming, JSTP, at the Kumamoto University, Institute of Pulsed Power Science, Japan, Friday 27th June 2014.	
		ANG	vabljen predavbanje na 49th meeting of the Committee on High-energy-rate forming, JSTP, at the Kumamoto University, Institute of Pulsed Power Science, Japan, Friday 27th June 2014.	
	Šifra	B.04	Vabljen predavanje	
	Objavljeno v	2014; Avtorji / Authors: Ren Zoran		
	Tipologija	3.14	Predavanje na tuji univerzi	

7. Drugi pomembni rezultati programske skupine v letu 2014⁶

Temelječ na skupni raziskovalni temi je bilo na znanstveni konferenci Digital Human Modeling Symposium leta 2014 v Tokyo, Japonska vzpostavljeno sodelovanje z Division of Systems Science and Informatics (Graduate School of Information Science and Technology of Hokkaido University, Sapporo, Japan). Rezultat sodelovanja je bila vloga za štipendijo Fellowship for Intellectual Exchange 2015-2016, ki ga financira Japonska fundacija (Japan foundation). Na osnovi predloženega raziskovalnega programa je bil raziskovalec programske skupine izbran in priporočen Japonski fundaciji s strani Japonskega veleposlaništva.

Vzpostavitev znanstveno-raziskovalnega sodelovanja z National Institute of Technology, Department of Textile Technology, New Delhi, India s predložitvijo skupnega bilateralnega projekta v letu 2014 z naslovom: Konstruiranje tkanin za zaščito pred ultravijoličnim sevanjem in zmanjševanje obolenj za kožnim rakom.

8. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov v letu 2014⁷

8.1. Diplome v letu 2014⁸

vrsta usposabljanja	število diplom
bolonjski program - I. stopnja	29
bolonjski program - II. stopnja	16
univerzitetni (stari) program	6

8.2. Magisterij znanosti in doktorat znanosti v letu 2014⁹

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	MR	
32335	Matej Drobne	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
33123	Matjaž Fleisinger	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
33256	Gregor Harih	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
34085	Krajnc Mitja	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Pešakovič Dragica	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	

Legenda:

- Mag.** - Znanstveni magisterij
- Dr.** - Doktorat znanosti
- MR** - mladi raziskovalec

9. Pretok mladih raziskovalcev – zaposlitev po zaključenem usposabljanju v letu 2014¹⁰

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	Zaposlitev	
33256	Gregor Harih	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi	

Legenda zaposlitev:

- A** - visokošolski in javni raziskovalni zavodi
- B** - gospodarstvo
- C** - javna uprava
- D** - družbene dejavnosti
- E** - tujina
- F** - drugo

10. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov ter študentov iz tujine v letu 2014, daljše od enega meseca

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Sodelovanje v programski skupini	Število mesecev	
0	SHOHEI MATSUMOTO	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

11. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v letu 2014¹¹

SLO

Raziskovalni program Konstruiranje poroznih struktur iz Fakultete za strojništvo Univerze v Mariboru je vzpostavil odlično mednarodno sodelovanje z Institute of Pulsed Power Science z Univerze v Kumamotu na Japonskem na znanstveno-raziskovalnem in študijskem področju. V okviru sklenjenih sporazumov poteka učinkovita izmenjava tako študentov kot izkušenih raziskovalcev. Rezultati skupnega znanstveno-raziskovalnega dela na področju razvoja in karakterizacije novih poroznih struktur in gradiv so vidni v skupnih objavah v znanstvenih revijah najvišjega ranga, izmenjave japonskih in slovenskih študentov pa v zaključnih študijskih delih z aktualnega raziskovalnega področja programske skupine. Vzajemne izmenjave visokošolskih učiteljev prav tako prispevajo k prenosu znanj z izvedbo številnih vabljenih predavanj gostujočih profesorjev tako v Kumamotu kot v Mariboru. Skupni raziskovalni cilji ter komplementarnost obeh institucij zagotavljajo bistveno hitrejši razvoj poroznih gradiv za širšo uporabo v inženirski praksi, kar se odraža tudi v pripravi prijav skupnih patentov.

Raziskovalno sodelovanje z Okinawa National College of Technology, Japonska, z namenom razvoja metodologij za karakterizacijo pen z napredno morfologijo por v okviru bilateralnega projekta sodelovanja BI-JP/12-14-002.

Mednarodno sodelovanje v okviru bilateralnega projekta z Republiko Hrvaško (BI-HR/014-15-026), je doprineslo k obširnemu mehanskemu testiranju in posledično mehanski karakterizaciji različnih vrst poroznih gradiv pri širšem spektru obremenitvenih pogojev, kar je tudi razvidno iz več objav v priznanih mednarodnih znanstvenih revijah. V okviru projekta je red. prof. Krstulović-Opara prav tako izvedel javno predavanje s področja termografije na Fakulteti za strojništvo UM.

Metodologija za določitev mehanskih lastnosti prozernih kompozitnih struktur in njihovih komponent za uporabo v inženirskih računalniških programih pa je bila na podlagi inverznega inženirstva raziskana v okviru bilateralnega projekta z ZDA (BI-US/14-15-043).

Raziskovalno in izobraževalno sodelovanje s Kumamoto University, Japonska, v okviru sklenjenih sporazumov Agreement on Academic Cooperation and Exchange in Student Exchange Agreement, v okviru katerih je na Fakulteti za strojništvo tri mesece gostoval podiplomski študent Shohei Matsumoto, na Kumamoto University pa podiplomskim študentom predaval izr. prof. dr. Matej Vesenjaj.

V okviru programa ERASMUS, Mobilnost učnega osebja je izr. prof. Vesenjaj na Univerzi v Aveiru, Portugalska, izvedel tudi sklop predavanj s področja naprednih poroznih gradiv za podiplomske študente.

V letu 2014 so člani skupine za inteligentne CAD sisteme sodelovali s Fakulteto za strojništvo in računalništvo Univerze v Mostarju, v okviru slovensko – bosansko-hercegoveškega projekta BI-BA/14-15-018 (ARRS). V okviru opravljenega znanstveno raziskovalnega dela na projektu je v letu 2014 član projektne skupine iz BiH uspešno zagovarjal doktorsko disertacijo, član naše skupine (izr. prof. dr. Bojan Dolšak) pa je pri omenjeni disertaciji sodeloval kot somentor (cobiss št.: 17846806).

Izr. prof. dr. Bojan Dolšak je aktivni raziskovalec v mednarodnem EACEA (Erasmus VP, Knowledge Alliances) projektu ERGO WORK (Povezovanje visokega šolstva s podjetji za nove možnosti ustvarjanja ergonomsko oblikovanih delovnih mest).

Mednarodno raziskovalno sodelovanje (prof. dr. Polona Dobnik Dubrovski) z Univerzo v Zagrebu, Fakulteto za tekstilno tehnologijo na področju analiz deformacij tkanine kot posledica njene anizotropnosti (analize za doktorsko delo kandidatke Snježane Brdane, mentorica: prof.dr.Stana Kovačević).

12.Vključenost v projekte za uporabnike, ki so v letu 2014 potekali izven financiranja ARRS¹²

SLO

Raziskovalno delo v okviru projekta Kreativnega jedra CORE@UM
Razvoj novih cestnih varnostnih ograj za podjetja Kveder d.o.o., LOS-CO d.o.o.
Presoja ustreznosti modifikacij cestnih varnostnih ograj za podjetja Kveder d.o.o., LOS-CO d.o.o.
Razvoj in konstruiranje delovnih priprav za podjetje Kodus
Izvedba funkcionalnega izobraževanja za podjetje BSH hišni aparati d.o.o.
Razvoj mehanizma regeneracijskega kolesa za podjetje Vizija Sport d.o.o.
Razvoj nastavljivega podstavka bankomatnih blagajn za podjetje Primat d.d.
Razvoj večnamenskega prijemala za podjetje KGL d.o.o.

13.Ocena tehnološke zrelosti rezultatov raziskovalnega programa in možnosti za njihovo implementacijo v praksi (točka ni namenjena raziskovalnim programom s področij humanističnih ved)¹³

SLO

Rezultati raziskovalnega dela raziskovalnega programa v tej fazi raziskav še niso tehnološko dovolj zreli za implementacijo v praksi. Potrebno jih bo nadgraditi in primerno sistematizirati z nadaljnjim raziskovalnim delom.

Tako je bil na področju neposredne uporabnosti poroznih materialov za gradnjo strojnih konstrukcij izveden prvi del raziskav vplivov aluminijastih pen na mehanske lastnosti upogibno obremenjenih tankostenih cevi. Raziskave bodo v nadaljnjem delu namenjene proučevanju vplivov medsebojnih povezav pen s konstrukcijskimi elementi na mehanizme njihovega deformiranja in porušitve s poudarkom na opazovanju spremembe mehanskih

lastnosti kompozitnih struktur. Raziskave bodo izvedene z uporabo naprednih računalniških simulacij in posebnega eksperimentalnega programa.

Prvi rezultati s področja utrujanja poroznih struktur kažejo, da lahko z obstoječimi modeli in programskimi orodji relativno dobro simuliramo obnašanje poroznih gradiv pri dinamičnih obremenitvah. Bo pa v nadaljevanju potrebno določiti določene materialne parametre predvsem tistih poroznih struktur, ki bodo predvidene pri tovrstnih aplikacijah v praksi

Raziskovalno delo in rezultati na področju uporabe hiper-elastičnih poroznih EPDM pen v ergonomiji oprijemnih ročajev kažejo na aplikativno usmerjenost rezultatov. Na osnovi simulacij oprijema po metodi končnih elementov je mogoče inverzno določiti materialne parametre hiper-elastičnih poroznih pen, ki omogočajo vnaprej določeno mehansko obnašanje za povečevanje udobja in zmanjševanje za nastanek poškodb uporabnika.

Raziskava na področju konstruiranja poroznih fleksibilnih inženirskih materialov je bila ciljno usmerjena na konkretnega proizvajalca tekstilij v Sloveniji, ki je lahko razvit model napovedovanja sposobnosti netkanega materiala absorbirati vodo neposredno implementiral v svoje delo pri razvijanju novih konstrukcij tekstilij z zeleno poroznostjo oz. absorpcijo vode.

14. 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	500.000 EUR
ocena potrebne infrastrukture in opreme ¹⁴	microCT skener HPC računalniški sistem Bench Top Testing Machine TOH 10KT

15. Izjemni dosežek v letu 2014¹⁵

15.1. Izjemni znanstveni dosežek v letu 2014

DUARTE, Isabel, VESENJAK, Matej, KRSTULOVIC-OPARA, Lovre. Dynamic and quasi-static bending behaviour of thin-walled aluminium tubes filled with aluminium foam. Composite structures, vol. 109, str. 48-56, 2014.

V letu 2014 je bil v reviji najvišjega ranga Composite Structures (A" po tipologiji ARRS) objavljen članek, ki podaja rezultate raziskave mehanskih lastnosti cevi iz aluminijeve zlitine napolnjenih z aluminijevo peno pri dinamični in kvazi-statični upogibni obremenitvi, ki je bila izvedena v sodelovanju z Univerzo v Aveiru (Portugalska) in Univerzo v Splitu (Hrvaška). Članek ocenjuje možnosti uporabe aluminijeve zaprto-celične pene kot polnila za izboljšanje mehanskih lastnosti tankostenskih votlih konstrukcij iz aluminijeve zlitine, ki predstavljajo enega izmed osnovnih sestavnih elementov v sodobni avtomobilski industriji.

15.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek v letu 2014

Vzpostavitev učinkovitega znanstveno-raziskovalnega in študijskega sodelovanja med Univerzo v Mariboru in Univerzo v Kumamotu, Japonska.

Raziskovalni program Konstruiranje poroznih struktur iz Fakultete za strojništvo Univerze v Mariboru je vzpostavil odlično mednarodno sodelovanje z Institute of Pulsed Power Science z Univerze v Kumamotu na Japonskem na znanstveno-raziskovalnem in študijskem področju. Rezultati skupnega znanstveno-raziskovalnega dela na področju razvoja in karakterizacije novih poroznih struktur in gradiv so vidni v skupnih objavah v znanstvenih

revijah najvišjega ranga, izmenjave japonskih in slovenskih študentov pa v zaključnih študijskih delih z aktualnega raziskovalnega področja programske skupine. Skupni raziskovalni cilji ter komplementarnost obeh institucij zagotavljajo bistveno hitrejši razvoj poroznih gradiv za širšo uporabo v inženirski praksi, kar se odraža tudi v pripravi prijav skupnih patentov.

LETNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA ZA LETO 2014

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

Šifra programa	P2-0137
Naslov programa	Numerična in eksperimentalna analiza nelinearnih mehanskih sistemov Numerical and Experimental Analysis Mechanical Systems
Vodja programa	10470 Nenad Gubeljak
Obseg raziskovalnih ur (vključno s povečanjem financiranja)	v letu 2014:2678
Cenovni razred	B
Trajanje programa	01.2013 - 12.2016
Izvajalci raziskovalnega programa (javne raziskovalne organizacije - JRO in/ali RO s koncesijo)	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.05 Mehanika 2.05.02 Eksperimentalna mehanika
Družbeno-ekonomski cilj	13.02 Tehnološke vede - RiR financiran iz drugih virov (ne iz SUF)
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	2 Tehniške in tehnološke vede 2.03 Mehanika

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

2. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem programu, vključno s predloženim dopolnjenim programom dela v primeru povečanja financiranja raziskovalnega programa v letu 2014¹

SLO

Iniciacija in rast razpok na konstrukciji je lastnost sistema, ki je odvisna od vrste materiala, zatečenega stanja materiala (nastale mikrostrukture [COBISS.SI-ID [17174550](#)], pred-deformacije, zaostalih napetosti [COBISS.SI-ID [18126870](#)]), obremenitvenih pogojev (načina obremenjevanja, hitrosti obremenjevanja), pogojev okolice (temperature, agresivnosti atmosfere v kateri je material obremenjen) in prav tako od velikosti in oblike konstrukcije oz. mehanskega sistema. Analiza dodatno postane bolj kompleksna ob upoštevanju deformacijskih spremembah, ki povzročijo spremembe v obliki komponent in ob upoštevanju akumulirane zgodovine obremenjevanja. Čeprav potekajo intenzivne raziskave na tem področju, še vedno ni raziskanih osnovnih znanj, ki lahko natančno opredelijo vpliv omenjenih lastnosti ter obremenitev in geometrije na iniciacijo in rast razpok oz. proces nastanka poškodb. Za doseganje zastavljenih ciljev v okviru programa smo se osredotočili na dva poglobljena področja raziskovanja in sicer: 1) nastanek poškodbe ter razvoj diskontinuitet v majhnem volumnu zaradi prisotne heterogenosti in 2) nastanek in širjenje razpok na konstrukciji z mikrostrukturnimi gradienti in komponentah iz več-plastnih materialov. Obe področji sta odločilni za nadaljnji razvoj novo zasnovanih konstrukcijskih materialov in komponent za napredne aplikacije v letalski in vesoljni tehniki, z heterogeno strukturo. Razumevanje nastanka poškodb v majhnem volumnu je pomembno za razvoj novih tehnologij. Z vztrajnim zmanjševanjem zunanjih in notranjih dimenzij, ko dosežemo velikost na nivoju materialnih karakteristik materiala (pod deset mikrometrov in manj) se obnašanje materiala spremeni na nivo mikrostrukturne in dimenzijske konstante. Nekateri modeli kot so gradient deformacije plastičnosti ali modeli z zelo malo dislokacij so bili razviti z namenom, da se pojasni vpliv mikro obnašanja materiala. Za oceno plastifikacije materiala smo izvajali numerične simulacije po metodi končnih elementov, pri čemer smo aplicirali teorijo spremembe gradienta lastnosti materiala skozi debelino vzorca [COBISS.SI-ID [17637910](#)]. Večina tehniških in naravnih materialov ima heterogeno mikro in nano-strukturo. Veliko sodobnih materialov in komponent je namenoma izdelano iz heterogenih struktur s ciljem, da se dosežejo zelene mehanske, tribološke in funkcionalne lastnosti [COBISS.SI-ID [17283094](#)]. Mi smo model konfiguracijskih sil uporabili za oceno spremembe gonilne sile razvoja razpoke v elastičnih in elasto-plastičnih telesih z ostrim vmesnikom pri katerem so se lastnosti materiala skokovito spreminjale, kot je to pri zvarih, o čemer smo poročali na konferenci [COBISS.SI-ID [18224406](#)]. V teh raziskavah je bil koncept konfiguracijskih sil uporabljen v post-procesorski analizi po opravljenem konvencionalnem izračunu po metodi končnih elementov. S pomočjo modela konfiguracijskih sil in vpeljavo parametra nehomogenosti smo pojasnili nezvezno obnašanje med lomno mehanski preizkušanjem zvarnih spojev. Rezultati kažejo, da se v primerjavi s homogenimi materiali, gonilna sila razpoke zmanjšuje takrat, ko razpoka napreduje iz območja materiala z nižjim modulom elastičnosti ali trdnosti proti materialu z višjim modulom elastičnosti ali trdnosti. Takšno obnašanje ustvarja zaščitni efekt na konici razpoke. Zaščitni efekt se eksperimentalno izkaže kot izmerjena višja lomna žilavost pri monotnem obremenjevanju kot tudi cikličnem obremenjevanju konstrukcije. Tudi z induciranjem notranjih zaostalih napetosti ali s pred-deformacijo se lahko ustvari zaščitni učinek, i čemer smo objavili prispevek v mednarodni reviji [COBISS: [17731606](#)]. Z obratno zasnovano notranjo zgradbo materiala, ko razpoka napreduje iz območja materiala z višjim modulom elastičnosti ali trdnosti proti nižjemu, pride do pospešenega razvoja in rasti razpoke. Kar se lahko tudi koristno uporabi, v primeru preobremenitev, za varovanje mehanskega sistema proti poškodbam, saj do porušitve pride na pričakovanem in manj nevarnem mestu, namesto na neželenih mestih. Čeprav je koncept konfiguracijskih sil v polnem razvoju, še vedno niso rešena ključna vprašanja, kot je omejitev na 2D konstrukcijo z elementi s štirimi vozlišči, dolgotrajni časi za numerični izračun in naknadno obdelavo, kot tudi neskladje s kohezivnim modelom kot kriterijem za rast in širjenje razpoke. Drugi fundamentalni še nerešen problem je, da vrednost gonilne sile razvoja razpoke ni zadostna, da ocenimo ali lahko razpoka napreduje ali ne. Odpornost na rast razpok je potrebno tudi določiti in opredeliti v samem modelu. Zaradi tega je potrebno opraviti eksperimentalne raziskave na različnih mehanskih modelih z različnimi nehomogenimi materiali. Problem je tudi, da model konfiguracijskih sil ne daje kinetike za rast razpoke, tako da bo potrebno v nadaljnjih raziskavah kombinirati model konfiguracijskih sil in eksperimente za določitev kinetičnih odnosov med rastjo kratkih in dolgih razpok. Kot predpriprava za nadaljnjo numerične modeliranje je potekala karakterizacija deformacijsko-napetostnega obnašanja mehanskih sistemov zaradi

spremembe deformacijskega obnašanja na površini zaradi nastanka in rasti utrujenostne razpoke v notranjost konstrukcijske komponente [COBISS.SI-ID [17811734](#)]. Za inženirsko uporabo je za opis napetostno-deformacijskega obnašanja bil razvit leta 1943 Ramberg-Osgoodov model. V okviru skupnega sodelovanja z Fakulteto za inženirstvo, Univerze v Gentu smo na posebej izdelanih mini nateznih vzorcih iz heterogenih mikrostruktur zvara testirali novi U-Gent model natezne napetostno-deformacijske krivulje, ki bolj natančno opisuje natezne lastnosti in podaja bolj natančno razlike med posameznimi mikrostrukturami v območju prehoda iz elastičnega v plastično obnašanje materiala kot omenjen Ramberg-Osgoodov model [COBISS.SI-ID [17749270](#)]. S stališča aplikacije mehanskih sistemov smo v okviru sodelovanja z Rusko akademijo za znanost opravili pilotne raziskave o primernosti obroča z zarezo oz. razpoko v smeri osi, ki je izrezan iz cevovoda kot novega preizkušanca za določitev lomne žilavosti [COBISS.SI-ID [17205782](#)].

3. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem programu in zastavljenih raziskovalnih ciljev v letu 2014²

SLO

V letu 2014 smo realizirali fundamentalne osnove aplikacije koncepta konfiguracijskih sil na rast razpoke v heterogenih materialih. Pokazali smo da je možno koncept konfiguracijskih sil uporabiti za oceno celovitosti zvarnih spojev, pri čemer je potrebno upoštevati še oddaljenost konice razpoke od linije zlitja dveh trdnostno različnih materialov. Razvili smo metodo in postopek za spremljanje spremembe deformacij med rastjo utrujenostne razpoke v notranjost materiala. Pri tem smo razvili in uporabili ustrezno elektronsko opremo z lastnim programom za zajemanje podatkov. Čeprav je program s prvotno načrtovanih raziskav na 6 letno obdobje skrajšan na 4 letno obdobje so načrtovani cilji za polovico obdobja v večji meri bili realizirani. Obenem so se odprle nove možnosti za nadaljnji aplikacijo do sedaj doseženih rezultatov saj na pobudo raziskovalne skupine in Univerze v Gentu je bil prijavljen nov projekt, ki se nanaša na aplikacijo koncepta konfiguracijskih sil rasti razpoke na zvarjene cevovode. Projekt je bil sprejet od strani Flamanske raziskovalne organizacije in potrjen od strani ARRS za naslednje 4 letno obdobje.

4. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine v letu 2014³

Sprememb raziskovalnega programa ni bilo.

5. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine v letu 2014⁴

		Znanstveni dosežek	
1.	COBISS ID	17749270	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Napredna karakterizacija heterogenih lastnosti obločnega zvara z uporabo mikro nateznih preizkušancev in model dvostopenjskega deformacijskega utrjevanja ("UGent")
		ANG	Advanced characterization of heterogeneous arc welds using micro tensile tests and a two-stage strain hardening ("UGent") model
	Opis	SLO	Obločni zvari in pripadajoča toplotno vplivana področja so heterogena zaradi narave varilnega procesa. Nenazadnje, kompleksnost ocene celovitosti zvara se pogosto poenostavi z homogenimi lastnostmi strjenega zvara in toplotno vplivnega področja. Namen avtorjev je oceniti razliko med upoštevanjem heterogenosti strjenega zvara in omenjene poenostavitve na celovitost zvarjene konstrukcije. V članku je prikazana karakterizacija heterogenih mehanskih lastnosti več varkovnega zvara. Razširjen set mikro nateznih preizkušancev je bil preizkušen. Značilne razlike v trdnosti, razmerju med mejo tečenja in natezno trdnostjo so bile dobljene med zvarjenim in temperaturno

		popuščenim delom strjenega zvara. Natezne napetostno-deformacijske krivulje, ki se razlikujejo so bolj natančno opisane z modelom z dva parametričnim deformacijskim utrjevanjem. Prikazan pristop kaže spremembo v obliki napetostno-deformacijskih krivulj.
	ANG	Arc welds and their heat affected zones are heterogeneous due to the nature of the involved welding process. Nevertheless, the complexity of weld integrity assessments is often reduced by assuming homogeneous properties for weld metal and for heat affected zone metal. To evaluate this simplification, the authors aim to examine the effect of weld metal heterogeneity on the structural integrity of welded connections. As a part of this examination, the presented paper describes the characterization of heterogeneity in a selection of multi-pass steel arc welds. An extensive set of micro tensile tests has been performed. Significant differences in strength and yield-to-tensile ratio are observed between as-deposited and grain refined weld metal. Stress-strain curves of local microstructures are defined using a stress-strain model that describes two-stage strain hardening. This approach allows to quantify variations in stress-strain curve shape. The magnitude of the observed heterogeneity justifies the incentive for further research in the field of weld metal heterogeneity.
	Objavljeno v	Elsevier; International journal of pressure vessels and piping; 2014; Vol. 119; str. 87-94; Impact Factor: 1.078; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.275; WoS: IF, IU; Avtorji / Authors: Hertelé Stjin, Gubeljak Nenad, De Waele Wim
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
2.	COBISS ID	17174550 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Učinek mikrostrukturne morfologije na lomno odpornost in porazdelitev deformacije na konici razpoke v Ti-6Al-4V zlitini za ortopedске implantate
		ANG Microstructural morphology effects on fracture resistance and crack tip strain distribution in Ti-6Al-4V alloy for orthopedic implants
	Opis	SLO Učinek mikrostrukturne morfologije na lomno obnašanje Ti-6Al-4V zlitine in dve različni temperaturni obdelavi so bile analizirane. Meritev odpiranja konice razpoke in porazdelitev deformacij v okolici konice razpoke je bila opravljena na kompaktnih preizkušancih. Odpornostne krivulje so bile narejene na osnovi normalizacijske metode.
		ANG The effects of microstructural morphology on the fracture behavior of Ti-6Al-4V ELI (extra-low impurity) alloy in two different heat treatment conditions were examined. Alloy was solution treated above (β ST) and below ($\alpha + \beta$ ST) β transus temperature followed by furnace cooling (FC) in order to obtain the fully lamellar and equiaxed microstructures. Tensile and fracture toughness tests were conducted. The crack tip opening displacement (CTOD) and strain distribution near the crack tip were measured on the compact tension (CT) specimen surface by digital stereometric method. The crack propagation resistance (CTOD-R) curves were developed by applying the modified normalization method and critical CTOD values were determined. To identify the microstructural length scale controlling the fracture resistance of this alloy, the crack propagation path and fracture surface morphology were evaluated. It was found that the reduction in the characteristic microstructural dimension of an order of magnitude and significant change in the $[\alpha]$ phase aspect ratio contribute to drastic increase in the tensile properties and decrease in the crack initiation and propagation resistance. The fully lamellar microstructure displays slightly better biocompatibility because of the lower elastic modulus and superior fracture resistance. The enhanced crack propagation resistance of this microstructure is associated with the larger propensity for crack tip tortuosity, due to the coarser microstructural dimensions (lamellar

		colony size vs. primary [alpha] grain size). The difference in the crack propagation modes affects the shape and size of the actual crack tip strain distribution. These results were discussed correlating the complex multiple fracture mechanisms with the stress state in two microstructures.
	Objavljeno v	Scientific and Technical Press; Materials & design; 2014; Vol. 53; str. 870-880; Impact Factor: 3.171; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.554; A': 1; WoS: PM; Avtorji / Authors: Cvijović-Alagić Ivana, Gubeljak Nenad, Rakin Marko, Cvijović Zorica, Gerić Katarina
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	17637910 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Izboljšanje trdnosti in lomnomehanske odpornosti s prostorskim spreminjanjem mehanskih lastnosti
		<i>ANG</i> Improvements of strength and fracture resistance by spatial material property variations
	Opis	<i>SLO</i> Materiali s prostorskim spreminjanjem elastičnega modula E lahko imajo veliko večjo odpornost na prelome in večjo porušitveno trdnost kot primerljivi homogeni materiali. Učinek se pojavi zaradi močnega zmanjšanja gonilne sile razpoke, ki vodi do ujetja razpok, ko se konica razpoke nahaja v področju z nizko vrednostjo elastičnega modula. Iz rezultatov numeričnih študij in z preprosto uporabo mehanike loma, lahko napovemo porušitveno napetost in lomnomehansko žilavost nehomogenih materialov. Izkazalo se je, da se visoke vrednosti napetosti porušitve in žilavost lahko doseže, če je amplituda nihanja modula E dovolj visoka, da zagotavlja ujetje razpoke in je majhna valovna dolžina variacije modula E. Koristni učinek materialnih sprememb nastopi predvsem, če je širina vmesnih duktilnih regij zelo tanka, da je izguba togosti konstrukcije skoraj zanemarljiva. Koncept se uporablja za različne vrste kompozitnih materialov, v članku so tudi predstavljeni primeri.
		<i>ANG</i> A material with spatial variation in the elastic modulus E can have a much higher apparent fracture resistance and fracture stress than a comparable homogeneous material. The effect occurs due to the strong decrease of the crack driving force, which leads to crack arrest when the crack tip is located in the region with low elastic modulus. From the results of exemplary numerical studies and simple fracture mechanical considerations, models are derived in order to predict the fracture stress and fracture toughness of the inhomogeneous materials. It is shown that high values of fracture stress and fracture toughness can be reached if the amplitude of the E variation is high enough to provide crack arrest and the wavelength of the E variation is small. The beneficial effect of material property variations also occurs if the width of the compliant region is very thin and the loss in stiffness of the structure is almost negligible. The concept is applicable for various types of composite materials; examples are presented.
	Objavljeno v	Elsevier Science; Acta materialia; 2014; Vol. 68; str. 279-294; Impact Factor: 3.940; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.916; A'': 1; A': 1; WoS: PM, PZ; Avtorji / Authors: Kolednik Otmar, Predan Jožef, Fischer Franz Dieter, Fratzl Peter
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID	17283094 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Izboljšava karakteristike membranske vzmeti z elastomerno popolnitvijo
		<i>ANG</i> Improving Belleville washer spring characteristics using elastomer filling
	Opis	<i>SLO</i> Za membranske

	ANG	Belleville washer steel springs are characterized by long fatigue life, better space utilization, low creep tendency and high load capacity with a small spring deflection. In the case of a thicker spring, a higher loading and higher stiffness are obtained, but the deflection of the spring is reduced. In this case fatigue life is reduced and there is a very high probability that a Belleville washer spring can fail in a brittle manner, causing additional damage to the machinery. In order to prevent the fracture of a Belleville washer the elastomer filling was used on both free surfaces of the spring. Experimental testing and numerical analyses show that progressive loading characteristics were obtained when the elastomer filling was increasingly involved in the loading process. When the elastomer filling is compressed, the stresses in Belleville washer steel are reduced, because the majority of the deflection stress is taken by the elastomer instead of the steel.
Objavljeno v		American Society for Testing and Materials; Journal of testing and evaluation; 2014; Vol. 42, no. 1; str. 1-7; Impact Factor: 0.295; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.802; WoS: QF; Avtorji / Authors: Manduka Abaz, Gubeljak Nenad, Predan Jožef, Pinterić Marko
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek

6. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati programske skupine v letu 2014⁵

Družbeno-ekonomski dosežek		
1.	COBISS ID	17811734
		Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Določitev kalibracijske funkcije za utrujenostno rast razpoke na osnovi meritev deformacij an površini
	ANG	Determination of calibration function for fatigue crack propagation by measurement surface deformation
Opis	SLO	V splošnem se konstrukcijske komponente, ki so izpostavljene obremenitvam na te odzivajo z termoenergetskimi spremembami stanja v materialu in na površini konstrukcije, in sicer z mehanskimi (deformacijami, pospeški) ter energetskimi (akustičnimi in temperaturnimi) spremembami. Meritev teh veličin se danes izvaja z elektronsko opremo, ki nam omogoča kontinuirano spremljanje stanja z ang. »On-line« diagnostiko, ki je običajno vodena in nadzirana z računalniškimi programi. Utrujenostna rast razpoke je bila spremljana na štiritočkovnem upogibnem preizkušancu, ki je bil izpostavljen utripni dinamični obremenitvi. Rast utrujenostne razpoke je spremljan z merilnimi lističi z upornostjo 120 ohmov. Po opravljenem testiranju je bila opravljena rekonstrukcija utrujenostnega obnašanja na osnovi pregleda prelomne površine. Faktor intezitete napetosti je bil izračunan z metodo končni elementov za izmerjene rekonstruirane oblike fronte utrujenostne razpoke. Rezultati kažejo, da je možno na osnovi kalibracijske funkcije napovedati rast utrujenostne razpoke v notranjosti-pod površino. Namen prispevka je opis metode in potrebne opreme za zagotovitev varnega obratovanja konstrukcije z razpoko.
		Components and structures exposed to elastic dynamic loading respond with elastic strains on the surface of the material. Mechanical response could be monitored by deformations on the surface. The measurements and monitoring of these parameters could be performed with electronic devices for on-line measurements, controlled by computerized systems. Fatigue induced flaw growth was monitored on a 4-point specimen, loaded by cyclic dynamic bend forces. The flaw growth was monitored by strain gauges with standard resistance of 120Ω. After performance of fractal-graphical measurements, a flaw growth analysis was performed

	ANG	to determine the shape, propagation and cross sections of the crack. To determine the stress intensity factor a FEM model was developed based on measured crack shapes and material properties and cyclic loading data of the actual tested specimen. The investigation results showed that derived calibration curve could be used to predict surface deformations as a result of crack propagation and growth. With the determination of surface deformation, one could follow propagation of the crack on the surface and also propagation through the depth of the material. The goal of this paper is to describe methodology and results based on experimental and FME methods during crack propagation and potential use of this technique for online monitoring purposes.
Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci	
Objavljeno v	ASTM International; Program and abstracts; 2014; Str. 15; Avtorji / Authors: Glaser Bruno, Gubeljak Nenad, Predan Jožef	
Tipologija	1.10 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci (vabljeni predavanja)	
2.	COBISS ID	18258198 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Monitoring za posredno određivanje promjene horizontalne sile u zavisnosti od promjene temperature i nagiba nadzemnog voda dalekovoda prijenosnog sustava
	ANG	On-line monitoring for determination of horizontal force in transmission wire affected by temperature
Opis	SLO	Slovenski distributer električne energije ELES vlaže napore za razvoj sodebnega in zanesljivjega sistema z oskrbo z električno energijo zadnjem desetletju. Pri tem uvaja zanesljiv sistem kontrole in vzdrževanja prenosa. V okviru novega pilot projekta smo razvili sofisticiran sistem za nadzor spremembe povesa v odvisnosti od spremembe temperature. Končni cilj projekta je na osnovi primerjave med izmerjenim kotom in izračunanim glede na statično določen položaj ugotoviti nabiranje žleda na vodnik in s tem preprečiti porušitev nosilnih stebrov. V okviru raziskovalnega dela v programski skupini je bil izdelan matematični model in računalniška aplikacija, ki je integrirana kot aplikacija za on-line monitoring geometrijskih značilnosti vodnika in omogoča nadzorniku v dispečerskem centru pogled v dogajanje na dalnjovodu.
	ANG	Slovenian transmission grid operator ELES is trying in last decade to design and develop sophisticated electric transmission system. ELES introduces reliable system for controlling and maintenance of transmission system with modern solutions and innovative approaches. The new pilot projects are running on facilities for testing and real high voltage transmission grid network as results of collaboration between academic institutions, industrial companies and ELES. One project is aimed to analysis of efficiency system for on-line thermal rating, weather conditions and calculation of allowed thermal current. Since last winter had significant impact on failure of 110, 220 and 400 kV electricity transmissions grid, the Slovenian ELES company looking for possibility of on-line monitoring including ice alarm. Proposed computer added software in OTLM system can provide horizontal forces change vs. Temperature and incline of line in frame of regular operating conditions and in case of ice as well. Final goal of presented project is on-time worrying of distribution center about ice on the transmission network system.
Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci	
Objavljeno v	Hrvatski ogranak CIGRÉ; 11. Simpozij o sustavu vođenja EES-a, Opatija, 10.-12. studenoga 2014; 2014; Str. 1-10; Avtorji / Authors: Lovrenčić Viktor, Banič Bojan, Kojzek Dušan, Gubeljak Nenad, Ivec Andrej, Jarc	

	Matjaž
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci

7. Drugi pomembni rezultati programske skupine v letu 2014⁶

--

8. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov v letu 2014⁷

8.1. Diplome v letu 2014⁸

vrsta usposabljanja	število diplom
bolonjski program - I. stopnja	6
bolonjski program - II. stopnja	2
univerzitetni (stari) program	3

8.2. Magisterij znanosti in doktorat znanosti v letu 2014⁹

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	MR	
		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	

Legenda:

- Mag.** - Znanstveni magisterij
- Dr.** - Doktorat znanosti
- MR** - mladi raziskovalec

9. Pretok mladih raziskovalcev – zaposlitev po zaključenem usposabljanju v letu 2014¹⁰

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	Zaposlitev	
		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text"/>	

Legenda zaposlitev:

- A** - visokošolski in javni raziskovalni zavodi
- B** - gospodarstvo
- C** - javna uprava
- D** - družbene dejavnosti
- E** - tujina
- F** - drugo

10. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov ter študentov iz tujine v letu 2014, daljše od enega meseca

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Sodelovanje v programski skupini	Število mesecev	
		<input type="text"/>		

Legenda sodelovanja v programski skupini:

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

11. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne

raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v letu 2014¹¹

SLO

12. Vključenost v projekte za uporabnike, ki so v letu 2014 potekali izven financiranja ARRS¹²

SLO

13. Ocena tehnološke zrelosti rezultatov raziskovalnega programa in možnosti za njihovo implementacijo v praksi (točka ni namenjena raziskovalnim programom s področij humanističnih ved)¹³

SLO

14. 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 type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
potrebni finančni vložek	EUR
ocena potrebne infrastrukture in opreme ¹⁴	

15. Izjemni dosežek v letu 2014¹⁵

15.1. Izjemni znanstveni dosežek v letu 2014

15.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek v letu 2014

LETNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA ZA LETO 2014

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

Šifra programa	P2-0123
Naslov programa	Oblačilno inženirstvo in tekstilni materiali Clothing Engineering and Textile Materials
Vodja programa	4628 Jelka Geršak
Obseg raziskovalnih ur (vključno s povečanjem financiranja)	v letu 2014:2210
Cenovni razred	
Trajanje programa	01.2014 - 12.2017
Izvajalci raziskovalnega programa (javne raziskovalne organizacije - JRO in/ali RO s koncesijo)	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.14 Tekstilstvo in usnjarstvo 2.14.04 Konfekcioniranje in oblikovanje tekstilij
Družbeno-ekonomski cilj	13.02 Tehnološke vede - RiR financiran iz drugih virov (ne iz SUF)
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	2 Tehniške in tehnološke vede 2.05 Materiali

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

2. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem programu, vključno s predloženim dopolnjenim programom dela v primeru povečanja financiranja raziskovalnega programa v letu 2014¹

SLO

Raziskovalno delo na raziskovalnem programu Oblačilno inženirstvo in tekstilni materiali se je kot nadgradnja teoretičnih in aplikativnih dosežkov raziskovalnega programa preteklega petletnega obdobja odvijalo v okviru treh tematsko povezanih sklopov, in sicer:

- a) raziskav mehanskega obnašanja fleksibilnih materialov,
- b) študija celovitega zagotavljanja udobja pri nošenju oblačil in
- c) razvoja visokozmogljivih in/ali inteligentnih oblačil.

V okviru prvega sklopa smo nadaljevali z raziskavami kompleksnih deformacij tkanin in njihovega obnašanja, ki je odvisno tako od strukturnih karakteristik kot mehanskih lastnosti, kajti odziv tkanin na učinkujočo obremenitev lahko združuje elastičen, viskoelastičen in/ali plastični del. Da bi pojasnili odziv tkanin na učinkujoče obremenitve, smo se osredotočili na študij strukturnih karakteristik, kjer smo raziskali vpliv smeri vitja preje na velikost kontaktnih površin v področju veznih točk tkanine in vpliv teh na posamezne mehanske lastnosti. Rezultati raziskave, ki so strnjeni v prispevku *Relationship between the structural characteristics and mechanical properties of woven fabrics* so pokazali, da sta tlačna sila, s katero učinkuje preja na pravokotno ležeč sistem niti, in torna sila, ki se upira drsenju med obremenitvijo zreducirani na sorazmerno majhno kontaktno površino v območju veznih točk tkanine. Kontaktna površina v območju veznih točk tkanine je odvisna od smeri vitja preje, tj. od tega ali zavoji pravokotno ležeče preje sovpadajo s smerjo zavojev ali ležijo pravokotno na njej. Dobljena spoznanja so pomembna za nadaljnji študij tornih lastnosti kontaktnih površin v območju veznih točk tkanine in prepoznavanje povezave med standardnimi parametri kontaktne površine in trenjem ter posledično asimetričnim obnašanjem tkanin pri podajanju.

Drugi sklop raziskav je bil usmerjen v proučevanje specifičnih zahtev zagotavljanja udobja pri nošenju konvencionalnih in funkcionalnih oblačil. Raziskave so bile usmerjene na študij interakcij v sistemu človek – oblačilni sistem – okolje, ki se odražajo prek toplotno fiziološkega udobja uporabnika med nošenjem. Problem toplotno fiziološkega udobja ni le kompleksen, ampak je še vedno nedorečen. Kljub številnim razvitim modelom človeške termoregulacije, ki se pogosto rutinsko uporabljajo za računalniško podprto načrtovanje in analizo, le ti ne zagotavljajo fiziološkega odziva uporabnika, ki je pomemben za načrtovanje toplotno fizioloških karakteristik oblačilnega sistema. Da bi lahko načrtovali oz. napovedati fiziološki odziv človeškega telesa na toplotno fiziološko udobje pri nošenju oblačil so bile v letu 2014 izvedene obsežne analize odnosa med toplotno fiziološkimi karakteristikami različnih oblačilnih sistemov (oblačila za prosti čas, ženske poletne obleke, moška poslovna oblačila) in/ali drugih tekstilnih izdelkov za tehnično aplikacijo (avtomobilske sedežne prevleke, posteljne vzmetnice) in stopnjo toplotno fiziološkega udobje uporabnika, oz. subjektivno oceno toplotnega udobja in/ali toplotne obremenitve uporabnika kot subjektivnega odziva na toplotno stanje med različnimi dejavnostmi pri različnih okoljskih pogojih.

Na podlagi rezultatov raziskav študije primerov fiziološkega odziva človeškega telesa pri različnih dejavnostih in toplotnih okoljih (ti so bili predstavljeni v uvodnem vabljenem predavanju *Physiological responses of human body as criterion for estimating the thermal characteristics of a clothing system*) je ugotovljeno, da gre za kompleksne interakcije znotraj sistema človek – oblačilni sistem – toplotno okolje, na katere se človeško telo različno odziva (fiziološko

in subjektivno). Temperatura zraka, srednja temperatura sevanja, vlažnost zraka in hitrost gibanja zraka, kot štiri ključni okoljski parametri, neposredno vplivajo na prenos toplote s telesa, vendar je njihov učinek posledica interakcij v sistemu človek – oblačilni sistem – toplotno okolje. Rezultirajoča eksperimentalna spoznanja fiziološkega odziva človeškega telesa in subjektivne ocene toplotnih stanj so jasno pokazala na potrebo po sistematičnem študiju interakcij in učinkov v sistemu človek – oblačilni sistem – toplotno okolje na eni strani ter opredelitev vplivnih dejavnikov, tj. osnovnih dejavnikov, na katere se odziva človeško telo, in posameznih dejavnikov, povezanih s toplotnim udobjem uporabnika.

Tretji sklop raziskav, ki se navezuje na rezultate in dognanja celovitega zagotavljanja udobja pri nošenju oblačil, je usmerjen v razvoj visokozmogljivih in/ali inteligentnih oblačil ob upoštevanju mehanskega, ergonomskega in toplotno fiziološkega udobja. Glede na kompleksnost področja so bile v letu 2014 raziskave usmerjene v oblikovanje koncepta razvoja visokozmogljivih in/ali inteligentnih oblačil oz. *inteligentnega* oblačilnega sistema, kjer je bila zasnovana platforma za spremljanje in ugotavljanje učinkovitosti inteligentnega oblačilnega sistema z ustrezno programsko podporo, ki bo opozorila uporabnika na potencialni rizik in skrbela za prenos odzivnega sporočila v oblikovan komunikacijski sistem.

Aktivnosti na področju razvoja visokozmogljivih in/ali inteligentnih oblačil so neposredno vpete tudi v mednarodne raziskovalne tokove oziroma se vključujejo v tematiko prioritarnih področij "Evropske tehnološke platforme za prihodnost tekstilne in oblačilne panoge" in EU okvirnega programa za raziskave in inovacije Horizon 2020. Na podlagi v okviru raziskovalnega programa oblikovane platforme za spremljanje in ugotavljanje učinkovitosti inteligentnega oblačila smo kot partnerji v projektu *InRapidTex2020 Innovative and Rapid Processing of Specialized Textiles; Call for Factories of the Future* (HORIZON2020 – ID SEP-210232975) bili imenovani za vodenje delovne skupine (work package) *Design and Personalisation Processes-3D*, katerega cilj je oblikovanje in personalizacija procesa kompleksnega oblačilnega sistema kot osebne zaščitne opreme za neposredni odziv.

Z realizacijo podanega smo realizirali zastavljene cilje in aktivnosti posameznih sklopov raziskav, opredeljenih s terminskim planom, v prilagojenem obsegu glede na obseg financiranja.

3. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem programu in zastavljenih raziskovalnih ciljev v letu 2014²

SLO

Realizacija raziskovalnega programa je potekala v skladu z zastavljenimi cilji, vendar v nekoliko zmanjšanem obsegu. Zmanjšan obseg dela je posledica zmanjšane obsega financiranja (odobrenih 2.210 ur letno oz. 1,3 FTE) glede na načrtovano število raziskovalnih ur v prijavi raziskovalnega programa (2550 ur oz. 1,5 FTE).

V okviru raziskovalnega programa smo v letu 2014 realizirali okoli 87 odstotkov načrtovanih aktivnosti, kar je skladno z zmanjšanim

obsegom financiranja raziskovalnega programa.

4. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine v letu 2014³

5. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine v letu 2014⁴

Znanstveni dosežek														
1.	<table border="1"> <tr> <td>COBISS ID</td> <td>17648406</td> <td>Vir: COBISS.SI</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Naslov</td> <td>SLO</td> <td>Fiziološki odzivi pri nošenju različnih vrst oblačil v mrzlem okolju - študija preskušanja nošenja</td> </tr> <tr> <td>ANG</td> <td>Physiological responses of different types clothing in cold weather condition - A wear trial study</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Opis</td> <td>SLO</td> <td> <p>V prispevku je predstavljena raziskava subjektivnega in objektivnega vrednotenja različnih vrst jaken, namenjenih uporabnikom v mrzlem okolju. Za ta namen so bile izdelane štiri jakne z različnimi vrstami izolacijskih slojev. Vse jakne so bile izdelane iz poliesterne tkanine s premazom kot vrhnjega sloja in poliesterne pletenine kot notranjega sloja. Kot vmesni sloj je bila uporabljena poliesterne iglana netkana tekstilija, izdelana iz finejših vlaken (1,5 den) in votlih vlaken (6 in 15 den) ter zračno spojena poliesterne netkana tekstilija. Raziskava udobja pri nošenju izdelanih jaken je bila izvedena v kima komori pri treh različnih temperaturah, in sicer pri temperaturi 10 °C, 0 °C in -10 °C, pri predhodno definiranih aktivnostih za čas 80 min. Testne osebe so glede na zahteve standarda EN ISO 10551 ocenjevale vpliv toplotnega okolja na toplotno počutje pri nošenju jaken na začetku, v sredini in na koncu raziskave. Za vse vgrajene sloje oblačil so bile izvedene raziskave toplotnih lastnosti, tj. odpora proti prehodu toplote in znoja na t. i. vroči plošči po ASTM F 1868. Raziskava nošenja oblačil je temeljila na določanju telesne mase testne osebe brez in z oblačili, mase analiziranih jaken in ostalih kosov oblačil pred in po vsakem preskusu in merjenju temperature mikroklima in relativne vlažnosti testne osebe glede na zahteve EN ISO 9886:2004. Na podlagi statistične obdelave rezultatov meritev je s pomočjo Spearmanovega koeficienta korelacije ugotovljeno, da obstaja višja korelacija med subjektivno in objektivno oceno toplotnega udobja pri nošenju jaken pri nižji temperaturi okolice. Raziskava je pokazala, da je pri jakni z vgrajenim izolacijskim slojem z votlimi vlakni dosežena višja stopnja udobja v hladnem okolju. Jakna, ki izkazuje najvišjo vrednost toplotne izolacije pri subjektivni oceni toplotnega počutja med nošenjem ne izkazuje želenega udobja.</p> </td> </tr> <tr> <td>ANG</td> <td> <p>The subjective and objective evaluation of different types of jackets meant for cold weather condition has been done. Four jackets have been produced with different types of insulative layers. Knitted polyester fabric and polyester polymer coated fabric have been used as inner and outer layers respectively for all the four jackets. Polyester needle punched non woven fabrics produced from finer fibre (1.5 den) and hollow fibres (6 and 15 denier), and air bonded nonwoven polyester fabrics are used as middle layer. The wear trial study has been performed in the environmental chamber at three different temperatures, viz. 10°C, 0°C and -10 °C for 80 min duration according to EN ISO 10551:2001 and the jackets are evaluated by wearer for the thermal comfort at start, middle and end of the test. The clothing layers used in the jackets are objectively evaluated for thermal and evaporative resistance by sweating guarded hot plate according to ASTM F 1868-Part C. In wear trail study, the body mass of the wearer with and without clothing, weight of jackets and other clothing is</p> </td> </tr> </table>	COBISS ID	17648406	Vir: COBISS.SI	Naslov	SLO	Fiziološki odzivi pri nošenju različnih vrst oblačil v mrzlem okolju - študija preskušanja nošenja	ANG	Physiological responses of different types clothing in cold weather condition - A wear trial study	Opis	SLO	<p>V prispevku je predstavljena raziskava subjektivnega in objektivnega vrednotenja različnih vrst jaken, namenjenih uporabnikom v mrzlem okolju. Za ta namen so bile izdelane štiri jakne z različnimi vrstami izolacijskih slojev. Vse jakne so bile izdelane iz poliesterne tkanine s premazom kot vrhnjega sloja in poliesterne pletenine kot notranjega sloja. Kot vmesni sloj je bila uporabljena poliesterne iglana netkana tekstilija, izdelana iz finejših vlaken (1,5 den) in votlih vlaken (6 in 15 den) ter zračno spojena poliesterne netkana tekstilija. Raziskava udobja pri nošenju izdelanih jaken je bila izvedena v kima komori pri treh različnih temperaturah, in sicer pri temperaturi 10 °C, 0 °C in -10 °C, pri predhodno definiranih aktivnostih za čas 80 min. Testne osebe so glede na zahteve standarda EN ISO 10551 ocenjevale vpliv toplotnega okolja na toplotno počutje pri nošenju jaken na začetku, v sredini in na koncu raziskave. Za vse vgrajene sloje oblačil so bile izvedene raziskave toplotnih lastnosti, tj. odpora proti prehodu toplote in znoja na t. i. vroči plošči po ASTM F 1868. Raziskava nošenja oblačil je temeljila na določanju telesne mase testne osebe brez in z oblačili, mase analiziranih jaken in ostalih kosov oblačil pred in po vsakem preskusu in merjenju temperature mikroklima in relativne vlažnosti testne osebe glede na zahteve EN ISO 9886:2004. Na podlagi statistične obdelave rezultatov meritev je s pomočjo Spearmanovega koeficienta korelacije ugotovljeno, da obstaja višja korelacija med subjektivno in objektivno oceno toplotnega udobja pri nošenju jaken pri nižji temperaturi okolice. Raziskava je pokazala, da je pri jakni z vgrajenim izolacijskim slojem z votlimi vlakni dosežena višja stopnja udobja v hladnem okolju. Jakna, ki izkazuje najvišjo vrednost toplotne izolacije pri subjektivni oceni toplotnega počutja med nošenjem ne izkazuje želenega udobja.</p>	ANG	<p>The subjective and objective evaluation of different types of jackets meant for cold weather condition has been done. Four jackets have been produced with different types of insulative layers. Knitted polyester fabric and polyester polymer coated fabric have been used as inner and outer layers respectively for all the four jackets. Polyester needle punched non woven fabrics produced from finer fibre (1.5 den) and hollow fibres (6 and 15 denier), and air bonded nonwoven polyester fabrics are used as middle layer. The wear trial study has been performed in the environmental chamber at three different temperatures, viz. 10°C, 0°C and -10 °C for 80 min duration according to EN ISO 10551:2001 and the jackets are evaluated by wearer for the thermal comfort at start, middle and end of the test. The clothing layers used in the jackets are objectively evaluated for thermal and evaporative resistance by sweating guarded hot plate according to ASTM F 1868-Part C. In wear trail study, the body mass of the wearer with and without clothing, weight of jackets and other clothing is</p>
COBISS ID	17648406	Vir: COBISS.SI												
Naslov	SLO	Fiziološki odzivi pri nošenju različnih vrst oblačil v mrzlem okolju - študija preskušanja nošenja												
	ANG	Physiological responses of different types clothing in cold weather condition - A wear trial study												
Opis	SLO	<p>V prispevku je predstavljena raziskava subjektivnega in objektivnega vrednotenja različnih vrst jaken, namenjenih uporabnikom v mrzlem okolju. Za ta namen so bile izdelane štiri jakne z različnimi vrstami izolacijskih slojev. Vse jakne so bile izdelane iz poliesterne tkanine s premazom kot vrhnjega sloja in poliesterne pletenine kot notranjega sloja. Kot vmesni sloj je bila uporabljena poliesterne iglana netkana tekstilija, izdelana iz finejših vlaken (1,5 den) in votlih vlaken (6 in 15 den) ter zračno spojena poliesterne netkana tekstilija. Raziskava udobja pri nošenju izdelanih jaken je bila izvedena v kima komori pri treh različnih temperaturah, in sicer pri temperaturi 10 °C, 0 °C in -10 °C, pri predhodno definiranih aktivnostih za čas 80 min. Testne osebe so glede na zahteve standarda EN ISO 10551 ocenjevale vpliv toplotnega okolja na toplotno počutje pri nošenju jaken na začetku, v sredini in na koncu raziskave. Za vse vgrajene sloje oblačil so bile izvedene raziskave toplotnih lastnosti, tj. odpora proti prehodu toplote in znoja na t. i. vroči plošči po ASTM F 1868. Raziskava nošenja oblačil je temeljila na določanju telesne mase testne osebe brez in z oblačili, mase analiziranih jaken in ostalih kosov oblačil pred in po vsakem preskusu in merjenju temperature mikroklima in relativne vlažnosti testne osebe glede na zahteve EN ISO 9886:2004. Na podlagi statistične obdelave rezultatov meritev je s pomočjo Spearmanovega koeficienta korelacije ugotovljeno, da obstaja višja korelacija med subjektivno in objektivno oceno toplotnega udobja pri nošenju jaken pri nižji temperaturi okolice. Raziskava je pokazala, da je pri jakni z vgrajenim izolacijskim slojem z votlimi vlakni dosežena višja stopnja udobja v hladnem okolju. Jakna, ki izkazuje najvišjo vrednost toplotne izolacije pri subjektivni oceni toplotnega počutja med nošenjem ne izkazuje želenega udobja.</p>												
	ANG	<p>The subjective and objective evaluation of different types of jackets meant for cold weather condition has been done. Four jackets have been produced with different types of insulative layers. Knitted polyester fabric and polyester polymer coated fabric have been used as inner and outer layers respectively for all the four jackets. Polyester needle punched non woven fabrics produced from finer fibre (1.5 den) and hollow fibres (6 and 15 denier), and air bonded nonwoven polyester fabrics are used as middle layer. The wear trial study has been performed in the environmental chamber at three different temperatures, viz. 10°C, 0°C and -10 °C for 80 min duration according to EN ISO 10551:2001 and the jackets are evaluated by wearer for the thermal comfort at start, middle and end of the test. The clothing layers used in the jackets are objectively evaluated for thermal and evaporative resistance by sweating guarded hot plate according to ASTM F 1868-Part C. In wear trail study, the body mass of the wearer with and without clothing, weight of jackets and other clothing is</p>												

		measured before and after each test along with the microclimate temperature and relative humidity at eight different parts of the body according to EN ISO 9886:2004. The Spearman's correlation coefficient, calculated between subjective and objective evaluation, is found to be high at lower ambient temperature. The jackets consisting of hollow fibres are found to perform better in cold weather conditions. The jacket showing maximum thermal insulation in objective evaluation is found failed to give comfortable feel to the wearer in wear trials.
	Objavljeno v	Publications and Information Directorate, CSIR.; Indian Journal of Fibre and Textile Research; 2014; Vol. 39; str. 33-42; Impact Factor: 0.778; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.907; WoS: QJ; Avtorji / Authors: Shabaridharan A. Das, Geršak Jelka
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
2.	COBISS ID	17531670 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Udobje pri nošenju zasnovano na analizi gibanja telesa
		<i>ANG</i> Wearing comfort using body motion analysis
	Opis	<i>SLO</i> Udobje pri nošenju je eden ključnih dejavnikov, ki jih je treba upoštevati pri oblikovanju oblačil. V tem poglavju so proučeni prilagoditveni dodatki pri konstruiranju oblačil, potrebni za zagotavljanje ustreznega udobja med gibanjem telesa. Na začetku je opredeljena ključna terminologija in predstavljena vloga dodatkov za udobje pri nošenju oblačil. Po uvodnem delu so pojasnjene interakcije med spremembo površine telesa pri gibanju in oblačilom kot lupino, ki pokriva telo. Dalje je obravnavano prilaganje oblačila in dodatki za udobje in nosljivost, kjer je predstavljen tudi podroben pregled različnih vrst t.i. dodatkov, potrebnih za zagotavljanje udobnosti pri nošenju različnih vrst oblačil.
		<i>ANG</i> Wearing comfort is one of the key features that should be taken into account in clothing design. This chapter provides an overview of the ease allowance adopted to provide comfort during body motion. It begins with a discussion of the key terms and role of the ease allowance. After this introduction, the interaction between body motion and clothing as a shell are explained. The chapter then discusses the fit and allowance for comfort and wearability, and also includes a detailed overview of various kinds of ease allowance requirements for different articles of clothing.
	Objavljeno v	Elsevier; Woodhead publishing - WP; Anthropometry, apparel sizing and design; 2014; Str. 320-333; A': 1; Avtorji / Authors: Geršak Jelka
	Tipologija	1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji
3.	COBISS ID	18014230 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Fiziološki odzivi človeškega telesa kot kriterij za ocenjevanje toplotnih lastnosti oblačilnega sistema
		<i>ANG</i> Physiological responses of human body as criterion for estimating the thermal characteristics of a clothing system
	Opis	<i>SLO</i> Oblačilo je dinamičen sistem za zagotavljanje ustreznega toplotno fiziološkega udobja med nošenju. Udobje, ki je zaznano med nošenjem oblačila, je kompleksno subjektivno zaznavanje, in je odločilen kriterij za ocenjevanje kakovosti posameznih oblačil med nošenjem, ki je izražena kot rezultat uravnoteženega procesa izmenjave toplote med telesom, oblačilom in okolico. V prispevku je predstavljena študija fizioloških odzivov človeškega telesa med različnimi aktivnostmi: med gibanjem (oblačila za prosti čas, ženska poletna oblačila, poslovna oblačila), pri spanju (posteljni vložki) in med vožnjo (avtomobilske sedežne prevleke) pri različnih okoljskih pogojih. Raziskava je pokazala, da sta oba, fiziološki odziv človeškega telesa, ki se odraža kot funkcija toplotno

		fizioloških performanc oblačila med nošenjem in zaznava osebnega toplotnega stanja, pomembna kriterija za ocenjevanje toplotnih lastnosti oblačilnega sistema.
	ANG	Clothing is a dynamic system for providing appropriate thermo physiological comfort during wear. Comfort that is felt by wearing clothing is a complex subjective perception, and is a decisive criterion for evaluating the quality of the particular clothing in use, which is expressed as the results of a balanced process of heat transfer around the body, clothing, and environment. This contribution provides a survey of the physiological responses of the human body during different activities: movement (free time garment sets, summer women's clothing, business garments), sleep (bedding mattresses), and drive (car seats) under various environmental conditions. The investigation shows that both the physiological responses of human body, which is expressed as a function of thermophysiological performance of clothing during wearing, and the perception of the personal thermal state are important criteria for estimating the thermal characteristic of a clothing system.
	Objavljeno v	Binary Information Press, Textile Bioengineering and informatics Society; Textile bioengineering and informatics symposium proceedings; 2014; Str. 934-945; Avtorji / Authors: Geršak Jelka
	Tipologija	1.06 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci (vabljeni predavanja)
4.	COBISS ID	18152982 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Povezava med strukturnimi karakteristikami in mehanskimi lastnostmi tkanin
		ANG Relationship between the structural characteristics and mechanical properties of woven fabrics
	Opis	SLO Tkanine so vrsta tekstilnih struktur, ki so odraz kompleksnih karakteristik lastnosti vlaken, strukture preje in konstrukcije tkanine. Njihovo obnašanje je odvisno od strukturnih značilnosti, kot so mehanske lastnosti, kajti odziv tkanin na učinkujočo obremenitev lahko združuje elastičen, viskoelastičen, torni in/ali plastični del. Prispevek predstavlja študijo povezave med strukturnimi karakteristikami tkanin in mehanskih lastnosti. Raziskava je razdeljena na dva dela. V prvem delu je raziskan vpliv smeri vitja preje na strukturne karakteristike tkanin in njihovo obnašanje, medtem ko je v drugem delu raziskave raziskan vpliv strukturnih karakteristik tkanin na posamezne mehanske lastnosti.
		ANG Fabrics are a type of textile structures, which share the complex characteristics of fibres properties, yarn structure and fabric construction. Their behaviour depends on structural characteristics such as mechanical properties, because the responses of fabrics to applied loads may incorporate elastic, viscoelastic, frictional and/or plastic parts. The contribution presents a study of the relationship between the structural characteristics of fabrics and their mechanical properties. The investigation is subdivided into two parts. The first part presents the study of directions of yarn twist on structural characteristics of fabrics and their behaviour, whereas the second part of the investigation is concerned with studying the influence of structural characteristics of fabrics on their particular mechanical properties.
	Objavljeno v	University of Zagreb, Faculty of Textile Technology; Magic world of textiles; 2014; Str. 137-142; Avtorji / Authors: Geršak Jelka
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
5.	COBISS ID	18309654 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Izgradnja prilagodljivega 3D telesnega modela primerne za ljudi z omejeno sposobnostjo gibanja

	ANG	Designing an adaptive 3D body model suitable for people with limited body abilities
Opis	SLO	Cilj raziskave je bil razvoj splošnega prilagodljivega 3D telesnega modela, katerega drža se lahko prilagodi različnim telesnim položajem. Namenjen je za virtualno prototipiranje oblačil za ljudi z omejeno sposobnostjo gibanja. Za pridobitev tri-dimenzionalne (3D) mreže telesa je bila testna oseba skenirana z optičnim skenerjem GOM Atos II 400 v stoječem in sedečem položaju. Izvedeno je bilo modeliranje in rekonstrukcija površine 3D mreže telesa z različnimi grafičnimi programi (GOM Inspect, MeshLab, Blender), ki se je uporabila za nadaljnji razvoj prilagodljivega 3D telesnega modela. V nadaljevanju je bilo izvedeno konstruiranje kinetičnega skeleta, ki omogoča njegovo prilagajanje različnim telesnim držam. Uporabnost zgrajenega prilagodljivega 3D telesnega modela se je določila na podlagi primerjave realnih telesnih dimenzij testne osebe in dimenzij prilagodljivega telesnega modela.
	ANG	The purpose of this research was to develop a generalized adaptive 3D body model the posture of which could be adapted to different positions in order to perform a virtual prototyping of garments for people with limited body abilities. The digital data of a tested person's body was acquired using the GOM Atos scanning system. Careful surface reconstruction was performed in order to provide an adequate mesh for further posture adaptation. The experimental part of this article presents the usages of a variety of graphic programs in order to provide an adaptive 3D body model through kinematic skeleton construction. The mesh-deformation during posture adaptation was improved using advanced tools of applied software packages. The usefulness of the gained 3D body model was determined by calculating the differences between the real and digital 3D body model measurements.
Objavljeno v		OMICS Publishing Group; Journal of textile science & engineering; 2014; Vol. 4, iss. 5; str. 1-13; Avtorji / Authors: Kozar Tatjana, Rudolf Andreja, Cupar Andrej, Jevšnik Simona, Stjepanović Zoran
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek

6. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati programske skupine v letu 2014⁵

	Družbeno-ekonomski dosežek	
1.	COBISS ID	17645590 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Objektivno vrednotenje ploskih tekstilij in oblačil
		ANG Objective evaluation of textile structures and clothing
		Objektivno vrednotenje ploskih tekstilij in oblačil je edina tovrstna knjiga v hrvaškem jeziku. Ima vse karakteristike inženirskega učbenika, ki metodološko obravnava znanstveno in strokovno problematiko objektivnega vrednotenja ploskih tekstilij in oblačil na podlagi osnovnih zakonitosti in študija mehanike ploskih tekstilij. Mehanika ploskih tekstilij proučuje elastične deformacije, ki nastanejo v materialu v procesu izdelave ali predelave tekstilij, in so posledica različnih majhnih obremenitev (kot so natezne, kompresijske, strižne in upogibne obremenitve) in kompleksne deformacije, ki so pomembne za študij obnašanja tekstilij kot dvodimenzionalnih struktur. Proučevanje mehanike ploskih tekstilij je kompleksno zaradi njihove geometrijske strukture, kot tudi njihovih kvalitativnih lastnosti, kot so otip in subjektivna zaznava ter harmonija občutka in lepega videza. S tematskega vidika je vsebina razdeljena v sedem poglavij. V uvodnem delu je predstavljena vloga mehanike oziroma mehanskih lastnosti ploskih tekstilij kot inženirski pristop proučevanja, medtem ko sta v

	Opis	<p>drugem poglavju prikazana razvoj in vloga temeljnih in aplikativnih raziskav na področju mehanskih lastnosti tekstilnih materialov. Pomembnost in teoretične osnove raziskav elastičnih deformacij tekstilnih materialov sta predstavljeni v tretjem poglavju, ki je izhodišče za nadaljnjo razumevanje objektivnega merjenja mehanskih lastnosti ploskih tekstilij. V četrtem poglavju je prikazana metodologija vrednotenja otipa tkanin kot izhodišče razvoja objektivnega merjenja mehanskih in fizikalnih lastnosti ploskih tekstilij, kateremu je sledil razvoj novih tehnologij v oblačilnem inženirstvu.</p> <p>Metodologija objektivnega vrednotenja mehanskih in fizikalnih lastnosti ploskih tekstilij je pomembna za kontrolo kakovosti tekstilnih materialov v procesu izdelave in plemenitenja kot tudi za njihovo predelavo v oblačilni industriji. Ta metodologija je predstavljena v okviru treh sklopov v petem poglavju. V predzadnjem poglavju je predstavljeno objektivno vrednotenje videza oblačil s poudarkom na vplivu mehanskih lastnosti tkanin na njihovo obnašanje v procesu izdelave oblačil, medtem ko je v zadnjem poglavju prikazano projektiranje kakovosti oblačil na podlagi mehanskih in fizikalnih lastnosti tkanina.</p> <p>Kot dodatek knjigi je kakalo pojmov in Summary v angleškem jeziku. Vsebina, ki je sistematično strukturirana, opremljena s številnimi matematičnimi izrazi in ilustracijami ter obogatena z lastnimi teoretičnimi in praktičnimi spoznanji in izkustvi, je namenjena študentom univerzitetnega in podiplomskega študija ter znanstvenikom in tehnologom, ki se zavzemajo za inženirsko projektiranje tekstilnih materiala in visokokakovostnih oblačil, ki temelji na proučevanju mehanike ploskih tekstilij.</p>
		<p>Textile materials, with their viscoelastic behaviour, can be stated as complex engineering structures. It is because of their specific behaviour and growing demand in engineering design related to the quality parameters of textile fabrics and clothing, that objective evaluation of textile materials has an increasingly significant role. It provides a scientific means of quantifying the quality and performance characteristics of textile structures. It is based on the study of nonlinear mechanical properties and their behaviour at low loads. These exact properties are important for garment production processes and/or other textile products for technical applications as well as for their use. Objective evaluation of textile structures therefore characterise their mechanical behaviour, which affects the tailoring abilities and appearance-related properties of textile structures in clothing applications. Mechanical behaviour is certainly one of the more important aspects because quality and performance characteristics are the most essential requirements of clothing and/or other textile products. Over recent years the need for the objective evaluation of textiles and clothing has become increasingly expressed. As the mechanics of textiles has become one of the important topics of study within textile and apparel science in the field of engineering education, the purpose of this textbook is to present an objective evaluation of flat textiles and clothing based on the basic laws and study of fabric mechanics regarding nonlinear mechanical properties at low loads, enriched by our own theoretical and practical knowledge and experience. Understanding the phenomenon and knowledge related to the nonlinear mechanical properties of textile fabrics and their behaviour at low loads is the starting point for the engineering design of textile flat and 3D products, quality control, product development, process/product optimisation, characterisation of the desired properties of materials and products, as well as for computer design, construction, numerical modelling and the simulation of garments.</p> <p>ANG The seven chapters of the book provide a detailed coverage of objective evaluation regarding textile structures and clothing. The introductory part presents the role of mechanics, resp. mechanical properties of</p>

		<p>fabrics for the engineering approach to the study. The second chapter deals with the development and the role of basic and applied research in the field of the mechanical properties of textile materials. The importance and theoretical basis of elastic deformation of textile materials are presented in the third chapter, which is the starting point for further understanding of the objective measurement of the mechanical properties of flat textiles. The fourth chapter presents the evaluation methodology of fabric hand as a starting point for the development of the objective measurement of mechanical and physical properties of fabrics, which is needed for the development of new technologies in garment engineering.</p> <p>The methodology of objectively measuring the mechanical and physical properties of textile fabrics, which represents an important tool for the quality control of textile materials during the production and finishing processes, as well as during fabrics' processing within the garment industry, is presented in chapter five in three subchapters. The penultimate chapter presents the objective evaluation of garment appearance with an emphasis on the impact of the mechanical properties of the fabric on its behaviour during the garment manufacturing processes. The final chapter deals with the garment design quality based on the mechanical and physical properties of the fabric.</p> <p>The content is systematically structured and equipped with numerous mathematical expressions and illustrations, and enriched with knowledge from our own research work.</p> <p>This book is intended for a wide spectrum of readers, including students, researchers and academics, as well as professionals in the fields of textile and clothing industries. Thus, I hope this book will be useful for many people and benefit many sectors of scientific and technological development.</p>	
	Šifra	B.05 Gostujoči profesor na inštitutu/univerzi	
	Objavljeno v	Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet; Manualia Universitatis Studiorum Zagrabensis; 2014; XX, 190 str.; Avtorji / Authors: Geršak Jelka	
	Tipologija	2.03 Univerzitetni, visokošolski ali višješolski učbenik z recenzijo	
2.	COBISS ID	17884694	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Fiziologija oblačil
		ANG	Clothing physiology
	Opis	SLO	<p>Predavanja na Akademie der Künste Wien bildenden, Institut für das Künstlerische Lehramt, Wien:</p> <p>Koncept udobja. Toplotno fiziološko udobje. Model človeškega termoregulacije. Oblačilo – »kvazi fiziološko udobje« Vpliv okolja na toplotno fiziološko udobje pri nošenju oblačil. Določanje fizioloških veličin: srčna frekvenca, temperatura kože in količina izločenega znoja. proučevanje učinka oblačil na izmenjavo toplote. Projektiranje oblačilnega sistema in/ali drugih izdelkov za tehnično uporabo z vidika udobja – študij primerov. Model izmenjave toplote in toplotna regulacija človeškega telesa.</p>
		ANG	<p>Lectures at the Akademie der bildenden Künste Wien, Institut für das Künstlerische Lehramt, Wien:</p> <p>The concept of comfort. Thermo-physiological comfort. A model of human thermoregulation. Clothing - "quasi physiological comfort. The influence of environmental conditions on thermopsychological wears comfort. Defining physiological values: hear beat, skin temperature and the amount of the sweat evaporated. Subjective feeling of thermal comfort.</p>

		Measuring the effect of clothing on heat exchange. Design aspects of clothing system and/or other products for technical use in respect of comfort: a case study. A model of heat exchange and human body thermoregulation.
	Šifra	B.05 Gostujoči profesor na inštitutu/univerzi
	Objavljeno v	2014; Avtorji / Authors: Geršak Jelka
	Tipologija	3.14 Predavanje na tuji univerzi
3.	COBISS ID	18118166 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Oblačilno inženirstvo, funkcionalna in inteligentna oblačila
		<i>ANG</i> Clothing engineering, functional and intelligent clothing
	Opis	<p>PhD seminar na Lodz University of Technology, Department of Material and Commodity Sciences and Textile Metrology, Lodz (60 ur):</p> <p>Udobje pri nošenju zasnovano na gibanju telesa: Študij interakcij med gibanjem telesa in oblačilom kot lupino. Dinamična obremenitev oblačila. Prileganje oblačila in dodatki za udobje in nosljivost. Fiziologija oblačil in udobje: Koncept udobja: fiziologija oblačil, človeško udobje, toplotno fiziološko udobje. Toplotna bilanca: spremenljivke okolja, fizične aktivnosti in izolacija oblačil. Model toplotne regulacije človeka. Vpliv okolja na toplotno fiziološko udobje pri nošenju oblačil. Subjektivno vrednotenje toplotnega počutja. Kakovostne zahteve za oblačilni material. Kakovostne zahteve izdelave. Videz oblačila: Študij odnosa med mehanskimi in fizikalnimi lastnostmi tkanin in njihovem obnašanju v procesu izdelave oblačil – odziv tkanin. Kriteriji za kvalitativno vrednotenje kakovosti videza oblačil. Sistem za napovedovanje kakovosti videza oblačil. Funkcionalna oblačila. Pametni materiali & inteligentna oblačila.</p>
		<p>PhD seminars at the Lodz University of Technology, Department of Material and Commodity Sciences and Textile Metrology, Lodz (60 hours):</p> <p>Wearing comfort based on body motion: Study of interaction between body motion and clothing as shell. Dynamic loading in clothing. Fit and allowance for comfort and wearability. Clothing physiology & comfort: The concept of comfort: clothing physiology, comfort, human comfort, thermal comfort, thermo-physiological comfort. Thermal balance: ambient variables, physical activity and clothing insulation. A model of human thermoregulation. The influence of environmental conditions on thermophysiological wears comfort. Subjective feeling of thermal comfort. Quality requirements for clothing materials. Manufacture quality requirements. Clothing appearance: Relation between mechanical and physical properties of fabrics - processes - behaviour, e.g. response of fabrics. Criteria for qualitative evaluation of garment appearance quality. System for predicting clothing appearance. Functional clothing. Smart fabrics & intelligent clothing</p>
	Šifra	B.05 Gostujoči profesor na inštitutu/univerzi
	Objavljeno v	2014; Avtorji / Authors: Geršak Jelka
	Tipologija	3.14 Predavanje na tuji univerzi
4.	COBISS ID	15772950 Vir: vpis v poročilo
	Naslov	<i>SLO</i> Urednik mednarodne revije Journal of fiber bioengineering and informatics (JFBI)

	ANG	Editor of Journal of fiber bioengineering and informatics
Opis	SLO	Journal of Fiber Bioengineering and Informatics (JFBI) (ISSN 19408676) je akademski znanstveni mednarodni časopis z recenzijo za spodbujanje multidisciplinarnih raziskav in povezovanja različnih področij raziskav kot so: nano znanost, nanotehnologija, kemija, fizika, biologija, medicinske znanosti, raziskave materialov, tribologija, tekstilna znanost in tehnologija, oblačilna znanost in tehnologija, matematika, računalništvo in informatika, humana fiziologija, antropologija, modni design in inženirsko oblikovanje vlaknatih proizvodov. Cilj JFBI je ustvariti mednarodni forum za izmenjavo novih idej za spodbujanje celokupnega vpliva raziskav na področju znanosti o vlaknih, tehnike in tehnologije.
	ANG	Journal of Fiber Bioengineering and Informatics (JFBI) (ISSN 19408676) is an academic peerreviewed and fully refereed international journal to promote multidisciplinary research and collaborations across different fields such as nano science, nanotechnology, chemistry, physics, biology, medical science, material science, tribology, textile science and technology, clothing science and technology, mathematics, computer science and informatics, human physiology, anthropology, fashion design and engineering design of fiber products. JFBI aims to create an international forum for exchanging novel ideas to promote the overall impact of research in fiber science, engineering and technology.
Šifra	C.04 Uredništvo mednarodne revije	
Objavljeno v	Journal of fiber bioengineering and informatics. Danbury (CT): Binary Information Press, 2008, ISSN 19408676. http://www.researchgate.net/journal/19408676_Journal_of_Fiber_Bioengineering_and_Informatics	
Tipologija	4.00 Sekundarno avtorstvo	

7. Drugi pomembni rezultati programske skupine v letu 2014⁶

--

8. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov v letu 2014⁷

8.1. Diplome v letu 2014⁸

vrsta usposabljanja	število diplom
bolonjski program - I. stopnja	4
bolonjski program - II. stopnja	
univerzitetni (stari) program	3

8.2. Magisterij znanosti in doktorat znanosti v letu 2014⁹

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	MR	
		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	

Legenda:

Mag. - Znanstveni magisterij
Dr. - Doktorat znanosti
MR - mladi raziskovalec

9. Pretok mladih raziskovalcev – zaposlitev po zaključenem usposabljanju v letu 2014¹⁰

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	Zaposlitev	
		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text"/>	

Legenda zaposlitev:

- A - visokošolski in javni raziskovalni zavodi
- B - gospodarstvo
- C - javna uprava
- D - družbene dejavnosti
- E - tujina
- F - drugo

10. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov ter študentov iz tujine v letu 2014, daljše od enega meseca

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Sodelovanje v programski skupini	Število mesecev	
0	Mladen STANČIĆ	C - študent – doktorand	3	
0	Marija STANKOVIĆ	C - študent – doktorand	3	
0	MaRTINA BOBOVČAN	C - študent – doktorand	1	

Legenda sodelovanja v programski skupini:

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

11. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v letu 2014¹¹

SLO

Raziskovalni programi Evropske unije:

- SissTEX - Stimulation of Interaction between Science and Society for better understanding the meaning of social factor in creating Responsible Research and Innovative Textile Products (Horizon 2020; Call: H2020-ISSI-2014-1, Topic: ISSI-2-2014 Type of action: CSA, Proposal No: 665893. Vodja oz. koordinator: J. Geršak
- InRapidTex2020 *Innovative and Rapid Processing of Specialized Textiles; Call for Factories of the Future* (HORIZON2020 – ID SEP-210232975). Vodja oz. koordinator: J. Geršak (postopku evalvacije)

Drugi mednarodni raziskovalni in razvojni programe:

- CEEPES mreže CIII-SI-0217-08-1415 Ars-Techne: Design and Development of Multifunctional Products. Koordinator: J. Geršak
- BI-BA/14-15-016 Investigation of the effects of high-performance textiles on the wearing comfort of the sports clothing (SLO-BiH bilateralni projekt). Odgovorni nosilec: J. Geršak
- 3rd international CEEPUS winter school Design week 2014. Fakulteta za strojništvo Univerze v Mariboru, 20. 10. 2014 do 25. 10. 2014. Vodja: J. Geršak
- Raziskave in razvoj oblačil za paraplegike: projekt Po kreativni poti do praktičnega znanja, v okviru OP RČV 2007-2013, 1. razvojne prioritete: Spodbujanje podjetništva in prilagodljivosti : trajanje programa od 01. 04. 2007 do 30. 09. 2014.

Fakulteta za strojništvo Univerze v Mariboru. Vodja: A. Rudolf, I. Drstvenšek.

12. Vključenost v projekte za uporabnike, ki so v letu 2014 potekali izven financiranja ARRS¹²

SLO

- Raziskava materiala za EKG kontaktne ploščice: Izbira materiala in izdelava vzorčnih EKG ploščic. Raziskovalni vavčer FS-2/2014. Fakulteta za strojništvo Univerze v Mariboru. Vodja: T. Bončina

13. Ocena tehnološke zrelosti rezultatov raziskovalnega programa in možnosti za njihovo implementacijo v praksi (točka ni namenjena raziskovalnim programom s področij humanističnih ved)¹³

SLO

Z vidika vsebine raziskovalnega programa, ki obsega okoli 70 % temeljnega in 30 % aplikativnega raziskovanja se lahko tehnološka zrelost rezultatov obravnava le v okviru aplikativnega raziskovanja. Na tem področju se lahko izpostavi razvoj baze podatkov fiziološkega odziva človeškega telesa na toplotno fiziološko počutje uporabnika pri nošenju oblačil. Oblikovana baza podatkov je podlaga za razvoj sistema za napovedovanje toplotno fiziološkega udobja uporabnika pri nošenju oblačil in njegovo implementacijo v prakso.

14. 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 type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
potrebni finančni vložek	EUR
ocena potrebne infrastrukture in opreme ¹⁴	

15. Izjemni dosežek v letu 2014¹⁵

15.1. Izjemni znanstveni dosežek v letu 2014

15.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek v letu 2014

**ZAKLJUČNA POROČILA O REZULTATIH
RAZISKOVALNIH PROGRAMOV V LETU 2009 – 2014**

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

Šifra programa	P2-0157
Naslov programa	Dinamični inteligentni in povezani tehnološki sistemi in naprave DIP-TSN Dynamic, Intelligent, and Integrated Technological Systems and Devices (DIP-TSN)
Vodja programa	4011 Jože Balič
Obseg raziskovalnih ur (vključno s povečanjem financiranja v letu 2014)	30600
Cenovni razred	
Trajanje programa	01.2009 - 12.2014
Izvajalci raziskovalnega programa (javne raziskovalne organizacije - JRO in/ali RO s koncesijo)	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.10 Proizvodne tehnologije in sistemi
Družbeno-ekonomski cilj	06. Industrijska proizvodnja in tehnologija
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	2 Tehniške in tehnološke vede 2.03 Mehanika

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

2. Povzetek raziskovalnega programa¹

SLO

V raziskovalnem programu smo realizirali naslednje aktivnosti:

- 1) razvoj, vpeljevanje in uporaba najsodobnejše tehnologije za izdelavo izdelkov: npr. dodajalne izdelovalne tehnologije (LENS, selektivno lasersko sintranje), inteligentne robotske celice, napredne CNC-tehnologije,
- 2) razvoj in realizacija metodologije umetne inteligence za proučevanje in gradnjo inteligentnih strojev, naprav in izdelovalnih sistemov ter procesov (razvoj različnih sistemov strojnega učenja, vključno s sistemi za genetsko programiranje, genetske algoritme, umetne nevronske mreže, mehko logiko, skupinsko inteligenco oziroma roje delcev, metode gravitacijskega iskalnega algoritma in metode za večkriterijsko optimizacijo, npr. NSGA-II pristop).
- 3) implementacija razvitih tehnologij in metodologije v industrijska okolja.
- 4) področje vodenja obdelovalnih sistemov je obsegalo razvoj in izdelavo nadzornega sistema, ki bo s posrednim optimiranjem in digitalno adaptacijo rezalnih parametrov nadzoroval rezalno silo in ohranjal konstantno hrapavost obdelane površine med procesom frezanja. Izdelan nadzorni sistem v realnem času identificira obrabo oziroma poškodbe rezalnega roba in ustrezno korigirati nadaljnji proces obdelave. Izdelan je postopek inteligentnega modeliranja procesa odrezavanja, ki bo uporabljen pri izdelavi CNC-simulatorja frezanja. Namen je bil testirati stabilnost nadzornega sistema in uglasiti krmilne parametre. Učinkovitost izdelanega nadzornega sistema z vidika izboljšane kvalitete površine in manjše obrabe orodja je testirana v vodilni slovenski orodjarni.
- 5) Pri raziskavah, ki se nanašajo na področje energetske varčne, okolju prijazne hidravlične pogonske tehnike je bil poudarek na metodah on-line spremljanja stanja, prepoznavanju mehanizmov staranja ter spreminjanja fizikalno-kemijskih lastnosti različnih vrst hidravličnih tekočin ter njihovih medsebojnih vplivov, kot tudi iskanju novih hidravličnih tekočin s specifičnimi lastnostmi, ki odpravljajo probleme, vezane na danes uporabljane tekočine. Raziskave so vključevale tudi na daljinski on-line nadzor stanja hidravličnih naprav ter sodobnih konceptov zajemanja in ovrednotenja signalov, kot tudi razvoj energetske varčnih pogonskih sistemov.
- 6) Na področju preoblikovalnih postopkov je pojav novih materialov, kot so jekla s povišano trdnostjo, povzročil potrebo po novih prijemih in uvajanju novih tehnologij. Pomembnost simulacij in analiz preoblikovalnih postopkov je narasla skupaj z željo o napovedovanju končnega rezultata postopka. Zato je treba razširiti poznavanje postopkov, bolje je treba poznati obnašanje gradiv pri preoblikovanju. Visoke zahteve naročnikov glede merskih natančnosti in kakovosti površin na drugi strani, pa dajejo še dodatno potrebo po uporabi simulacij in napovedovanju rezultatov. V ta namen so na razpolago računalniška programska orodja, ki temeljijo na numeričnem računanju. Ta orodja pa dajejo dobre napovedi le takrat, če vstavimo pravilne parametre in so ustrezno kalibrirana.

ANG

- 1) Development, introduction, and usage of cutting-edge technologies for manufacturing of products, e.g., additive manufacturing technologies (LENS, Selective Laser Sintering), intelligent robotic cells, advanced CNC-technologies,
- 2) Development of the methodology of the artificial intelligence for the studying, building, modelling and optimization of intelligent machines, devices, and manufacturing systems/processes (development and realization of various systems for machine learning including systems for genetic programming, genetic algorithms, artificial neural networks, fuzzy logic, swarm intelligence, gravitational search algorithm, and multi-objective optimization algorithms, e.g., NSGA-II approach).
- 3) Implementation of the developed technologies and methodology into the industrial environment.
- 4) In the field of adaptive control the research program involves the development and production of a monitoring system controlling the cutting force by off-line optimization and digital adaptation of cutting parameters and maintaining constant surface roughness throughout milling. The goal was to develop the optical tool condition monitoring system which can identify tool wear or cutting edge damage and correct the further machining process. Intelligent modelling of machining process to be used for the development of CNC milling simulator was developed. Efficiency of the proposed monitoring system demonstrated in improved surface quality and lower tool wear was tested in a leading Slovenian tool shop.
- 5) The research field of energy saving, environment friendly hydraulic drive technology. The focus was on the on-line condition monitoring methods and recognizing of the ageing mechanisms as well the changing the physical-chemical properties of different types of hydraulic fluids and their interactions. Of particular importance is the search for new hydraulic fluids with specific physical-chemical properties that would eliminate the problems related to the fluids used today. Researches include remote on-line condition monitoring of hydraulic machines and implementation the advanced concepts of signal acquisition and evaluation, as well the development of energy saving drive systems.
- 6) Occurrence of new materials as high strength steels caused the need for new approaches and for new technologies. Simulations and in-depth analyses of forming process have gained on importance together with need for prediction of process result. Therefore, the knowledge on processes have to be extended, together with the knowledge about properties of materials during the forming process. High demand from customers on dimensional accuracy and surface quality gives additional reason for usage of simulations for result prediction. For this reason, there are computer simulation tools, which are based on numerical computation. These simulations gives proper results only with correct input parameters and if they are calibrated.

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)²

SLO

Realizacija raziskovalnega programa je potekala na naslednjih temeljnih, vendar povezanih raziskovalnih področjih, ki so:

- 1) modeliranje in programiranje inteligentnih strojev in naprav, inteligentno modeliranje,
- 2) optimiranje in vodenje obdelovalnih postopkov,
- 3) razvoj inteligentnih preoblikovalnih metod in postopkov,
- 4) razvoj slojevitih tehnologij,
- 5) vodenje inteligentnih robotskih obdelovalnih sistemov in
- 6) razvoj napredne, energetsko varčne in okolju prijazne fluidne tehnike.

1) Modeliranje in programiranje inteligentnih strojev in naprav

Na krovnem področju raziskovalnega programa smo realizirali naslednje aktivnosti:

a) razvoj metodologije umetne inteligence za proučevanje in gradnjo inteligentnih strojev, naprav in izdelovalnih sistemov ter procesov (modeliranje in optimizacija CNC obdelovalnih postopkov s skupinsko inteligenco, evolucijskimi algoritmi in nevronskimi mrežami; samodejno programiranje CNC obdelovalnih strojev s pomočjo skupinske inteligence, evolucijskih algoritmov in umetnih nevronskih mrež)

b) razvoj, vpeljevanje in uporaba najsodobnejše tehnologije za izdelavo izdelkov (LENS in razvoj sistema za modeliranje in optimizacijo postopka laserskega nanašanja kovinskih prevlek v sodelovanju z EMO Orodjarna)

c) razvoj napredne CNC tehnologije in implementacija razvitih tehnologij in metodologije v industrijska okolja (razvoj sistema za optimizacijo razmeščanja strojev in naprav v obratu valjane v železarni Štore Steel z evolucijskimi algoritmi).

2) Inteligentno modeliranje, optimiranje in vodenje obdelovalnih postopkov

Pri izdelavi **inteligentnega adaptivnega sistema** vodenja visokohitrostnega freziranja s težko opredeljivo dinamiko so rezultati naslednji:

a) razvita je programska oprema za zajemanje rezalnih sil in hrapavosti površine;

b) s hibridnim modeliranjem je določena korelacija med signali maksimalnih rezalnih sil in hrapavostjo obdelane površine

c) izdelan je celovit postopek modeliranja procesa odrezavanja, ki je nato uporabljen pri izdelavi simulatorja CNC freziranja

d) s hibridnim modeliranjem procesa, PSO optimizacijo ter nevronske krmilne shemo je izgrajen kombiniran sistem za posredno optimiranje in adaptivno nastavljanje rezalnih parametrov

e) zasnovana je nevronska krmilna shema;

f) izdelana je PSO evolucijska strategije za dinamično optimiranje rezalnih parametrov

g) izdelan je hibridni ANfis model za izbiro frezal in napovedovanje priporočenih rezalnih parametrov. Razviti sistem vodenja je bil testiran v vodilni slovenski orodjarni.

3) Razvoj inteligentnih preoblikovalnih metod in postopkov

a) izvedena je bila raziskava **preoblikovalnih lastnosti visoko trdnostnih pločevin** (v vročem in hladnem), določanje tehnoloških parametrov procesa in konstrukcije preoblikovalnih orodij

b) pri preoblikovanju v hladnem so bile izvedene raziskave za napovedovanje torzijskega elastičnega izravnavanja pri globokem vleku (izdelan model za preizkušanje in ovrednotenje)

c) za upogibanje pločevin s povišano trdnostjo s postopkom upogibanja v dveh stopnjah je bilo izdelano testno orodje, opravljeni preizkusi in analiza rezultatov

d) razvit je bil inteligentni sistem za napovedovanje tehnoloških parametrov. Izdelan je sistematičen zbir rezultatov preizkusov

e) izvedene so bile tudi raziskave za določanja optimalnih materialov za aktivne dele izsekovalnih orodij

4) Razvoj slojevitih tehnologij

a) Razvili smo metodo za **ugotavljanje hitrosti in natančnosti** naprav za dodajalno izdelavo (3D tiskalniki). Natančnost in hitrost nista odvisni samo od tehnoloških parametrov, pač pa predvsem od geometrijskih značilnosti izdelka

b) Na njeni osnovi smo razvili metodo za določanje skrčkov in zamikov laserskega žarka pri izdelavi izdelkov z laserskim sintranjem. Obe ugotovitvi predstavljata novost na področju dodajalnih tehnologij

c) Rezultati raziskave so pokazali, da lahko z uporabo **prostorskih struktur** izničimo, značilno tehnološko anizotropijo dodajalnih tehnologij, pri čemer morajo premeri nosilcev prostorske strukture znašati med 3 do 8 kratnikom premera laserskega žarka, ki ga uporabimo za njihovo izdelavo

d) Na medicinskem področju smo razvili tri nove operativne pristope na ortopedskem

področju. Proučili smo endoprotetične operacije v območju kolena, kolka in ramena ter razvili poseben medicinski pripomoček, narejen po meri pacienta. Za območje hrbtenice smo razvili posebna vodila za vstavljanje pedikularnih vijakov. Vsi pripomočki so bili klinično preizkušeni.

5) Vodenje inteligentnih robotskih obdelovalnih sistemov

Na področju implementacije robotov v proizvodno okolje so bile raziskave usmerjene v iskanje primernega parametra za vrednotenje sposobnosti robota ali skupine robotov za opravljanje predpisanih tehnoloških nalog. Kot najbolj obetaven se je izkazal parameter, ki preko instalirane moči izračuna gibljivost. Parameter je dimenzijsko invarianten in fizikalno konsistenten glede na različne fizikalne enote za merjenje premih in kotnih hitrosti, saj omogoča upoštevanje vseh prostostnih stopenj mehanizma, kar v primeru uporabe indeksa gibljivosti po Yoshikawi ni mogoče.

6) Razvoj napredne, energetske varčne in okolju prijazne fluidne tehnike

Rezultati raziskav s tega področja so vpeti v svetovne tokove raziskav, na kar kažejo številne objave v uglednih mednarodnih revijah z visokim faktorjem vpliva in citati. Poseben pomen za znanost predstavljajo raziskave vezane na poznavanje mehanizmov spreminjanja stanja različnih vrst hidravličnih tekočin in njihovih medsebojnih vplivov. Še zlasti pomembno je iskanje novih hidravličnih tekočin s posebnimi fizikalno kemijskimi lastnostmi, ki odpravljajo probleme, vezane na danes uporabljane tekočine. Rezultati raziskovalnega dela na tem področju so:

- a) razvoj daljinskega online nadzor stanja hidravličnih tekočin;
- b) uvajanje novih hidravličnih tekočin;
- c) razvoj sodobnih konceptov zajemanja in ovrednotenja signalov;
- d) razvoj energetske varčnih komponent in sistemov.

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

SLO

Program je bil v celoti realiziran, kot sledi (na nekaterih podpodročjih so bili cilji tudi preseženi): Razvoj novih inteligentnih metod na področju proizvodnega strojništva implementacija rezultatov v industrijo (cilj: inovativen dvig tehnološkega nivoja SLO podjetij v EU) s predavanji na partnerskih ustanovah v tujini (cilj znanstveno in strokovno sodelovanje z mednarodnimi inštitucijami) in vključevanje raziskovalnih dosežkov v dodiplomske in podiplomske študijske programe.

Podrobnejše je stopnja realizacije navedena, kot sledi:

1) Realizacija je bila odlična. Razvili, preizkusili in vpeljali smo nove postopke za modeliranje in optimiranje tehnoloških sistemov, kot so npr. večkriterijska optimizacija tehnoloških sistemov, izvorni algoritem za nedominirano sortiranje in gravitacijski iskalni algoritem. Največji del omenjenih rezultatov smo potrdili tudi v industrijski praksi (EMO Orodjarna in Store Steel).

2) Najpomembnejših realizirani cilji: optimizacija hidravličnih komponent stiskalnice, inteligenten adaptiven sistem vodenja VH freziranja, modeliranje odrezovalnih postopkov, implementacijo inteligentnega sistema za korekcijo rezalnih parametrov v industrijo

3) Na tem področju posebej izstopa raziskava torzijskega elastičnega izravnavanja pri preoblikovanju visokotrnostne pločevine. Rezultati raziskav so bili potrjeni s praktičnimi preizkusi.

Postopek upogibanja v dveh stopnjah je bil raziskan do te mere, da je primeren za uporabo v praksi, postavljena je bila tudi metodologija za določanje tehnoloških parametrov za različne materiale in geometrije.

4) Vsi zastavljeni cilji so bili realizirani. Osnovne postavljene hipoteze, ki predstavljajo pomemben prispevek znanosti so bile potrjene; Na natančnost in hitrost dodajalne izdelave pomembno vpliva geometrijska zapletenost izdelka.

Uporaba pacientu prilagojenih vodil pomembno poveča zanesljivost operativnega posega in s tem podaljša uporabno dobo vstavljene proteze.

5) Izvedena je bila analiza gibljivosti industrijskega robota v delovnem prostoru in pripravljeno grafično orodje za vrednotenje posameznih položajev robota ter iskanje najprimernejšega podprostora za izvajanje tehnoloških operacij. Za Litostroj Ravne je bil zgrajen virtualni model servo gnane stiskalnice. Izvedena je bila simulacija, katere rezultati omogočajo izbiro pogonske verige, močnostne in krmilne opreme in dimenzioniranje nosilnih elementov stiskalnice.

6) Začrtane aktivnosti na področjih snovanja energetsko učinkovitejših, cenovno ugodnih in robustnih ter daljinsko nadzorovanih elektrohidravličnih pogonskih sistemov z vgrajeno online nadzorovalno funkcijo, ki omogočajo povečanje zanesljivosti delovanja ter nižje stroške vzdrževanja pogona, in nadzora stanja pogona in njegovih komponent, so bile v celoti realizirane. Dodatne raziskave lastnosti ionskih tekočin primernih za uporabo v hidravličnih sistemih, pa predstavlja presežek načrtovanih aktivnosti.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine v letu 2014⁴

SLO

Sprememb ni bilo.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁵

		Znanstveni dosežek	
1.	COBISS ID	16252694	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Programiranje CNC rezkalnih strojev z uporabo optimizacije z rojem delcev
		ANG	Programming of CNC milling machines using particle swarm optimization
		V raziskavi je bil zasnovan in izveden sistem za avtomatsko programiranje CNC rezkalnih strojev z uporabo optimizacije z rojem delcev (PSO). V raziskavi je vsak individualni delec v roju predstavljal možen NC program. Uporabili smo predstavitev obdelovalnega prostora s pomočjo vokslov in Bresenhamov algoritem rasterizacije obdelovalnih rezov. Optimizacija s	

Opis	SLO	PSO je bila izvedena na obdelovalnem področju, ki je bilo vokselizirano. Razviti sistem samodejno najde NC program z optimalno obdelovalno strategijo, ki zajema optimalno izbiro orodja, najkrajšo pot delovnih in hitrih gibov in minimizacijo izdelovalnega časa. Na ta način se zmanjšajo izdelovalni stroški in poveča produktivnost. Za potrditev rezultatov smo uporabili testne obdelovance in 2.5D rezkalne strategije. Predlagan inteligentni sistem je univerzalen in ga lahko prilagodimo tudi za ostale CNC stroje.
	ANG	This paper proposes a system for the automatic programming of a CNC milling machine by particle swarm optimization (PSO). In the presented research, each individual swarm particle presents a possible NC programme. Voxel representation of machining area was used. Bresenham's algorithm was implemented, for the rasterisation of the cuts. Optimisation with PSO was carried out within avoxelised machining area. The system automatically finds the NC programme for optimal machining. The NC programme guarantees an optimal selection of tools, the shortest possible work and rapid motions, and minimisation of the manufacturing time. Thus, achieving a reduction in machining costs and increased productivity. Testing using test work-pieces and 2.5 D milling confirmed the efficiency of the proposed approach. The proposed intelligent system is easily adaptable for programming other types of CNC machines, by PSO.
Objavljeno v	Marcel Dekker; Materials and manufacturing processes; 2013; Vol. 28, iss. 7; str. 811-815; Impact Factor: 1.486; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.326; WoS: IK, PM; Avtorji / Authors: Klančnik Simon, Brezočnik Miran, Balič Jože, Karabegović Isak	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
2. COBISS ID	17680662	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Modeliranje postopka struženja z gravitacijskim iskalnim algoritmom
	ANG	Modelling of a Turning Process Using the Gravitational Search Algorithm
Opis	SLO	V članku je opisano modeliranje postopka struženja z gravitacijskim iskalnim algoritmom (GSA). GSA je optimizacijski algoritem, ki temelji na Newtonovem univerzalnem gravitacijskem zakonu in interakciji masnih delcev pod vplivom gravitacije. Da bi lahko zadovoljivo opisali proces struženja, smo izbrali tri vhodne spremenljivke: obdelovalno hitrost, podajanje in globino reza. Vhodne spremenljivke vplivajo na tri odvisne izhodne spremenljivke, ki so v našem primeru bile glavna rezalna sila, hrapavost površine in življenjska doba orodja. Vrednosti neodvisnih in odvisnih spremenljivk, ki smo jih dobili z meritvami, smo uporabili za bazo znanja za optimizacijo z metodo GSA. V raziskavi smo GSA uporabili za optimizacijo številčnih koeficientov predhodno določenih polinomskih modelov, ki opisujejo proučevane izhodne spremenljivke. Natančnost dobljenih modelov za napovedovanje smo dokazali s pomočjo testnih vrednosti spremenljivk, ki niso bile vključene v fazo učenja. Dokazali smo, da so dobljeni rezultati primerljivi z rezultati, ki jih dobimo z drugimi optimizacijskimi postopki, npr. s postopkom optimizacije z rojem delcev (PSO), vendar pa je bil čas optimizacije z metodo GSA v nekaterih primerih občutno krajši.
	ANG	This paper proposes the modelling of a turning process using a gravitational search algorithm (GSA). GSA is an optimization algorithm based on Newton's law of universal gravitation and mass interactions. In order to sufficiently describe the turning process, at least three independent variables are required: cutting speed, feed-rate, and cutting depth. Independent variables have impacts on dependent variables, which were in our case cutting force, surface roughness, and tool-life. The values of independent and dependent variables obtained by measurements serve as a knowledge database for feeding the GSA

		optimization process. During our research the GSA was used for optimizing the numerical coefficients of predefined polynomial models for describing the observed output variables. The accuracies of the obtained prediction models were proved by means of a testing data set that was excluded from the training data. The research showed that the obtained results were comparable with the other optimization algorithms such as particle swarm optimization (PSO). However, the optimization time required for GSA optimization was, in certain cases, significantly shorter.
	Objavljeno v	DAAAM International Vienna; International journal of simulation modelling; 2014; Vol. 13, iss. 1; str. 30-41; Impact Factor: 2.125; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.345; A': 1; WoS: IJ, IK; Avtorji / Authors: Hrelja Marko, Klančnik Simon, Balič Jože, Brežočnik Miran
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	14723350 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Uporaba umetne inteligence pri modeliranju in adaptivni regulaciji sil pri frezanju
		<i>ANG</i> Modeling and adaptive force control of milling by using artificial techniques
	Opis	<i>SLO</i> V prispevku je prikazana uporaba združevanja metod nevronske mreže, mehke logike in PSO evolucijske strategije pri modeliranju in adaptivnem vodenju procesa oblikovnega frezanja. S hibridnim modeliranjem procesa, offline optimizacijo ter usmerjeno nevronske krmilne sheme (UNKS) je izgrajen kombiniran sistem za posredno optimiranje in adaptivno nastavljanje rezalnih parametrov. To je adaptivni sistem vodenja, ki z digitalno adaptacijo rezalnih parametrov nadzoruje rezalno silo in ohranja konstantno hrapavost obdelane površine med frezanjem. Na ta način kompenzira vse motnje procesa odrezavanja: obrabo orodja, nehomogenost obdelovanega materiala, vibracije, drdranje itd. Osnovni princip vodenja je izveden s krmilno shemo (UNKS), ki jo sestavljata dva nevronska identifikatorja dinamike procesa in primarni regulator. Simulator CNC frezanja testira stabilnost sistema in uglaši parametre krmilne sheme. Izdelan je celovit postopek hibridnega modeliranja procesa odrezavanja, ki ga uporabimo pri izdelavi simulatorja CNC frezanja. Eksperimentalni rezultati potrjujejo, da je sistem frezanja z zasnovanim krmiljem robusten in stabilen. Učinkovitost frezanja s predlaganim sistemom vodenja je za 27% večja, kot pri tradicionalnem sistemu CNC frezanja.
		<i>ANG</i> The contribution discusses the use of combining the methods of neural networks, fuzzy logic and PSO evolutionary strategy in modeling and adaptively controlling the process of ball-end milling. On the basis of the hybrid process modeling, off-line optimization and feed-forward neural control scheme (UNKS) the combined system for off-line optimization and adaptive adjustment of cutting parameters is built. This is an adaptive control system controlling the cutting force and maintaining constant roughness of the surface being milled by digital adaptation of cutting parameters. In this way it compensates all disturbances during the cutting process: tool wear, non-homogeneity of the workpiece material, vibrations, chatter, etc. The basic control principle is based on the control scheme (UNKS) consisting of two neural identifiers of the process dynamics and primary regulator. An overall procedure of hybrid modeling of cutting process used for creating the CNC milling simulator has been prepared. The experimental results show that not only does the milling system with the design controller have high robustness, and global stability, but also the machining efficiency of the milling system with the adaptive controller is 27% higher than for traditional CNC milling system.
		Kluwer Academic Publishers; Journal of intelligent manufacturing; 2012;

	Objavljeno v	Vol. 23, no. 5; str. 1805-1815; Impact Factor: 1.278; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.159; WoS: EP, IK; Avtorji / Authors: Župerl Uroš, Čuš Franc, Reibenschuh Marko				
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek				
4.	COBISS ID	17247766 Vir: vpis v poročilo				
	Naslov	<table border="1"> <tr> <td>SLO</td> <td>Razvoj kombiniranega sistema posrednega optimiranja in adaptivnega vodenja visokohitrostnega frezanja s težko opredeljivo dinamiko</td> </tr> <tr> <td>ANG</td> <td>Development of the combined system for offline optimization and adaptive control of high speed milling with difficult dynamics.</td> </tr> </table>	SLO	Razvoj kombiniranega sistema posrednega optimiranja in adaptivnega vodenja visokohitrostnega frezanja s težko opredeljivo dinamiko	ANG	Development of the combined system for offline optimization and adaptive control of high speed milling with difficult dynamics.
SLO	Razvoj kombiniranega sistema posrednega optimiranja in adaptivnega vodenja visokohitrostnega frezanja s težko opredeljivo dinamiko					
ANG	Development of the combined system for offline optimization and adaptive control of high speed milling with difficult dynamics.					
	Opis	<table border="1"> <tr> <td>SLO</td> <td>Predstavljen je izjemni znanstveni dosežek programske skupine v letu 2012. Za izjemni znanstveni dosežek je izbran razvoj mehatronskega sistema posrednega optimiranja in adaptivnega vodenja visokohitrostnega frezanja. Rešitev problema izdelave transfernih orodij v orodjarnah je v uporabi inteligentnega sistema za korekcijo rezalnih parametrov.</td> </tr> <tr> <td>ANG</td> <td>Predstavljen je izjemni znanstveni dosežek programske skupine v letu 2012. Za izjemni znanstveni dosežek je izbran razvoj mehatronskega sistema posrednega optimiranja in adaptivnega vodenja visokohitrostnega frezanja. Rešitev problema izdelave transfernih orodij v orodjarnah je v uporabi inteligentnega sistema za korekcijo rezalnih parametrov.</td> </tr> </table>	SLO	Predstavljen je izjemni znanstveni dosežek programske skupine v letu 2012. Za izjemni znanstveni dosežek je izbran razvoj mehatronskega sistema posrednega optimiranja in adaptivnega vodenja visokohitrostnega frezanja. Rešitev problema izdelave transfernih orodij v orodjarnah je v uporabi inteligentnega sistema za korekcijo rezalnih parametrov.	ANG	Predstavljen je izjemni znanstveni dosežek programske skupine v letu 2012. Za izjemni znanstveni dosežek je izbran razvoj mehatronskega sistema posrednega optimiranja in adaptivnega vodenja visokohitrostnega frezanja. Rešitev problema izdelave transfernih orodij v orodjarnah je v uporabi inteligentnega sistema za korekcijo rezalnih parametrov.
SLO	Predstavljen je izjemni znanstveni dosežek programske skupine v letu 2012. Za izjemni znanstveni dosežek je izbran razvoj mehatronskega sistema posrednega optimiranja in adaptivnega vodenja visokohitrostnega frezanja. Rešitev problema izdelave transfernih orodij v orodjarnah je v uporabi inteligentnega sistema za korekcijo rezalnih parametrov.					
ANG	Predstavljen je izjemni znanstveni dosežek programske skupine v letu 2012. Za izjemni znanstveni dosežek je izbran razvoj mehatronskega sistema posrednega optimiranja in adaptivnega vodenja visokohitrostnega frezanja. Rešitev problema izdelave transfernih orodij v orodjarnah je v uporabi inteligentnega sistema za korekcijo rezalnih parametrov.					
	Objavljeno v	Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije ARRS; Izjemni znanstveni dosežki 2012; 2013; Str. [35]; Avtorji / Authors: Župerl Uroš, Čuš Franc				
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek				
5.	COBISS ID	75503873 Vir: COBISS.SI				
	Naslov	<table border="1"> <tr> <td>SLO</td> <td>Funkcionalni razvoj izdelkov : napredna orodja in koncepti</td> </tr> <tr> <td>ANG</td> <td>Functional products development : advanced tools and concepts</td> </tr> </table>	SLO	Funkcionalni razvoj izdelkov : napredna orodja in koncepti	ANG	Functional products development : advanced tools and concepts
SLO	Funkcionalni razvoj izdelkov : napredna orodja in koncepti					
ANG	Functional products development : advanced tools and concepts					
	Opis	<table border="1"> <tr> <td>SLO</td> <td>V znanstveni monografiji avtorji poglobljeno obravnavajo področje proizvodnih sistemov in tehnologij v povezavi s področjem tekstilnih tehnologij, podrobneje področjem osebne zaščitne opreme. Predstavljena so izhodišča združevanja obeh področij, ki sta potrebni vzajemnega sodelovanja za razvoj funkcionalnih izdelkov za varovanje zdravja in zaščito ljudi. Izpostavljen je pomen prepletanja znanstvenih vsebin obeh področij za nadaljnje raziskovalne smernice in krepitev razvojnih strategij. Okoliščine, ki so privedle do prepletanja obeh znanstvenih ved segajo v področje osebne zaščitne opreme, podrobneje v razvoj merilnih in testnih orodij za njihovo načrtovanje. Na področju razvoja in optimizacije osebne zaščitne opreme avtorji raziskujejo že več let, nekateri modeli razvoja pa so rezultat večletnega dela na znanstveno raziskovalnem in razvojnem področju. Monografija zajema opis dejavnikov in parametrov, ki vplivajo na razvoj in načrtovanje osebne zaščitne opreme. Z vidika razvoja novega merilnega in testnega orodja, tj. razvoja toplotnega manikina pa obravnava opis metod inteligentne izdelave tega merilnega orodja. Monografija obsega 9 poglavij na 100 straneh.</td> </tr> <tr> <td></td> <td>The most important purpose of this book is to incorporate diverse tools and principles within the development stages of functional products. The book was prepared with the aim of providing researchers from different fields with the basic principles and essential knowledge related to protection under lifethreatening conditions by means of textile and clothing engineering and production technologies. Another purpose of this book is to stress the importance of attaining knowledge from different research areas or work fields. For example, the optimal protective clothing ensemble is an important factor for protection and for</td> </tr> </table>	SLO	V znanstveni monografiji avtorji poglobljeno obravnavajo področje proizvodnih sistemov in tehnologij v povezavi s področjem tekstilnih tehnologij, podrobneje področjem osebne zaščitne opreme. Predstavljena so izhodišča združevanja obeh področij, ki sta potrebni vzajemnega sodelovanja za razvoj funkcionalnih izdelkov za varovanje zdravja in zaščito ljudi. Izpostavljen je pomen prepletanja znanstvenih vsebin obeh področij za nadaljnje raziskovalne smernice in krepitev razvojnih strategij. Okoliščine, ki so privedle do prepletanja obeh znanstvenih ved segajo v področje osebne zaščitne opreme, podrobneje v razvoj merilnih in testnih orodij za njihovo načrtovanje. Na področju razvoja in optimizacije osebne zaščitne opreme avtorji raziskujejo že več let, nekateri modeli razvoja pa so rezultat večletnega dela na znanstveno raziskovalnem in razvojnem področju. Monografija zajema opis dejavnikov in parametrov, ki vplivajo na razvoj in načrtovanje osebne zaščitne opreme. Z vidika razvoja novega merilnega in testnega orodja, tj. razvoja toplotnega manikina pa obravnava opis metod inteligentne izdelave tega merilnega orodja. Monografija obsega 9 poglavij na 100 straneh.		The most important purpose of this book is to incorporate diverse tools and principles within the development stages of functional products. The book was prepared with the aim of providing researchers from different fields with the basic principles and essential knowledge related to protection under lifethreatening conditions by means of textile and clothing engineering and production technologies. Another purpose of this book is to stress the importance of attaining knowledge from different research areas or work fields. For example, the optimal protective clothing ensemble is an important factor for protection and for
SLO	V znanstveni monografiji avtorji poglobljeno obravnavajo področje proizvodnih sistemov in tehnologij v povezavi s področjem tekstilnih tehnologij, podrobneje področjem osebne zaščitne opreme. Predstavljena so izhodišča združevanja obeh področij, ki sta potrebni vzajemnega sodelovanja za razvoj funkcionalnih izdelkov za varovanje zdravja in zaščito ljudi. Izpostavljen je pomen prepletanja znanstvenih vsebin obeh področij za nadaljnje raziskovalne smernice in krepitev razvojnih strategij. Okoliščine, ki so privedle do prepletanja obeh znanstvenih ved segajo v področje osebne zaščitne opreme, podrobneje v razvoj merilnih in testnih orodij za njihovo načrtovanje. Na področju razvoja in optimizacije osebne zaščitne opreme avtorji raziskujejo že več let, nekateri modeli razvoja pa so rezultat večletnega dela na znanstveno raziskovalnem in razvojnem področju. Monografija zajema opis dejavnikov in parametrov, ki vplivajo na razvoj in načrtovanje osebne zaščitne opreme. Z vidika razvoja novega merilnega in testnega orodja, tj. razvoja toplotnega manikina pa obravnava opis metod inteligentne izdelave tega merilnega orodja. Monografija obsega 9 poglavij na 100 straneh.					
	The most important purpose of this book is to incorporate diverse tools and principles within the development stages of functional products. The book was prepared with the aim of providing researchers from different fields with the basic principles and essential knowledge related to protection under lifethreatening conditions by means of textile and clothing engineering and production technologies. Another purpose of this book is to stress the importance of attaining knowledge from different research areas or work fields. For example, the optimal protective clothing ensemble is an important factor for protection and for					

	ANG	survival, both in terms of the time required for a successful outcome. Instead of testing each clothing ensemble on human subjects under various conditions, it is preferable to use a thermal manikin for testing and to carry out the simulations using existing numerical models. On the other hand, researchers are always challenged by the developments of appropriate testing and modelling tools. As a basis, we hope that readers will be encouraged enough to evaluate, develop, and where necessary critique the functional products, no matter whether they were made according to the prescribed standards or not. When considering this, it is obvious that knowledge of this interdisciplinary field will increase, will stay connected, and only such a connection can result in the best functional products.
Objavljeno v	DAAAM International; 2014; II, 131 str.; A'': 1;A': 1; Avtorji / Authors: Zavec Pavlinič Daniela, Balič Jože, Ficko Mirko, Katalinič Branko	
Tipologija	2.01 Znanstvena monografija	

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati programske skupine⁶

Družbeno-ekonomski dosežek		
1.	COBISS ID	2789115 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Optimizacija razmestitve strojev v valjarni z genetskimi algoritmi ANG Genetic algorithm rolling mill layout optimization
	Opis	SLO Štore Steel d.o.o. je fleksibilna mini jeklarna, specializirana za dobavo jekel v manjših serijah. Pred dvema letoma je bil izveden zagon nove konti proge s tehnično letno kapaciteto 250.000 ton. Nova konti valjarska proga, poleg povišane produktivnosti, omogoča bistveno višji nivo kakovosti valjancev, obenem pa s sodobnejšo avtomatizacijo tudi bistveno višji nivo zbiranja in prenosa informacij o izvršeni proizvodnji. Cilj raziskave je bil doseči optimalno razporeditev strojne opreme v obratu adjustaže in posledično transportnih poti glede na obstoječ proizvodni program. Za reševanje problema razvrščanja strojev je bila uporabljena ena izmed metod umetne inteligence, in sicer genetski algoritem. Pri raziskavi se nismo omejili na nobene prostorske omejitve. Dosegli smo optimalno razmestitev strojev, ki je bila od predhodne boljša za 58.1 %, vendar zaradi prostorskih, finančnih in praktičnih omejitev, smo na koncu izvedli razmestitev, ki je bila – glede na prejšnjo postavitev – učinkovitejša za 13.6 %. ANG Štore Steel Ltd. is a small flexible steel plant in Slovenia. In 2010, the new continuous rolling mill, which has a technical capacity of 250,000 tons per year, was installed. The new continuous rolling mill, which entailed a corresponding reduction in space, required an urgent relocation of machinery. The genetic algorithm was used for the optimal rearranging of the machinery. Twodimensional or threedimensional representation of the machines without any kind of geometrical restrictions can be used in the proposed genetic algorithm. The layout efficiency after machinery relocation could be increased by 58.1%, but due to spatial, financial, and practical constraints, the layout efficiency is only 13.6 % higher.
	Šifra	F.04 Dvig tehnološke ravni
	Objavljeno v	Marcel Dekker; Materials and manufacturing processes; 2013; Vol. 28, no. 7; str. 783-787; Impact Factor: 1.486; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.326; WoS: IK, PM; Avtorji / Authors: Kovačič Miha, Rožej Urban, Brezočnik Miran
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek

2.	COBISS ID	15802390	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Programska oprema za samodejno programiranje CNC-rezkalnega stroja s pomočjo NSGA-II večkriterijske optimizacije in zvezne simulacije obdelave	
	ANG	Program system for automatic programming of CNCmilling machine by NSGAI multiobjective optimization and continuous simulation of machining	
Opis	SLO	<p>Programska oprema je namenjena samodejnemu programiranju CNC-rezkalnega stroja s pomočjo umetne inteligence. Razvita inteligenca je sposobna ne le delno, ampak v celoti reševati kompleksen problem samodejne priprave NC-programa obdelave. Sistem na podlagi CAD-modela izdelka samodejno, brez pomoči strokovnjaka, pripravi NC-program obdelave, in sicer tako, da je obdelava varna, pravilna, časovno učinkovita in hkrati zadosti določenim tehnološkim zahtevam obdelave. Inteligentni CAD/CAM-sistem za svoje delovanje uporablja NSGA-II večkriterijsko optimizacijo. Za namen evalviranja rešitev, ki jih predlaga umetna inteligenca, smo razvili zvezen model za simulacijo obdelave, ki deluje v okolju za računalniško podprto konstruiranje SolidWorks. Programska oprema je bila izdelana v okviru priprave doktorske disertacije: Simon Klančnik, Model inteligentnega CAD/CAM sistema za programiranje CNC obdelovalnih strojev, Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo.</p>	
	ANG	<p>The software is designed for innovative automatic programming of the CNCmilling machine tool. Based on a CADmodel of the product, the software without any help of an expert, automatically prepares a NCprogram so that the machining is safe, accurate, time efficient and it fulfil the selected technological criteria. Advanced NSGAI multiobjective optimization is used. The system for evaluation of solutions uses a continuous simulation model which was implemented in the SolidWorks, however it is easily transferable to other CAD/CAM software tools</p>	
Šifra	F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
Objavljeno v	Fakulteta za strojništvo, Laboratorij za inteligentne obdelovalne sisteme; 2011; Avtorji / Authors: Klančnik Simon, Balič Jože, Brezočnik Miran		
Tipologija	2.21	Programska oprema	
3.	COBISS ID	16105494	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Posredno optimiranje podajanja in nevronskega regulatorja rezalnih sil pri frezanju; Adaptivni nadzor obremenitve pri oblikovnem frezanju s pomočjo mehke logike;	
	ANG	Off-line feedrate optimization and neural force control of milling process (12)	
Opis	SLO	<p>Namen predavanj je seznaniti partnersko raziskovalno institucijo v Srbiji in potencialne partnerske orodjarne o delnih rezultatih naših raziskav na prijavljenem projektu. Glavni namen predavanj je bil predstaviti partnerjem razvit sistem nadzora orodja, ki je sposoben v realnem času identificirati obrabo oziroma poškodbe rezalnega orodja in ustrezno korigirati nadaljnji proces obdelave. To mu omogoča inovativna zgradba, ki se sestoji iz kombinacije sistema odločanja in sistema napovedovanja obrabe orodja. Glavna predpostavka raziskave je, da signali izmerjenih rezalnih sil vsebujejo največ uporabnih informacij o stanju orodja. Zato je uporabljena adaptivna nevronska inferenčna metoda, ki iz signalov izmerjenih rezalnih sil izlušči pomembne značilnosti o stanju orodja. V sistemu za spremljanje rezalnega orodja je uporabljena nevronska mreža in mehka logika kot sistem odločanja, ki identificira različne</p>	

		p oškodbe orodja na osnovi senzorskih meritev. Skupna napaka obdelave se z veliko natančnostjo napove in veliki meri eliminira z uporabo modula odklona frezala. Glavna omejitev raziskave je izdelati enosenzorski nadzorni sistem, ki je zanesljiv kot komercialni sistem, vendar mnogo cenejši, kot so večsenzorski sistemi.
	ANG	The goal of these lectures was to acquaint our partners' research institution and potential tool work shops in Serbia with partial research results on this project. The main purpose of this lecture was to present partners the developed monitoring system that can detect tool breakage in real time by using a combination of decision system and tool wear estimator. The principal presumption was that force signals contain the most useful information for determining the tool condition. Therefore the adaptive neural inference method is used to extract the features of tool states from cutting force signals. A neural network is used in tool condition monitoring as a decision making system to discriminate different malfunction states from measured signals. The overall machining error is predicted with very high accuracy by using the deflection module and a large percentage of it is eliminated through the proposed error compensation process. The fundamental limitation of research was to develop a singlesensor monitoring system, reliable as commercially available system, but much cheaper than multisensor approach.
	Šifra	B.05 Gostujoči profesor na inštitutu/univerzi
	Objavljeno v	2012; Avtorji / Authors: Župerl Uroš
	Tipologija	3.14 Predavanje na tuji univerzi
4.	COBISS ID	16095254 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Implementacija Condition monitoring – CM enote za online nadzor hidravličnega mineralnega olja v podjetju IMPOL
		ANG Operation and accuracy of particle counters for on-line condition monitoring of hydraulic oils
	Opis	SLO Za namene spremljanja stanja hidravličnega mineralnega olja, je bila v vodilnih slovenskih podjetjih implementirana online CM enota za spremljanje najpomembnejših fizikalno kemijskih lastnosti mineralnih olj in težko vnetljive hidravlične tekočine- viskoznosti, dielektrične konstante, prevodnosti, vlage v olju, ki sproti podajajo informacije o stanju olja in njegovih spremembah. V podjetju IMPOL je bila CM enota implementirana v krmilje in nadzorni sistem Alekstrudorja, namenjenega izdelavi najzahtevnejših izdelkov primernih za avtomobilsko industrijo in ostale branže.
		ANG Real-time monitoring of oil contamination in hydraulic system is one of the most effective measures of prevention and early diagnosis for system failures. Contaminants such as particles, moisture, soot, fuel, and process fluids are commonly found in industrial lubricants and hydraulic fluids. However, particle contamination is typically recognized as the most destructive to the oil and machine. Paper presents operation principle of today's on-line particle counters and reports about their accuracy levels. Report is based on experimental research where 4 different cost-effective on-line particle counters were compared to a sophisticated laboratory-based particle counter.
	Šifra	F.09 Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije
	Objavljeno v	Croatian Association for PLM; Conference proceedings; 2012; [7] str.; Avtorji / Authors: Tič Vito, Lovrec Darko, Edler Jörg
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
5.	COBISS ID	13066518 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Evropsko univerzitetno združenje (EUA)

	ANG	European University Association (EUA) and institutional evaluation programme
Opis	SLO	V okviru združenja je bil prezentiran sistem institucionalne evalvacije univerzitetnih programov na primeru Fakultete za strojništvo, Maribor
	ANG	In the frame of European University Association the paper was presented about institutional evaluation case study Faculty of Mechanical Engineering, Maribor.
Šifra	D.03	Članstvo v tujih/mednarodnih odborih/komitejih
Objavljeno v	2009; Avtorji / Authors: Balič Jože	
Tipologija	3.14	Predavanje na tuji univerzi

8. Drugi pomembni rezultati programske skupine⁷

Med druge pomembne dosežke štejemo:

- Razširitev raziskav spremljanja stanja hidravličnih tekočin še na področje turbinskih olj, tako na tistih na mineralni kot tistih na sintetični bazi, kjer so rezultati raziskav aplicirani na hidravličnih napravah hidroelektrarn Dravske verige in švicarskega proizvajalca bio-maziv,
- Zasnovo lastnega testa za testiranje vzdržljivosti maziv na mineralni in sintetični osnovi – t.i LaOH suhi termični test vzdržljivosti (LaOH – Laboratorij za oljno hidravliko,
- Pionirske raziskave primernosti uporabe ionskih maziv, ne samo kot tehnična maziva, temveč kot hidravlična tekočina. Te raziskave so potekale v okviru mednarodnega projekta H.O.P.E (sodelujoči partnerji iz Avstrije, Nemčije in Slovenije).
- Projektiranje in načrtovanje izdelave preoblikovalnega stroja za tehnologijo obdelave koncev tankostenskih cevi za stavbno kleparstvo.
- Pomemben rezultat je integracija raziskovalnih dosežkov v pedagoški proces in seznanjanje študentov o aktualnih raziskavah. V raziskave programske skupine je bil vključen doktorski kandidat, ki je v letu 2013 zagovarjal disertacijo.
- Pri raziskavah pridobljeno znanje in izkušnje smo uporabili pri konkretnih industrijskih projektih testiranja mehatričnih sistemov, orodij in obdelovalnosti materialov v Emo orodjarni d.o.o.
- Dva člana programske skupine sta na svetovni lestvici objav s področja evolucijskih metod na 27 oziroma na 136 mestu med več kot 8200 raziskovalci z vsega sveta.
- Katedra za proizvodno strojništvo izdaja mednarodno znanstveno revijo APEM (Advances in Production Engineering & Management), <http://apem-journal.org/>, ki je bila v letih 2013-2014 temeljito prenovljena. Uvrščena je v številne mednarodne bibliografske baze

9. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Iz doseženih rezultatov (rešitev) je razvidno, da so dosežki iz znanstvenega vidika zelo napredni, saj vključujejo razvoj in uporabo naj sodobnejše tehnologije za proizvodnjo izdelkov (npr. dodajalne izdelovalne tehnologije, laserske tehnologije, napredne CNC-stroje in periferne naprave, inteligentne robotske celice, sodelujoče robote) in za nadzor kompleksnih obdelovalnih sistemov. Tem tehnologijam namenjajo veliko finančnih sredstev tudi najbolj uveljavljene mednarodne raziskovalne inštitucije in napredna podjetja.

Program naše raziskovalne skupine pa je bil tudi z metodološkega vidika znanstveno zelo napreden, saj je vključeval razvoj in uporabo naprednih metod za modeliranje in optimizacijo sistemov/procesov, predvsem s pristopi umetne inteligence, vključno z umetnimi nevronskimi mrežami (ANN), različnimi metodami evolucijskih algoritmov (genetsko programiranje - GP, genetski algoritmi - GA), inteligenco rojev (optimizacija z rojem delcev - PSO, optimizacij s kolonijo čebel - ABC, optimizacija s kolonijo mravelj - ACO, gravitacijski iskalni algoritem - GSA), mehko logiko, hibridnimi metodami ter tudi evolucijskimi metodami, ki omogočajo večkriterijsko optimizacijo (npr. NSGA-II algoritem). Del naših raziskav pa je bil

tudi izrazito interdisciplinarno naravnano: npr. povezovanje dodajalnih tehnologij in medicine (razvoj biozdružljivih in ortopedskih vsadkov s pomočjo dodajalnih izdelovalnih tehnologij).

Naš znanstveni dosežek vidimo tudi v razvoju optično-elektronskega nadzornega sistema procesa freziranja, ki bo na podlagi vizualne kontrole procesa in meritev sil prilagajal rezalne parametre med obdelavo. Glasovno upravljanje in inteligentni nadzor nad strojem bo omogočal optimiranje, alarmiranje in zaustavitev procesa pri nenormalnih razmerah delovanja. Z izdelavo simulatorja bo na izviren način dokazano, da je preko več-zančne kompenzacije rezalnih parametrov mogoče nadzirati kvaliteto površine, stanje orodja in zagotavljati optimalne odrezavanja. Simulator za testiranje algoritmov vodenja bo skupaj z razvito programsko opremo iz znanstvenega vidika aktualen, saj predstavlja naj sodobnejšo tehnologijo pri razvoju avtonomnih obdelovalnih sistemov.

Rezultati raziskav s področja energetske varčne in okolju prijazne hidravlične pogonske tehnike so vpeti v svetovne tokove raziskav, na kar kažejo številne objave v uglednih mednarodnih revijah z visokim faktorjem vpliva in številnimi citati. Poseben pomen za znanost predstavljajo raziskave vezane na poznavanje mehanizmov spreminjanja stanja različnih vrst hidravličnih tekočin in njihovih medsebojnih vplivov. Še zlasti pomembno je iskanje novih hidravličnih tekočin s posebnimi fizikalno kemijskimi lastnostmi, ki odpravljajo probleme, vezane na danes uporabljane tekočine in s tem ostati v konici oz. ospredju razvoja na svojem raziskovalnem segmentu, v mednarodnem merilu.

ANG

The results (solutions) obtained during execution of our programme showed that they have high scientific meaning because they include development and the usage the state-of-the-art technologies for manufacturing of products (e.g., additive manufacturing technologies, laser technologies, advanced CNC-machines and peripheral devices, intelligent robotic cells, cooperative robots) and for the control of complex manufacturing systems. Also the more international established research institutions and the advanced enterprises devote a lot of financial means for development of such advanced technologies.

Our research programme was also oriented towards development and the usage of the state-of-the-art methodology for modelling and optimization of systems/processes mostly with some of the artificial intelligence approaches including artificial neural networks (ANN), different evolutionary algorithms (genetic programming - GP, genetic algorithms - GA), swarm intelligence (particle swarm optimization - PSO, artificial bee colony algorithm - ABC, ant colony optimization - ACO, gravitational search algorithm - GSA), fuzzy logic, hybrid methods, and approaches for multi-objective optimization (e.g., NSGA-II algorithm). A part of our research has a strong interdisciplinary character as it integrates advanced solutions in the fields of additive manufacturing technologies and the medical applications (e.g., development of biocompatible and orthopedic implants by the additive manufacturing technologies).

Our scientific achievement can be seen in the development of opto-electronic control system of the milling process, which will adapt cutting parameters during machining based on the visual process control and measurement of forces. Voice control and intelligent machine control will enable optimizing, alarming and stopping of the process in case of abnormal operating conditions. By making the simulator we will prove in an original way that it is possible with multi-loop compensation of cutting parameters monitoring the quality of machined surface, tool condition and ensuring optimal machining. Simulator for testing the control algorithms will be in conjunction with developed software important from a scientific perspective, since it represents the most advanced technology for the development of autonomous manufacturing systems.

The research results in the field of hydraulic power technology are a part of global research achievements, as evidenced by numerous publications in reputable international journals with high impact factor and number of citations. Of special importance are research activities related to understanding the ageing mechanisms of different types of hydraulic fluids and their interactions. Of particular importance is the search for new hydraulic fluids with specific physico-chemical properties that would eliminate the problems related to the fluids used today, and thus remain at the forefront of research and development in its research field,

9.2.Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Dosežene rešitve imajo naslednji družbeni in ekonomski vpliv:

- Sodelujočim slovenskim podjetjem smo dvignili tehnološko raven, skrajšali čas od zasnove izdelka do plasiranja na trg, racionalizirali proizvodne stroške in zagotovili okoljsko prijazno proizvodnjo,
- Dvig tehnoloških temeljev slovenske družbe in izboljšanje življenjske ravni prebivalstva,
- Premik v postindustrijsko družbo, ki temelji na visokih tehnologijah in znanju (informacijska družba, družba znanja, itd.),
- Povečevanje prepoznavnosti in ugleda Slovenije z intenziviranjem mednarodnega znanstvenega in gospodarskega sodelovanja (programska skupina sodeluje z več kot petdesetimi vrhunskimi mednarodnimi univerzami, podjetji, inštituti in združenji),
- Intenziviranje pretoka kadrov in znanja prek številnih mednarodnih oblik sodelovanja (projekti, programi, mednarodna izmenjava znanstvenikov, učiteljev, študentov) in s tem zmanjšanje razkoraka med domačim znanjem in znanjem v gospodarsko najbolj razvitih državah,
- Udeležba na mednarodnih znanstvenih konferencah je okrepila mednarodno sodelovanje,
- Naša programska skupina je prirediteljica mednarodnih znanstvenih konferenc in delavnic s področja dodajalnih tehnologij: v Sloveniji smo tako gostili mednarodno priznane znanstvenike in na ta način pospešiti razširjanje znanja,
- Mednarodna znanstvena revija, ki jo izdajamo četrletno, povečuje ugled fakultete, univerze in države.

ANG

The solutions achieved have the following social and economic impact:

- Increase of the technological level of the collaborative Slovenian companies, shortening of the time-to-market, rationalization of production costs, and achievement of the environment-friendly production were reached,
- Increase of the technological level of the Slovenian society and the improvement of the life quality index,
- Shift towards post-industrial society based on high technologies and knowledge (information society, society of knowledge, etc.),
- Increase of recognition and reputation of Slovenia in the world through the international scientific and economic collaboration (our programme group collaborate with more than 50 top-ranked international universities, companies, institutes and associations),
- International exchange of researches, lectures, and students through various projects and programmes decreased the gap between the domestic knowledge and the knowledge in the world's more developed countries,
- Participation on international scientific conferences and symposiums intensified international collaboration,
- Our programme group organized international scientific conferences and workshops in the field of additive manufacturing technologies; thus internationally-recognized researches visited Slovenia which intensified dissemination of knowledge,
- The international scientific journal published quarterly by our institution increases the reputation of the faculty, university and the state of Slovenia.

10.Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov v obdobju 1.1.2009-31.12.2014¹¹

10.1. Diplome¹²

vrsta usposabljanja	število diplom
bolonjski program - I. stopnja	132
bolonjski program - II. stopnja	22
univerzitetni (stari) program	106

10.2. Magisterij znanosti in doktorat znanosti¹³

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	MR	
28416	Simon Brezovnik	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
32714	Zoran Lestan	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
33257	Marko Hrelja	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
36088	Vito Tič	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
30939	Marko Reibenschuh	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
0	Tadej Tašner 92129	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
32137	Jernej Šenveter	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
0	Afrim Gjelaj	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
29571	Simon Klančnik	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
27555	Bogdan Valentan	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
24335	Boštjan Vaupotič	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
26248	Tomaž Brajlj	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
28960	Robert Rošer	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
32355	Aljoša Horvan	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Botak Zlatko	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Starič Andrej	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
23885	Boštjan Slapnik	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Kamnik Matjaž	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Zver Andrejka	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Husak Ermin	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
28684	Miran Puc	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
31317	Peter Sever	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Kristina Semi	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Ermin Husak	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
32715	Mihael Deželak	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	

Legenda:

Mag. - Znanstveni magisterij

Dr. - Doktorat znanosti

MR - mladi raziskovalec

11. Pretok mladih raziskovalcev – zaposlitev po zaključenem usposabljanju¹⁴

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	Zaposlitev	
27555	Bogdan Valentan	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	E - Tujina	
29571	Simon Klančnik	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi	
24335	Boštjan Vaupotič	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo	
27829	Tomaž Kostanjevec	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo	
26248	Tomaž Brajlj	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi	
32137	Jernej Šenveter	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	F - Drugo	

36088	Vito Tič	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo
28416	Simon Brezovnik	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo
28960	Robert Rošer	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	C - Gospodarstvo
32355	Aljoša Horvan	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	C - Gospodarstvo
23885	Boštjan Slapnik	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	C - Gospodarstvo
28684	Miran Puc	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	E - Tujina
30939	Marko Reibenschuh	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	E - Tujina
31317	Peter Sever	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo
32714	Zoran Lestan	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo
33257	Marko Hrelja	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	F - Drugo
32715	Mihael Deželak	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo

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
1163	Milan Kambič	B - uveljavljeni raziskovalec	30
31317	Peter Sever	A - raziskovalec/strokovnjak	06
0	Tašner Tadej	A - raziskovalec/strokovnjak	30
0	Ermin Husak	A - raziskovalec/strokovnjak	01
28665	Melita Jovan	A - raziskovalec/strokovnjak	10
0	Mehmed Mahmić	B - uveljavljeni raziskovalec	3
0	Afrim Jelaj	A - raziskovalec/strokovnjak	12

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 1.1.2009-31.12.2014¹⁵

SLO

Projekt: Magistrski študij in vseživljensko učenje na področju obvladovanja življenjskega cikla izdelka; Nosilec projekta: prof. dr. Franci Čuš.

Bilateralni projekt Slovenija Bosna in Hercegovina (BiBa/ 1213016), "Razvoj in uporaba sodobnih tehnologij in metod za izdelavo izdelkov", 20122013, nosilec projekta M. Brezočnik

Project: Networking and modelling of development skills of small and mediumsized enterprises. Bilateralni projekt; Številka projekta: Slovenija – Hrvaška; BIHR/ 0910004; Duration of project: 20092010; Project manager: F. Čuš.

The project **CESLA** Crossborder implementation of environmentally friendly ultralight vehicles in Slovenia and Austria« was intended to encourage the development of the market and the use of ultralight vehicles in the SlovenianAustrian border area (coordinator I. Drstvenšek).

Continuing professional development (CPD) accreditation goodpractice framework for EU employers of engineers and technicians: final report, Lifelong Learning programme, Leonardo da Vinci Transfer of Innovation, (Lifelong learning programme). [COBISS.SIID 16628246]; Lifelong Learning Programme, 20072013, No. LLP/Ldv/TOI/2010/IRL – 502, koordinator: Gotlih, K. at all.:

ReMOULD: Usposabljanje starejše populacije za delo z industrijskimi orodji; (Leonardo Transfer of Innovation) 20122014 University of Gent, koordinator za Slovenijo: J. Balič

Projekt **H.O.P.E.** Razvoj ionskih tekočin; Partnerji: Hawe, Olma, Prionic, Univerza v Mariboru, koordinator D. Lovrec

Projekt SLOAR »Umetna inteligenca v inženjskih sistemih« 20122014, nosilec projekta v SLO: Jože Balič

14. Vključenost v projekte za uporabnike, ki so v obdobju trajanja raziskovalnega programa (1.1.2009–31.12.2014) potekali izven financiranja ARRS¹⁶

SLO

Projekt s podjetjem IMPOL: struženje aluminijastih palic različnih premerov in določevanje rezalnih pogojev, pri katerih se tvorijo najbolj ugodni odrezki; Nosilec: F. Čuš

Projekt s podjetjem EMO orodjarna d.o.o Celje: Analiza uvajanja visokohitrostnih obdelav za orodja večjih dimenzij; Nosilec: prof. F. Čuš

Poročilo o rezultatih raziskovalnega programa za obdobje 20092014 Poročilo: ARRSRPROGVP2014/

Projekt s podjetjem EMO orodjarna d.o.o Celje: Izdelava začetnih raziskav in načrta testiranja orodij za projekt Bsuper; F. Čuš

Projekt s podjetjem EMO orodjarna d.o.o Celje: Razvoj postopkov optimizacije modernih procesov odrezavanja za potrebe orodjarne EMO : Nosilec projekta: F. Čuš pogodbi št.: P101IKO19/ 2010JF.

Projekt: Analiza obremenitev izsekovalnih orodij za izdelavo rondelic iz aluminija; "Talum" Kidričevo: I. Pahole

Projekt: Razvoj in izdelava naprave za preizkušanje ostrine robov na otroških igračah Naročnik: Sveučilište u Zagrebu: I. Pahole

Projekt: Izdelava opreme za merjenje kinetične energije na otroških igračah Naročnik: Zavod za javno zdravstvo "Dr. Andrija Štampar", Hrvaška

Izdelava zasnove, strukturne in vsebinske dispozicije prototipne servo stiskalnice 6300kN. Pogodba št. 02/2012; Fakulteta za strojništvo in Litostroj Ravne;

Razvoj novih, namenskih aluminijastih polizdelkov za zahtevne aplikacije in napredne tehnologije njihovega ekstrudiranja – INOPROAL, Kaldera d.o.o.

Naslov industrijskega projekta: Razvoj in uporaba programske opreme za modeliranje in optimizacijo proizvodnega postopka nanašanja materiala s pomočjo laserja; Podjetje:EMO Orodjarna

Določitev mejnih vrednosti uporabe mineralnega in biološko razgradljivega olja za obratovanje agregatov na DEM M CP : projekt DEM 20122013:
Laboratorij za oljno hidravliko,

Določitev mejnih vrednosti uporabe mineralnega in biološko razgradljivega olja za obratovanje agregatov na DEM : testiranje in analiziranje olja Mobil DTE Heavy Medium : projekt DEM 2012 : Laboratorij za oljno hidravliko,

Projekt InoProAI : končno poročilo za naročnika. Maribor: Fakulteta za strojništvo, Laboratorij za oljno hidravliko, 2011

Raziskovanje, razvoj in testiranje šobe za ustvarjanje podtlaka v EKG elektrodi : poročilo projekta. Maribor: Fakulteta za strojništvo, Laboratorij za oljno hidravliko,

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

SLO

Večina naših raziskovalnih rezultatov in dosežkov je bila vpeljana v industrijska okolja (v celoti ali pa delno), kar je razvidno tudi prek uspešnega sodelovanja z industrijskimi partnerji, npr. sodelovanje s podjetjem EMO Orodjarna v Celju (razvoj in optimizacija postopka laserskega nanašanja praškastega materiala na osnovi dodajalne izdelovalne tehnologije LENS), sodelovanje z železarno Štore v Štorah (optimizacija razporeditve strojne opreme v obratu Valjarna). Poleg tega pa so se nekateri člani naše raziskovalne skupine (mladi raziskovalci) zaposlili v nekaterih najboljših slovenskih podjetjih in podjetjih v Evropski zvezi (npr. v Gorenju, Velenje in v podjetju P & P Anlagentechnik GmbH, Brodingberg), kjer pridobljeno znanje s pridom uporabljajo. Ne glede na dejstvo, da naša raziskovalna skupina razvija napredne tehnološke in metodološke rešitve, je prenos tehnoloških rešitev in znanja iz univerze v industrijska okolja bil zelo visok in uspešen.

USTANOVljen SPINOFF

2009 je bilo v Podjetniškem inkubatorju Univerze v Mariboru, z namenom trženja storitvene dejavnosti razvoja izdelkov, aktivirano SPINOFF PODJETJE Ortotip (soustanovitelj Igor Drstvenšek, član programske skupine P20157). Podjetje je pridobilo zagonska sredstva podjetniškega sklada in je začelo s trženjem svojih uslug na slovenskem in tujih trgih.

Konkurenčna prednost razvitega sistema adaptivnega vodenja obdelovalnih sistemov je v njegovi modularni zgradbi in enostavni, stroškovno ugodni integraciji na obstoječe stroje. Tehnološka zrelost rezultatov programa za implementacijo v prakso je na tako visokem nivoju, da smo pričeli s fazo uvajanja kompletnega mehatronskega sistema na trg (modelirni sistem, merilni sistem, optimizacijski modul, komunikacijski modul, regulacijski sistem, nadzorni sistem). Ciljno usmerjen del trga vidimo prav v slovenskih orodjarnah, kjer bi z implementacijo razvitega sistema uspeli povečati učinkovitost obstoječih obdelovalnih strojev in s tem tudi njihovo dodano vrednost za 40%. Z vodilno slovensko orodjarno testiramo sistem vodenja visoko-hitrostnega freziranja v realnem proizvodnem procesu. Pričeli smo z finim uglaševanjem krmilnih komponent in testiranjem rezalnih orodij, ki so ključnega pomena pri uvajanju adaptivnih nadzornih sistemov.

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	1.000.000 EUR

<p>ocena potrebne infrastrukture in opreme¹⁸</p>	<p>USTANOVLJEN SPIN OFF</p> <p>2009 je bilo v Podjetniškem inkubatorju Univerze v Mariboru, z namenom trženja storitvene dejavnosti razvoja izdelkov, aktivirano SPINOFF PODJETJE Ortotip (soustanovitelj Igor Drstvenšek, član programske skupine P20157). Podjetje je pridobilo zagonska sredstva podjetniškega sklada in je začelo s trženjem svojih uslug na slovenskem in tujih trgih.</p> <p>NOVO podjetje: Izdelava pacientu prilagojenih šablon ima tržni potencial. Za realizacijo spinoff bi potrebovali delovne prostore cca 600 m2 (standardu ISO 13485)</p> <p>In 2009 a SPIN OFF COMPANY Ortotip has been activated in the Entrpreneual Incubator of University of Maribor (cofounder Igor Drstvenšek, researcher in programe group P20157). It was aimed into sales of services in the field of new product development. NEW COMPANY: Production of patient specific guides has a great market potential. To realise a Spinoff company working places with area of 600 m2 would be needed and an investment of 1.000.000€</p>
---	--

17. Izjemni dosežek v letu 2014¹⁹

17.1. Izjemni znanstveni dosežek

Za izjemni znanstveni dosežek štejemo razviti optično-elektronski mehatronski sistem nadzora rezalnega orodja pri procesih frezanja. Izdelan nadzorni sistem v realnem času identificira obrabo oziroma poškodbe orodja in po potrebi korigira nadaljnji proces obdelave. To mu omogoča inovativna zgradba, ki se sestoji iz indirektna tehnike napovedovanja obrabe, vizualne identifikacije poškodb orodja in odločitvenega sistema. ANFIS metoda iz signalov izmerjenih rezalnih sil izlušči pomembne značilnosti o obrabi orodja. Podatki o obrabi se skupaj s signali elektro-optičnega vizualnega sistema posredujejo odločitvenemu istemu, ki generira ustrezne ukaze in jih posreduje CNC krmilju stroja. S sistemom je dosežen cilj, to je izdelava eno-senzorskega nadzornega sistema, ki je zanesljiv in učinkovit kot so komercialni sistemi, vendar mnogo cenejši kot obstoječi več-senzorski pristopi

17.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

Orodjarska industrija zahteva neprestane inovacije in rešitve z namenom zniževanja stroškov obdelave modernih gradientnih materialov, povečevanja produktivnosti in na osnovi tega naroča posodobitve obdelovalnih strojev, ki izpolnjujejo njihove zahteve. Z implementacijo optično-elektronskega nadzornega sistema v vodilno slovensko orodjarno smo v letu 2014 izpolnili zastavljene cilje iz gospodarstva ter tako na inovativni način pripomogli k dvigu tehnološkega nivoja slovenskega podjetja na evropskem tržišču. Z vključevanjem raziskovalnih dosežkov v podiplomske študijske programe smo poskrbeli za razvoj pedagoških vsebin in seznanjenost študentov z aktualnimi raziskavami v gospodarstvu.

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

Šifra programa	P2-0196	
Naslov programa	Raziskave v energetskem, procesnem in okoljskem inženirstvu Research in Power, Process, and Environmental Engineering	
Vodja programa	6428 Leopold Škerget	
Obseg raziskovalnih ur (vključno s povečanjem financiranja v letu 2014)	33660	
Cenovni razred	B	
Trajanje programa	01.2009 - 12.2014	
Izvajalci raziskovalnega programa (javne raziskovalne organizacije - JRO in/ali RO s koncesijo)	795	Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
	263	TURBOINŠTITUT Inštitut za turbinske stroje d.d.
	797	Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2	TEHNIKA
	2.13	Procesno strojništvo
Družbeno-ekonomski cilj	05.	Energija
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	2	Tehniške in tehnološke vede
	2.03	Mehanika

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

2. Povzetek raziskovalnega programa¹

SLO

Jedro raziskovalnega programa predstavlja obravnava prenosnih pojavov, tj. prenosa gibalne količine, toplote in snovi, v eno in večfaznih oz. večsestavinskih termodinamičnih sistemih. Razvoj novih eksperimentalnih in numeričnih tehnik reševanja prenosnih pojavov omogoča popolnejše razumevanje in napovedovanje energijskih, masnih in snovskih tokov v modernih tehniških napravah in sistemih, in posledično vodi k boljšim rešitvam v tehničnem, ekonomskem in okoljskem pomenu. Zaradi prevladujočega vpliva turbulence v prenosnih pojavih so bile razvite nove tehnike modeliranja turbulentnih tokov na osnovi Metode robnih elementov, predvsem v smeri izkoriščanja prednosti hitrostno-vrtinčne formulacije Navier-Stokes enačb. Ob tem smo razvili nove računsko intenzivne algoritme za reševanje rezultirajočih numeričnih modelov, ki so nujna osnova za nadaljnji razvoj modeliranja turbulentnih tokov, še posebej v smeri časovno spreminjajoče turbulence. Raziskave na tem področju so na eksperimentalnem področju usmerjene v raziskavo nestacionarnih razmer v turbinskih strojih, še posebej v režimu kavitacijskega obratovanja, ki predstavlja razširitev sistema v področje večfaznega toka. Numerično modeliranje in simulacija slednjega je bila uspešno vključena v lastnem programskem paketu za 3D tok tekočine in sicer na osnovi Lagrangevega sledenja razpršene faze. Spoznanja tega dela so bila neposredno uporabljena na področju industrijskih raziskav razpršilnega sušenja in delovanja razpršilnih stolpov. Rešili smo sklopljene enačbe prenosa snovi (vlage) in energije skozi porozno snov z osnovnimi enačbami zapisanimi v obliki singularnega robnega integrala, pri čemer je bilo območje diskretizirano in obravnavano kot mešana metoda robnih integralov in večobmočna metoda, upoštevali pa smo konstantno in linearno interpolacijo časa. Na področju dinamike reaktivnega toka smo razvili numerične modele zgorevanja v plinasti in trdni fazi s posebnim poudarkom na zgorevanju biomase in goriv iz odpadkov. Na področju motorjev z notranjim zgorevanjem smo izdelali študije alternativnih goriv in njihove okoljske primernosti. Raziskave na področju numeričnega modeliranja smo nadgradili z razvojem modernih senzorjev in senzorskih sistemov za merjenje ekoloških in procesnih parametrov. Osnovno raziskovalno delo smo dopolnili s prenosom spoznanj predvsem na podiplomski in delno dodiplomski študij Strojništva in Tehniškega varstva okolja.

ANG

The core of the research program was the treatment of transport phenomena, i.e. transport of momentum, heat and mass in one or multiphase and/or multicomponent thermo-dynamical systems. The development of new experimental and numerical techniques for solving transport phenomena provided for fuller understanding and advancement of energy and mass flows in modern technical devices and systems, and in turn lead to better solutions in technical, economical and environmental sense. Due to overwhelming influence of turbulent flows in transport phenomena, we developed new techniques for turbulent flow modelling based on the Boundary element method, in the framework of using the advantages of the velocity vorticity formulation of Navier-Stokes equations. The problem of unsteady coupled moisture and heat energy transport through a porous solid was studied, and solved using mixed-boundary elements and a multidomain method while presenting two time discretization models, i.e. constant and linear time interpolation. At the same time we developed new computer intensive algorithms for solving the resulting numerical models, which are a necessary basis for development of turbulent flow modelling, especially in the direction of time dependent turbulence. Experimental research into this topic is directed towards unsteady phenomena in turbine machinery, especially in the cavitation operation regime, which requires a multiphase treatment of the system studied. Numerical modelling and simulation of the latter was implemented into an in-house code for 3D flow simulation and Lagrangian particle tracking. Developments in this field were used directly in the field of industrial research of spray drying and operation of spray colons. In the field of reactive flow dynamics we continued to develop numerical models of combustion in gas and solid phase with special attention to combustion of biomass and fuels made from waste. In the field of internal combustion engines we continue our research of alternative fuels and their environmental adequateness. Research in the field of numerical modelling was upgraded with the development of modern sensors and sensor systems for measurement of ecological and process parameters. Basic research was complemented by transfer of knowledge in the framework of postgraduate and partially undergraduate study of mechanical engineering and technical protection of the environment.

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)²

V nadaljevanju so podrobneje opisani posamezni mejniki in opravljene aktivnosti pri realizaciji predloženega programa dela.

V obravnavanem obdobju smo razvili rešitev sklopljene enačbe prenosa snovi (vlage) in energije skozi porozno snov z osnovnimi enačbami zapisanimi v obliki singularnega robnega integrala, pri čemer je bilo območje diskretizirano in obravnavano kot mešana metoda robnih integralov in večobmočna metoda, upštevali pa smo konstantno in linearno interpolacijo časa. Večobmočno metodo robnih elementov smo razvili in testirali za velike mreže, ki so sestavljene iz več milijonov vozlišč. Ugotovili smo, da je razvita metoda uspešna tudi za goste mreže in primerljiva z ostalimi numeričnimi metodami. V okviru Euler-Lagrange modeliranja dinamike makroskopskih delcev smo zaključili razvoj večstopenjskega modela sušenja, ki poleg površinske vlage upošteva tudi notranjo vlago v delcu, kar pomembno vpliva na čas sušenja, ter ga validirali na primeru pilotnega razpršilnega sušilnika. Izdelali smo numerični algoritem za reševanje inverznih problemov določitve izvora toplote na podlagi robnih pogojev. Rezultate smo uspešno implementirali tudi na področju iskanja emisijskih parametrov in parametrov zgorevanja pri motorjih z notranjim zgorevanjem in sicer z uporabo Levenberg-Marquardt metode. Izvedli smo eksperimentalne in numerične raziskave vpliva uporabe biogoriv (biodizelsko gorivo, bioetanol) na karakteristike vbrizgavanja, eksperimentalne in numerične raziskave uporabe biodizelskega goriva na tribološke karakteristike motorja, razvoj in modifikacije postopka optimalnega projektiranja vbrizgalnega sistema dizelskega motorja in dizelskega motorja pri uporabi biogoriv ter numerično simulacijo procesov v vbrizgalni šobi. Raziskave časovno odvisnega kavitacijskega toka smo uspeli razširiti na eksperimentalno področje, kjer z vizualizacijskimi metodami uspemo povezati premik kavitacijske strukture z lokalnimi fluktuacijami v toku. Rezultate numeričnih analiz tokovnih in temperaturnih razmer v rotirajočih elementih (zavornih diskih) smo validirali s pomočjo PIV meritev med lopaticami diska (tokovne razmere) in testiranja na dinamometru (temperaturne razmere). Razvili smo tudi metodo, ki je primerna za ocenitev tokovnih razmer na izstopu iz zavornega diska in jo je mogoče uporabiti tudi v vročem dinamometru ali v proizvodnem procesu za iskanje livarskih napak. Dokončali smo raziskavo o napovedi izkoristka aksialnih turbin z numerično simulacijo toka. Preučili smo vpliv turbulentnega modela, sheme diskretizacije advektivnega člana v Navier-Stokesovih enačbah in gostote mreže na numerične rezultate. Pokazali smo, da se rezultati izboljšajo z uporabo SAS SST modela, na zelo gostih mrežah pa dobimo še dodatno znatno izboljšanje rezultatov s kombinacijo SAS SST modela (za vstopni del turbine in gonilnik) in zonal LES- ZLES modela (za sesalno cev).

Na področju razvoja aproksimativnih metod za reševanje prenosnih pojavov smo v okviru metode robnih elementov (MRE) za izračun turbulentnih tokov uspešno razvili napredno verzijo hitrostno-vrtinčne formulacije Navier-Stokes enačb, primerno tako za modeliranje nestacionarnega turbulentnega toka z metodo RANS kot z metodo LES, katere pomembni del je nova integralska formulacije difuzivno-konvektivne enačbe z variabilnimi koeficienti in hitrostnim poljem. Na tej osnovi smo razvili hibridni model turbulence, ki uporablja kombinacijo Metode velikih vrtljev (LES) in metod Reynoldsovega povprečenja Navier-Stokes enačb (dvo-enačbeni URANS), kjer je kot kriterij preklopa bilo uporabljeno Reynoldsovo število, definirano na osnovi turbulentne kinetične energije. Metoda je bila uspešno testirana tudi za izračun prehodnega režima toka, gnanega zaradi naravne konvekcije. Ker opis turbulentnih struktur zahteva zgostitve računske mreže, predvsem ob stenah, smo izpopolnili večobmočno MRE z vključitvijo metod Fast multipole, Wavelet ter Adaptive cross approximation, ter prilagoditvijo MRE za učinkovito uporabo na večprocesorskih računalnikih (MPI). Osnovni algoritem MRE je bil razširjen na področje simulacije toka stisljive tekočine ter nestacionarnega prenosa toplote in snovi v porozni snovi ob upoštevanju kapilarnih učinkov ter nehomogene porazdelitve poroznosti v obravnavanem območju. V okviru MRE smo razvili algoritme inverznega določanja pretoka skozi heterogeni material, in ga aplicirali na perfuzijskem pretoku v heterogenem biološkem tkivu. Na področju modeliranja večfaznih tokov je bila glavna raziskava opravljena na Euler-Lagrange modeliranju razpršenih tokov, kjer so bili razviti modeli, ki omogočajo simulacijo gibanja poroznih in nekrogelnih delcev (kosmi, sadra) pod vplivom hidrodinamskih sil, gravitacije kot tudi magnetne Kelvinove sile. Razviti modeli so bili validirani na primeru usedanja poroznih kosmov v bazenu biološke čistilne naprave. V primeru večjih volumskih deležev razpršene faze smo v MRE vpeljali koncept mikropolarnosti tekočin, ki na osnovi Euler pristopa omogoča simulacijo gibanja suspenzij, npr. termodinamike toka. Razvili smo model adsorpcije na trdne površine, ki temelji na SLD ravnotežnem modelu, in upošteva dinamične razmere na medfazni površini. Za sušenje razpršene faze smo razvili dvo-stopenjski model, ki upošteva vpliv poroznosti delca pri izračunu prenosa toplote in snovi.

Z razvojem merilnih sistemov smo dopolnili numerični pristop k obravnavi prenosnih pojavov v eno in večfaznih ter večsestavinskih termodinamičnih sistemih. Uspeli smo razviti in testirati robusten senzorski sistem za meritve hitrosti v dvosestavinskem pulzirajočem toku trdo-plinasto, in nadaljevali z razvojem optičnih senzorjev za merjenje ekoloških parametrov odpadne vode. Merilni sistem PIV smo uporabili za merjenje hitrostnih profilov okoli statičnih in rotirajočih lopatic (ventilator). Razvili smo sistem za nastavljanje časovnega zamika med signalom s karakteristične lopatice in proženjem sistema PIV. Pri merilnih eksperimentih za študij vbrizgavanja biogoriv je bil poudarek na razvoju numeričnih postopkov obdelave snemanja vbrizgavanja curka v tlačno komoro s pomočjo hitre kamere. Na področju vozil smo raziskovali tokovne in toplotne razmere pri zaviranju v zavornem disku in njegovi okolici, kjer smo na osnovi metode PIV razvili merilni sistem za merjene hitrostnih profilov na izstopu iz zavornih diskov.

Raziskave delovanja toplotnih turbinskih strojev v neustaljenih razmerah so osredotočili na obravnavo aksialnih ventilatorjev v razmerah odcepljanja toka od sesalne strani lopatic. Eksperimentalne in numerične raziskave so osredotočili na raziskavo razmer obtekanja lopatice v rotirajoči lopatični rešetki in raziskavo vpliva različnih turbulentnih modelov na napoved tokovnega polja v aksialnem ventilatorju. Na področju hidravličnih strojev smo nadaljevali z raziskavami numeričnega izračuna toka v aksialnih turbinah, s poudarkom na izboljšanju napovedi izkoristka turbine z naprednejšimi turbulentnimi modeli, ki omogočajo nestacionarne izračune, kot sta SAS SST in zlasti območni LES (zonal LES), pri katerem samo v sesalni cevi uporabimo LES model, drugod pa SAS SST. Raziskave pojava neustaljene kavitacije v turbinskih strojih so osredotočili na obravnavo razvoja in obnašanja pritrjene kavitacije in kavitacijskega oblaka v toku. Razvili smo optimizacijsko metodo za različne homogene kavitacijske prenosne modele, katerih izvorni členi temeljijo na Rayleigh-Plessetovi enačbi.

Raziskan je bil vpliv sestave iz odpadkov pridobljenih goriv na karakteristike zgorevanja. Razvili smo ravnotežni model uplinjanja trdega goriva, ki napove koncentracije osnovnih produktov zgorevanja vzdolž rešetke, ki smo ga nato razširili na večje število zaporedno vezanih ravnotežnih con, kar omogoča bolj natančno določitev sestave sinteznega plina pri podstehiometrijskem zgorevanju. Na ta način smo pridobili robne pogoje za simulacijo zgorevanja v plinasti fazi, ki je bližje realnim razmeram, kar potrjujejo točkovne meritve temperatur in povprečne sestave dimnih plinov na realni kurilni napravi. Na področju motorjev z notranjim zgorevanjem smo nadaljevali z raziskavami možnosti povečanja zmogljivosti motorjev ob zmanjšanju porabe goriv in emisij onesnaževal pri uporabi biogoriv. Delo je obsegalo eksperimentalne in numerične raziskave vpliva uporabe biogoriv (biodizelsko gorivo, bioetanol) na karakteristike vbrizgavanja, eksperimentalne in numerične raziskave vpliva uporabe biodizelskega goriva na tribološke karakteristike motorja, razvoj in modifikacije postopka optimalnega projektiranja vbrizgalnega sistema dizelskega motorja in dizelskega motorja pri uporabi biogoriv ter numerično simulacijo procesov v vbrizgalni šobi. Izvedena je bila tudi raziskava vpliva vrtničnega števila na parametre zgorevanja večplamenskega gorilnika, za uporabo v kotlih večjih moči.

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

SLO

Osnovna hipoteza, da je skupni imenovalec raziskovalnega programa na področju energetskega, procesnega in okoljskega inženirstva oz. strojništva pretvorba energije in snovi v homogenih in več-sestavinskih eno- oz. več-faznih sistemih, se je tudi v preteklem obdobju izkazala kot pravilna. Na osnovi eksperimentalnih raziskav, ki so bila usmerjena v nadgradnjo metod določitve tokovnih in toplotnih razmer, ter njihove kombinacije z razvojem novih modelov v računalniški dinamiki tekočin (CFD) smo lahko v največji možni meri izpolnili zastavljen program dela, kjer je bila glavna raziskava usmerjena v razvoj novih računskih modelov in eksperimentalnih tehnik. V predvidenem programu dela smo izvedli vseh sedem nalog, od primerjave stanja z obstoječim znanjem in upoštevanja predhodnih lastnih rezultatov prek razvoja in implementacije novih modelov v obstoječem numeričnem in laboratorijskem okolju, ki se je zaključilo s testiranjem in validacijo. Sledila oz. še traja uporaba novih modelov pri analizi procesov v napravah in strojih, ki kaže na pomembne izboljšave v natančnosti računskih napovedi, hkrati pa odpira nove možnosti za nadaljnje raziskovalno delo. V okviru realizacije zastavljenih ciljev na področju računskih modelov velja posebej poudariti uspešno izvedbo nadgradnje lastnega programskega orodja na osnovi Metode robnih elementov v področje izračuna nestacionarnih turbulentnih tokov, ter nadgradnjo modelov večfaznega toka za realnejšo simulacijo razpršenega večfaznega toka. Prav tako je pomemben razvoj novih računskih modelov za izračun procesov, za katere je značilna izmenjava toplote in snovi prek medfazne meje, kot sta adsorpcija in sušenje. Na področju dinamike reaktivnega toka je bilo zelo uspešno delo na področju raziskav vpliva novih goriv, biogoriv oz. trdnih goriv iz odpadkov, na delovanje motorjev z notranjim zgorevanjem oz. termoenergetskih naprav. Uspešno smo razvili nove optične senzorje za spremljanje sestave odpadne vode, ter razvili nov model usedanja kosmov aktivnega blata v biološki čistilni napravi. Na področju turbinskih strojev smo uspeli razširiti uporabnost CFD metod v področje računalniških analiz celotnih vodnih turbinskih strojev v pogojih nestacionarnega delovanja, ter nadgradili obstoječi PIV sistem merjenja hitrosti, ki sedaj omogoča časovno analizo kompleksnih tokovnih polj v rotacijskih strojih. Aplikacija rezultatov je poleg raziskovalnega okolja v okviru lastnih laboratorijev v veliki meri bila opravljena tudi pri analizah procesov v industrijskem okolju, kjer velja posebej omeniti industrijo vodnih turbinskih strojev, toplarno na gorivo iz odpadkov, razvoj novih kotlov za biomaso, optimizacijo pralnikov odpadnih plinov, optimizacijo delovanja zavornih naprav ter optimizacijo delovanja avtomobilskih svetil. Kljub precejšnjemu zmanjšanju razpoložljivih sredstev za nakup opreme nam je v solidni meri uspelo posodobiti najpomembnejši del raziskovalne opreme.

5.Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine v letu 2014⁴

SLO

/

6.Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁵

Znanstveni dosežek		
1.	COBISS ID	17091350
	Vir:	COBISS.SI
	Naslov	Vpliv biodizelskega goriva na karakteristike vbrizgavanja, karakteritike dizelskega motorja in tvorbo emisij

		ANG	The influence of biodiesel fuel on injection characteristics, diesel engine performance, and emission formation
Opis		SLO	Predstavljeno delo obravnava numerično in eksperimentalno analizo vpliva biodizelskega goriva na karakteristike vbrizgavanja mehansko krmiljenega vbrizgalnega sistema in na delovne karakteristike velikega dizelskega motorja. V delu je bilo uporabljeno čisto mineralno dizelsko goriva in čisto biodizelsko goriva proizvedeno iz oljne ogrščice. Napravi za testiranje konvencionalnih vbrizgalnih sistemov je bila dodana steklena komora, katera je omogočala snemaje razvoja curka goriva s hitro kamero. Rezultati eksperimentalnih meritev na vbrizgalnem sistemu so bili primerjani z numeričnimi rezultati, kateri so bili pridobljeni z uporabo lastnega simulacijskega programa. Program omogoča numerično raziskavo vpliva lastnosti goriv na delovanje konvencionalnega vbrizgalnega sistema. Slike razvoja curka, posnete s hitro kamero, so bile primerjane z numeričnimi rezultati, katere smo pridobili z uporabo CFD programa AVL FIRE. Program AVL FIRE je bil uporabljen za numerično analizo vpliva lastnosti biodizelskega goriva na razvoj curka v različnih korakih vbrizgavanja goriva. Nadaljnje je bil raziskan vpliv uporabe čistega biodizelskega goriva na delovanje velikega dizelskega motorja in na formiranje škodljivih emisij. Raziskava je bila izvedena eksperimentalno na merilni progi za testiranje motorjev in numerično z uporabo programa AVL BOOST. Po pregledu rezultatov lahko zaključimo, da se testirano biodizelsko gorivo lahko uporablja kot alternativno gorivo v dizelskih motorjih, s podobni karakteristikami testnemu motorju.
		ANG	The presented work focuses on numerical and experimental analyses of biodiesel fuel's influence on the injection characteristics of a mechanically-controlled injection system, and on the operating conditions of a heavy-duty diesel engine. Addressed are mineral diesel fuel and neat biodiesel fuel made from rapeseed oil. The influence of biodiesel on mechanically controlled injection system characteristics was tested experimentally on an injection system test-bed. The injection test-bed was equipped with a glass injection chamber in order to observe the development of the fuel-spray by using a high-speed camera. The results of the experimental measurements were compared to the numerical results obtained by using our own mathematical simulation program. This program has been used to analyze the influences of different fuel properties on the injection system's characteristics. The photos taken with a high-speed camera were compared to the simulation results obtained by using the AVL FIRE 3D CFD simulation program. This software was used to simulate the fuel-spray development during different stages of the injection process. Furthermore, the influence of biodiesel fuel on the engine operating condition of a heavy-duty diesel engine and its' emission formation was tested experimentally on an engine test-bed, and numerically by using the AVL BOOST software. It was found out that the tested biodiesel could be used as an alternative fuel for heavy-duty diesel engines.
	Objavljeno v		Applied Science Publishers; Applied energy; 2013; Vol. 111; str. 558-570; Impact Factor: 5.261; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.798; A': 1; WoS: ID, II; Avtorji / Authors: Lešnik Luka, Vajda Blaž, Žunič Zoran, Škerget Leopold, Kegl Breda
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
2.	COBISS ID	17349910	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Modeliranje turbulentnega toka s hitrostno-vrtinčno RANS formulacijo in Metodo robnih elementov
		ANG	Velocity-vorticity RANS turbulence modeling by boundary element method

Opis	SLO	Članek numerično obravnava turbulentni tok preko ovir različnih geometrij. Osnovo tvori sistem Navier-Stokes enačb, ki je rešen z Robno-območno integralsko metodo. Vodilne enačbe so zapisane v hitrostno vrtinčni formulaciji. Uporabljeni modeli turbulence temeljijo na hipotezi turbulentne viskoznosti. Izpeljane so integralske oblike vodilnih enačb, predstavljena je njihova diskretizacija in algoritem reševanja, ki je testiran na dveh primerih. Prvi primer je turbulentni tok v kanalu, izračunan za dve različni vrednosti $Re_T=180$ and $Re_T=395$. Primerjava z rezultati DNS simulacij kaže na zelo dobro ujemanje. Drugi primer je tok preko stopnice za vrednost Reynoldsovega števila $Re_h=5000$, kjer primerjava dolžine recirkulacijskega območja z rezultati drugih avtorjev kaže dobro ujemanje.	
	ANG	Turbulent flow over various geometries is studied numerically. Incompressible set of Navier–Stokes equations is considered and solved by boundary domain integral method (BDIM). Governing equations are written in velocity–vorticity form. Turbulence models used are based on eddy-viscosity hypothesis. Integral form of equations, discretization and the solution algorithm are presented. The algorithm is tested with two separate test cases. The first is the turbulent channel flow for two different Reynolds numbers: $Re_T=180$ and $Re_T=395$. Results show very good agreement with corresponding DNS data. The second test case is the flow over backward facing step for Reynolds number $Re_h=5000$, which shows good agreement with literature data on mean reattachment length.	
Objavljeno v	Elsevier; Engineering analysis with boundary elements; 2014; Vol. 39; str. 44-52; Impact Factor: 1.437; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.131; A': 1; WoS: IF, PO; Avtorji / Authors: Lupše Janez, Škerget Leopold, Ravnik Jure		
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
3.	COBISS ID	13066774	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Hitra metoda robnih elementov za 3D tok in prenos toplote nestisljive tekočine	
	ANG	Fast single domain-subdomain BEM algorithm for 3D incompressible fluid flow and heat transfer	
Opis	SLO	V tem članku predstavljamo pospešitev algoritma za simulacijo laminarnega viskoznega toka tekočin in prenosa toplote. Algoritem rešuje hitrostno vrtinčno formulacijo nestisljivih Navier-Stokesovih enačb v 3D. Osnovan je na kombinaciji podobmočne in enoobmočne metode robnih elementov. Spominske in računske zahteve enoobmočnega algoritma so zmanjšane s pomočjo metode hitrih multipolov. Laplaceova osnovna rešitev je razvita po sferičnih harmonikih. Računsko območje in njegov rob za rekurzivno razdeljena in tako tvorita drevo skupkov območnih in robnih elementov. Uporabimo aproksimacijo s pomočjo razvoja na skupkih, ki ustrezajo pogoju razvoja. Opazimo zmanjšanje zahtevnosti algoritma. Metodo preverimo na dveh numeričnih primerih: tok preko gnane kotanje in razvoj naravne konvekcije v kotanji.	
	ANG	In this paper acceleration and computer memory reduction of an algorithm for the simulation of laminar viscous flows and heat transfer is presented. The algorithm solves the velocity-vorticity formulation of the incompressible Navier-Stokes equations in 3D. It is based on a combination of a subdomain boundary element method (BEM) and single domain BEM. The CPU time and storage requirements of the single domain BEM are reduced by implementing a fast multipole expansion method. The Laplace fundamental solution, which is used as a special weighting function in BEM, is expanded in terms of spherical harmonics. The computational domain and its boundary are recursively cut up forming a tree of clusters of boundary elements and domain cells. Data	

		sparse representation is used in parts of the matrix, which correspond to boundary-domain clusters pairs that are admissible for expansion. Two 3D benchmark numerical examples are used: the lid-driven cavity and the onset of natural convection in a differentially heated enclosure.
	Objavljeno v	Wiley; International journal for numerical methods in engineering; 2009; Vol. 77, iss. 12; str. 1627-1645; Impact Factor: 2.025; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.918; A': 1; WoS: IF, PO; Avtorji / Authors: Ravnik Jure, Škerget Leopold, Žunič Zoran
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID	14734358 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Eksperimentalna in numerična raziskava sedimentacije poroznih kosmov čistilnih naprav odpadne vode
		<i>ANG</i> Experimental and numerical investigations of sedimentation of porous wastewater sludge flocs
	Opis	<i>SLO</i> Raziskava obravnava gibanje kosmov v suspenziji biološke čistilne naprave. (BČN). Največje pozornost je namenjena geometrijskim in sedimentacijskim sposobnostim kosmov, ki so ključni parametri pri razvoju numeričnega postopka za simulacijo gibanja kosmov. Na osnovi rezultatov eksperimentalnih raziskav so definirani in izračunani fizikalni parametri kosmov ob upoštevanju njihove poroznosti. Rezultati so bili uporabljeni pri izpeljavi na CFD zasnovanem računskem modelu sedimentacije poroznih kosmov.
		<i>ANG</i> The paper studies the properties and sedimentation characteristics of sludge flocs, as they appear in biological wastewater treatment (BWT) plants. The flocs are described as porous and permeable bodies, with their properties defined based on conducted experimental study. The derivation is based on established geometrical properties, high-speed camera data on settling velocities and non-linear numerical model, linking settling velocity with physical properties of porous flocs. The numerical model for derivation is based on generalized Stokes model, with permeability of the floc described by the Brinkman model. As a result, correlation for flocs porosity is obtained as a function of floc diameter. This data is used in establishing a CFD numerical model of sedimentation of flocs in test conditions, as recorded during experimental investigation. The CFD model is based on Euler-Lagrange formulation, where the Lagrange formulation is chosen for computation of flocs trajectories during sedimentation. The results of numerical simulations are compared with experimental results and very good agreement is observed.
	Objavljeno v	Pergamon Press.; Water research; 2011; Vol. 45, iss. 4; str. 1729-1735; Impact Factor: 4.865; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.311; A'': 1; A': 1; WoS: IH, JA, ZR; Avtorji / Authors: Hriberšek Matjaž, Žajdela Boštjana, Hribernik Aleš, Zadavec Matej
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
5.	COBISS ID	17444118 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Vizualizacija vrtečega zastoja v aksialnem ventilatorju
		<i>ANG</i> Visualisation of rotating stall in an axial flow fan
	Opis	<i>SLO</i> Prikazana je vizualizacija tokovnega polja v medlopaticnem prostoru aksialnega ventilatorja, ki je obratoval v področju formiranega vrtečega zastoja. S pomočjo PIV sistema smo posneli hitrostna polja na 80 % višine lopatice. Proženje PIV sistema smo uskladili s prehodi izbrane lopatice in posneli približno 1000 naključnih posnetkov tokovnega polja. Lete smo nato povprečili ob upoštevanju faznega zamika do referenčnega tlačnega signala in razvrstili v urejen niz 36 povprečenih posnetkov. Zaporedje posnetkov prikazuje razvoj tokovnega polja s

		korakom 10 kotnih stopinj in omogoča analizo strukture in obnašanja toka v medlopatičnem rotorskem kanalu pod vplivom vrtečega zastoja. Jasno je razviden potek nastajanja in razvoja tokovnega polja pod vplivom približujoče zastojne celice in ponovna stabilizacija in prehod v urejen tok po njenem umiku.
	ANG	Visualisation of a flow field was performed within the rotor blade passage of an axial flow fan operating under rotating stall conditions. A PIV system was used to capture the velocity field at an 80% span of the rotor blade. PIV triggering was synchronized with the observed blades passing, and over 1000 PIV images were obtained. These were then phase-locked averaged, and a sequence of 36 images was composed. The successive images represented the evolution of a flow field within the blade passage with 10° angular steps and made it possible for the structure and behaviour of the flow within the rotor blade passage to be analysed under rotating stall conditions. The initiation and development of flow distortion were clearly shown to be influenced by the advance of the rotating stall cell and the restoration of normal flow with the rotating stall cell moving away.
Objavljeno v		Elsevier; Experimental thermal and fluid science; 2013; Vol. 53; str. 269-276; Impact Factor: 2.080; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.275; A': 1; WoS: DT, IU, UF; Avtorji / Authors: Fike Matej, Bombek Gorazd, Hriberšek Matjaž, Hribernik Aleš
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati programske skupine⁶

	Družbeno-ekonomski dosežek	
1.	COBISS ID	17985558
		Vir: COBISS.SI
	Naslov	
	SLO	Verifikacija in korekcija parametrov matematičnih modelov standardnih obremenitvenih profilov značilnih odjemalcev zemeljskega plina
	ANG	Verification and correction of parameters of mathematical models in standard consumption profiles of typical natural gas consumers
	Opis	
	SLO	Cilj projekta, za Javno agencijo Republike Slovenije za energijo je bil izpeljati standardne obremenitvene profile porabnikov zemeljskega plina, ki bodo v prihodnosti služili napovedovanju odjema porabnikov zemeljskega plina v Republiki Sloveniji. Na podlagi izmerjenih urnih porab zemeljskega plina med letoma 2009 in 2013 na 260 merilnih mestih smo določili matematične modele standardnih obremenitvenih profilov različnih značilnih skupin porabnikov za napoved odjema v odvisnosti od temperature. Razvili smo metodologijo, ki bo dobaviteljem in distributerjem zemeljskega plina na podlagi napovedane temperature omogočala napoved odjema.
	ANG	The main goal of the project for the Energy agency of the Republic of Slovenia was derivation of substitutional consumption characteristics of natural gas consumers, which will in the future serve as basis for projection of natural gas consumption in Slovenia. Based on collected measured hourly natural gas consumption between the years 2009 and 2013 from 260 measuring stations substitutional consumption characteristics dependent on temperature of different significant consumer groups were developed. Based on that the methodology for computational determination of prediction of natural gas consumption, which is based on predicted temperature values, was developed.
	Šifra	F.11 Razvoj nove storitve
	Objavljeno v	Fakulteta za strojništvo, Inštitut za energetska, procesna in okoljska inženirstvo; 2014; 60 f.; Avtorji / Authors: Škerget Leopold, Hriberšek

		Matjaž, Ravnik Jure	
	Tipologija	2.12 Končno poročilo o rezultatih raziskav	
2.	COBISS ID	16760854	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Zgorevanje komunalnih odpadkov za namen proizvodnje energije
		ANG	Combustion of municipal solid waste for power production
	Opis	SLO	Uporaba energije komunalnih trdnih odpadkov je mogoča z upoštevanjem integralnega sistema ravnanja z odpadki in uporabo primernih tehnologij. V procesu razvoja primerne tehnologije OdpadkiEnergija (WtE) se izkaže, da bi morala biti uporaba modernih inženirskih simulacijskih orodij (CFD) standard vsake razvojne faze Wt_E tehnologije, saj CFD že daje rezultate, primerljive s testi na realnih napravah. Razviti postopki omogočajo hitrejše in cenejše uvajanje tehnologij izrabe komunalnih odpadkov.
		ANG	The energy utilization of municipal solid waste is possible with the appropriate integrated waste management system and utilization of appropriate technologies. In the process of development of a suitable WastetoEnergy technology, the application of advanced engineering computer simulation tools (CFD) should become standard for every R&D in WtE technology design. CFD can provide results, comparable to tests on full scale equipment, and can therefore significantly shorten the development time of WtE technologies. The developed processes enable faster and more economical introduction of solid waste utilization technologies.
	Šifra	F.10 Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Objavljeno v	InTech; Advances in internal combustion engines and fuel technologies; 2013; Str. 277-309; A': 1; Avtorji / Authors: Kokalj Filip, Samec Niko	
	Tipologija	1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji	
3.	COBISS ID	16979222	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Izdelava idejnih rešitev optimizacije profila vtočnih rešetk na HE Vuzenica in HE Zlatoličje
		ANG	Intake grates optimization solutions for HPP Vuzenica and HPP Zlatoličje
	Opis	SLO	S stališča zmanjšanja energijskih izgub smo primerjali tri oblike vtočnih rešetk. S 3 D simulacijo toka, ki je obsegala 200 m pas nad elektrarno vse do turbinskega vtoka, smo poizkusili kar najtočneje napovedati hitrostno polje tik pred rešetko. Nato smo v vsaki računski točki hitrostnega polja z uporabo empirične enačbe izračunali lokalne tlačne izgube in lete integrirali po celotnem pretočnem preseku, da smo ocenili skupne tlačne izgube, ki jih povzroča posamezna oblika rešetk pri izbranem pretoku. Za izračun letnih izgub proizvedene električne energije smo izhajali iz eksperimentalno pridobljenih podatkov o letnem urnem pretoku reke. Sledila je ocena izgube profita, ki je omogočila analizo ekonomske upravičenosti izbrane oblike rešetke.
		ANG	Three different trashrack designs were examined and compared regarding energy losses. The river's flow from 200 m upstream of the hydropower plant to the turbine inlet was simulated by 3D CFD simulations in order to predict the correct velocity field ahead of the trashrack. The local headlosses caused by the trashrack were then calculated using an empirical formula at each point of the velocity field, and finally integrated to obtain the gross headloss caused by the specific trashrack design operating under selected flow rate. Annual losses during electricity production were predicted using experimentallyobtained river flowrate data and the net profit loss

		calculated which served for the final study of the particular trashrack design's economics.
	Šifra	F.11 Razvoj nove storitve
	Objavljeno v	Fakulteta za strojništvo, Inštitut za energetska, procesna in okoljska inženirstvo; 2013; 55 f.; Avtorji / Authors: Hribernik Aleš, Škerget Leopold, Ren Zoran, Ulbin Miran, Bombek Gorazd, Fike Matej
	Tipologija	2.13 Elaborat, predštudija, študija
4.	COBISS ID	5605380 Vir: vpis v poročilo
	Naslov	<i>SLO</i> Član uredniškega odbora v znanstveni reviji
		<i>ANG</i> Editorial board member of an international Journal
	Opis	<i>SLO</i> prof. dr. Škerget in prof. dr. Ravnik sta člana uredniškega odbora v mednarodni znanstveni reviji Engineering analysis with boundary elements, ki jo izdaja založba Elsevier.
		<i>ANG</i> prof. dr. Škerget and prof. dr. Ravnik are members of the editorial board member of an international Journal Engineering analysis with boundary elements published by Elsevier.
	Šifra	C.04 Uredništvo mednarodne revije
	Objavljeno v	Engineering analysis with boundary elements. Škerget, Leopold (urednik 2009). [Print ed.]. Kidlington: Elsevier, 1989. ISSN 09557997. [COBISS.SIID 5605380] Engineering analysis with boundary elements. Ravnik, Jure (član uredniškega odbora 2009, 2010). [Print ed.]. Kidlington: Elsevier, 1989. ISSN 09557997. [COBISS.SIID 5605380]
	Tipologija	4.00 Sekundarno avtorstvo
5.	COBISS ID	16936726 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Postopek pridobivanja trdnih goriv z določenimi fizikalno kemijskimi lastnostmi iz nenevarnih odpadnih materialov
		<i>ANG</i> Production procedure of solid recovered fuel from non-hazardous waste materials with defined physical-chemical properties
	Opis	<i>SLO</i> Področje izuma je priprava goriva iz nenevarnih odpadnih materialov za energetska izraba. Izum opisuje postopek pridobivanja trdnega goriva z določenimi fizikalno kemijskimi lastnostmi iz nenevarnih odpadnih materialov. Postopek pridobivanja trdnih goriv z določeno kurilno vrednostjo in druge pomembne fizikalno kemijske lastnosti iz nenevarnih odpadnih materialov izvajamo v več korakih: <ul style="list-style-type: none"> • reprezentativno vzorčenje vhodnih trdnih nenevarnih odpadkov, • analiza organskega in anorganskega dela v vzorcih, • izračun masnih deležev vhodnih nenevarnih odpadnih materialov z matematičnim modelom glede na želene fizikalno kemijske lastnosti in kurilno vrednost trdnega goriva, • mehanska obdelava in homogenizacija odpadkov ter izločitev kovin na proizvodnji liniji, • analiza tehnološko pripravljenega materiala na kurilno vrednost ter druge pomembne fizikalno kemijske parametre. Na osnovi ugotovljenih odstopanj od izračunanih vrednosti po matematičnem modelu se določi ustrezno korekcijsko mešanje dodatnih količin za doseganje zelenih parametrov goriva • ponovna mehanska obdelava z dodajanjem ustrezne količine materialov za korekcijo kvalitete lastnosti goriva.

	ANG	<p>The process of obtaining solid fuels with a certain calorific value and other relevant physical-chemical properties of non-hazardous waste materials is carried out in several steps:</p> <ul style="list-style-type: none"> • a representative sampling of the input solid non-hazardous waste, • analysis of the organic and inorganic part of the samples, • calculation of the weight of non-hazardous input waste materials with the mathematical model according to desired the physical-chemical properties and heating value of the solid fuel, • mechanical treatment and homogenization of waste and extraction of metals on the production line, • analysis of technologically prepared material on the calorific value and other relevant physical-chemical parameters. Based on the observed deviations from the values calculated by the mathematical model, the appropriate corrective blending quantities are determined to achieve the desired fuel parameters • repeated mechanical treatment with adding the appropriate quantities of the materials to correct the quality characteristics of the produced fuel.
Šifra	F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije
Objavljeno v	Urad RS za intelektualno lastnino; 2013; [11, 2] str.; Avtorji / Authors: Ekart Janez, Kokalj Filip, Samec Niko, Brumec Vilijana, Fišer Jure, Krošlin Tadej, Polanec Brigita, Kurnik Natalija, Dvoršak Slavko, Kovač Peter	
Tipologija	2.24	Patent

8. Drugi pomembni rezultati programske skupine⁷

Med pomembne rezultate, ki jih ni mogoče uvrstiti drugam, gre šteti zlasti aktivno vključevanje v okoljsko politiko ter dviganje ravni tehnološke zavesti, o čemer je več govoril prof.dr. Samec v intervjuju »Sodobni objekti za energijsko izrabo odpadkov izmed vseh kurilnih naprav najmanj onesnažujejo okolje« in se nanj skupina tudi sklicuje, pa tudi v sodelovanju z industrijo, zlasti na področju avtomobilske dejavnosti.

Povezava z raziskovalnim centrom s področja procesne tehnike: Research Center Pharmaceutical Engineering GmbH iz Graza, kjer se izvaja usposabljanje članov programske skupine na področju numeričnih simulacij večfaznih tokov.

9. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Novi numerični algoritmi za reševanje prenosnih pojavov v večfaznih turbulentnih tokovih na osnovi reševanja hitrostno-vrtinčne formulacije Navier-Stokes enačb omogočajo kvalitativno izboljššan vpogled v lokalno tokovno dogajanje, predvsem v smislu študija vrtinčnih struktur in njihove interakcije z ostalimi prenosnimi pojavi. Lastna programska oprema, razvita v programski skupini, ki smo jo v preteklem letu izpopolnili z novimi tehnikami reševanja večfaznih tokov, izpopolnjenimi algoritmi za simulacijo turbulentnega toka in pohitritvijo izračuna sistemov enačb, predstavlja rezultat dela v preteklem obdobju raziskovanja.

Raziskave na področju numeričnega modeliranja zgorevanja iz odpadkov pridobljenih goriv imajo neposreden pomen za posodobitev obstoječih in razvoj novih modelov heterogenega zgorevanja trdnih goriv pri spremenljivih pogojih. Na ta način se dosega možnost poglobljenega študija vplivnih dejavnikov na doseganje pogojev popolnega zgorevanja, ki je ključnega pomena pri zmanjšanju okoljskih vplivov različnih postopkov energijske izrabe odpadkov. Povečuje se možnost uporabne CFD orodja za razvoj baznega inženiringa, ki predstavlja osnovo delovanja centralnega nadzornega sistema objekta energijske izrabe odpadkov, ki mora zagotavljati učinkovito delovanje kurilne naprave v različnih režimih

obratovanja. Na osnovi analize rezultatov je mogoče posredno ugotavljati uporabnost v začetku izbranih modelov zgorevanja in kemijske kinetike, ki jih lahko z več iteracijami na makro nivoju izboljšamo v smislu čim boljšega približka realnega fizikalno-kemijskega stanja. Z raziskavami na področju proizvodnje goriv iz odpadkov prav tako ustvarjamo znanstveni doprinos na področju alternativnih goriv predvsem s stališča njihove uporabnosti v obstoječih kurilnih napravah na fosilna goriva. Pri tem je poudarek predvsem na faznih transformacijah halogenih spojin in težkih kovin ter njihovi vlogi pri nastanku škodljivih snovi preko različnih katalitičnih procesov.

Izvirnost raziskav je zagotovljena z eksperimentalno in numerično podprto optimizacijo motorja glede na zelene ekološke, ekonomske, zmogljivostne in tribološke karakteristike dizelskega motorja ob uporabi novih vrst, še ne testiranih, alternativnih goriv. Znanstveni prispevek je pričakovan na področju razumevanja vpliva alternativnih goriv na karakteristike procesa vbrizgavanja, curka goriva, zgorevanja in izhodnih karakteristik motorja ter na področju modeliranja dvofaznih tokov z na novo razvitimi ali v ta namen prilagojenimi eksperimentalnimi in CFD metodami in tehnikami. Številni znanstveni viri na področju alternativnih goriv kažejo na znanstveno zanimivost in sodobnost tovrstnih raziskav.

ANG

New numerical algorithms for solving transport phenomena in multiphase turbulent flows based on the solution of velocity-vorticity formulation of Navier-Stokes equations qualitatively enable improved insight into local flow field, above all in the sense of study of vortical structures and their interaction with other transport phenomena. In-house software, developed in the research group, which was in the past year perfected with new techniques of solving multiphase flows, with new algorithms for turbulent simulations and new techniques aimed at reducing CPU time, is the result of the research done in the past years.

Research in the field of numerical modelling of combustion of fuels made out of waste have a direct meaning for upgrading existent and development of new models of heterogeneous combustion of solid fuels at variable conditions. In this way it is possible to study of influential factors for achievement of full combustion, which is the key factor for reduction of environmental impact of different procedures for energetic exploitation of waste. Usage of CFD as a tool for basis engineering is increased. This represents a basis for operation of a central control system of a plant for energetic exploitation of waste, which must ensure effective operation of the combustion chamber in all operation regimes. On the basis of result analysis it is possible to indirectly find out the usefulness of starting models of combustion and chemical kinetics, which can be, by the method of iteration at the macro level, improved to get a better approximation of the real physical and chemical state. With the research in the field of manufacturing fuel out of waste we are generating a scientific contribution in the field of alternative fuels from the point of view of usage of such fuels in existing combustion chambers for fossil fuels. We are giving special emphasis on phase transformation of halogen compounds and heavy metals and their role in the origin of harmful substances through different catalytical processes.

Originality of our research in the field of engine research is ensured by experimental and numerical supported optimization of engines as regards to ecological, economical, efficient and tribological characteristics of a diesel engine when using new, untested, alternative fuels. Scientific contribution is expected in the field of understanding the influence of alternative fuels on the characteristics of the injection, fuel jet, combustion, engine output characteristics, modelling of two-phase flows with newly developed or for this purpose adapted experimental and CFD methods and techniques. Several scientific sources in the field of alternative fuels give indication for this field to be interesting and contemporary.

9.2.Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Opravljenе raziskave in razviti novi numerični algoritmi in simulacijska orodja imajo neposreden in posreden vpliv na razvoj Slovenije. Neposredni vpliv je viden v številnih izvedenih raziskovalnih projektih za gospodarske in družbene partnerje, v katerih so bila uporabljena nova spoznanja iz opravljenega raziskovalnega dela, tako na področju energetskega strojništva, procesnega tehnike in okoljskega inženirstva. Posredni vpliv predstavlja prenos ustvarjenega novega znanja na študente podiplomskih študijskih programov Strojništvo in Tehniško varstvo okolja, tako na nivo izvajanja posameznih

študijskih vsebin kot neposredno v izdelavo magistrskih in doktorskih nalog. Raziskovalno sodelovanje z gospodarstvom je dodatno vplivalo tudi na razvoj in akreditacijo prenovljenega magistrskega študijskega programa Strojništvo in novega magistrskega študijskega programa Tehniško varstvo okolja v okviru Univerze v Mariboru.

Rezultati raziskav programske skupine bodo dolgoročno pomembni tudi za povečevanje števila novih delovnih mest. Vizija razvoja podjetij s katerimi sodelujemo temelji na nenehnem povečevanju konkurenčne sposobnosti in zagotavljanju vrhunske kakovosti ob hkratnem povečevanju dodane vrednosti njihovih produktov.

Na področju energetskega strojništva in procesne tehnike velja poudariti dolgoročno sodelovanje s podjetjem Hella-Saturnus na razvoju simulacijskih modelov termičnih obremenitev svetil, ter sodelovanje s Turboinštitutom. Sledijo sodelovanja s podjetji Turna d.o.o. na področju razvoja tesnil hladilno zamrzovalnih aparatov ter Esotech d.d. na področju raziskav pršilnih stolpov za izločanje žvepljenih primesi iz dimnih plinov.

V industriji se v fazi razvoja novih proizvodov vedno več uporabljajo numerične metode in modeliranje različnih procesov z uporabo računalnikov. Pomemben družbeni segment, ki pri razvoju novih proizvodov uporablja predstavljene metode je energetika, še posebej obnovljivi viri energije - hidroenergija. Z uporabo najsodobnejše programske, ki jo razvijamo in testiramo v okviru raziskovalnega programa in sodobne strojne opreme, lahko rezultati raziskav pomagajo slovenski industriji, da konkurenčno nastopa na svetovnem trgu. Rezultati raziskav so koristni za zmanjšanje škodljivih emisij in za izboljšanje triboloških in ostalih parametrov dizelskih motorjev pri uporabi različnih biogoriv. Prav tako so uporabni za preprečevanje različnih problemov na posameznih komponentah motorja pri uporabi različnih biogoriv. Vsekakor pa so izsledki raziskav pomembni tudi za domače proizvajalce biogoriv (Biogoriva d.o.o.), tako v zvezi z izbiro ustreznih surovin in proizvodnih tehnologij. V okviru obstoječih razvojno raziskovalnih projektov smo vzpostavili tesno sodelovanje s partnerji iz gospodarstva doma in v tujini, ki so neposredni uporabniki razvojno raziskovalnih dosežkov na področju zgorevanja in energijske izrabe odpadkov. KIV d.d. je vodilno slovensko podjetje na področju razvoja in proizvodnje srednje velikih sistemov termične obdelave odpadkov s pridobivanjem energije iz sproščene toplote s katerim smo sodelovali pri razvoju in izgradnji prve sežigalnice iz odpadkov pridobljenega goriva v Sloveniji, Toplarne Celje. Strateška povezava raziskovale skupine s podjetjem KIV d.d. v okviru obstoječih projektov RIP (financiranih s strani agencije TIA) z domačimi (IOS d.o.o., EmTronic d.o.o., Surovina d.d.) in britanskimi partnerji (Lang O'Rourke, BIFA, ORCHID BioEnergy Limited) odpira možnosti mednarodnega sodelovanja na področju razvoja specialnih kurilnih naprav, ki lahko obratujejo v različnih režimih obratovanja (uplinjevalni, uplinjevalno-zgorevalni, zgorevalni). Naveza podjetja KIV d.d. z angleškimi partnerji nudi ostalim podjetjem v skupini hitrejši in učinkovitejši vstop na okoljsko najbolj ozaveščen in zahteven trg.

ANG

The research and newly developed numerical algorithms and simulation tools have an indirect and direct influence of the development of Slovenia. Indirect influence is seen in the numerous research projects performed for the industry, where new knowledge obtained through research in the field of energy, process and environmental engineering was used. Indirect influence is the transfer of accumulated knowledge on the students of postgraduate programs of mechanical engineering and technical environmental protection in the framework of courses and within masters and doctoral thesis. Research cooperation with industry has additionally influenced the development and accreditation of modernized masters programme of mechanical engineering and new masters program technical protection of environment within the University of Maribor.

Results of research of our research group will have long term importance for the increase of new work positions. Vision of development of companies with which we cooperate is based on continuous increase of competitive capacity and assurance of top quality and incensement of added value of their products.

In the field of energy and process engineering we have a long term cooperation with Hella-Saturnus for the development of simulation models for thermal load of illuminants, as well as cooperation with Turboinštitut in the field of turbine development. With Turna, d.o.o. we

work in the field of development of sealants for cold-storage plants. With Esotech, d.d. we work in the field of research into spray colons for excretion of sulphur compounds out of gases.

Recently the industry uses, within the product development phase, numerical methods and modelling of different processes via computer more often. An important social segment, which uses these methods, is energy supply – power supply, especially renewable energy sources such as hydroenergy. By using the latest software, which is developed and tested in the research programme and the latest hardware, we are able to help Slovenian industry to be able to compete in the world market.

In the field of engine development the results of investigations are useful for harmful engine emissions reduction, improvement of the tribology parameters, and for necessary engine adjustments when using biofuels. Another benefit are in the prevention of problems on various engine components when using biofuels. Furthermore, the investigation results are very important for domestic biofuel producers (Biogoriva d.o.o.) for the selection of the most suitable raw materials and the production technologies. Finally, the investigation results at our faculty are useful both to reduce emissions and to stimulate the usage of alternative fuels in Slovenia.

Within existing research programmes we established close cooperation with industrial partners from home and abroad, which are direct users of research and development in the field of combustion and in the field of using waste as an energy source. KIV, d.d. is the leading Slovenian company in the field of development and manufacturing average size waste incineration systems, where the released energy is harnessed. With KIV we cooperated in the development and construction of the first waste fuel incineration plant in Slovenia – Toplarna Celje. Strategic cooperation with KIV, d.d. in the framework of RIP projects (financed by TIA) and local (IOS d.o.o., EmTronic d.o.o., Surovina d.d.) and British (Lang O'Rourke, BIFA, ORCHID BioEnergy Limited) partners opens the possibility for international cooperation for development of special combustion chambers, which can operate in different operation regimes (gasification, gasification-combustion, combustion). Cooperation of KIV, d.d. with British partners enables other companies in the group faster and more efficient introduction in the environmentally aware and competitive market.

10. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov v obdobju 1.1.2009-31.12.2014¹¹

10.1. Diplome¹²

vrsta usposabljanja	število diplom
bolonjski program - I. stopnja	52
bolonjski program - II. stopnja	20
univerzitetni (stari) program	45

10.2. Magisterij znanosti in doktorat znanosti¹³

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	MR	
0	Bojan Krajnc	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Beno Arbiter	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
32962	Katja Kompolšek	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Janez Polanc	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
31941	Blaž Tropenauer	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Zdenko Kolarič	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
30138	Maja Bauman	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
12588	Janez Ekart	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	

33513	Miran Kapitler	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
19099	Mojca Poberžnik	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
29577	Fike Matej	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
29573	Jurij Iljaž	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
30938	Janez Lupše	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
30937	Blaž Vajda	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
25797	Matej Zadavec	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
0	David Greif	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Marko Klančičar	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Teodor Štimec	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
19175	Aljaž Škerlavaj	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
33258	Luka Lešnik	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
0	Rok Kopun	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
36993	Gregor Sagadin	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
33255	Primož Kocutar	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
35601	Boštjan Rajh	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	

Legenda:

Mag. - Znanstveni magisterij

Dr. - Doktorat znanosti

MR - mladi raziskovalec

11. Pretok mladih raziskovalcev – zaposlitev po zaključenem usposabljanju¹⁴

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	Zaposlitev	
29577	Fike Matej	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi	
29573	Jurij Iljaž	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi	
30938	Janez Lupše	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	F - Drugo	
30937	Blaž Vajda	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo	
25797	Matej Zadavec	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi	
33258	Luka Lešnik	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi	
33255	Primož Kocutar	<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	
0	Martin Červika	C - študent – doktorand	6	
0	Halima Hadžiahmetović	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 1.1.2009-31.12.2014¹⁵

SLO

TREN/04/FP6EN/S07.37886/513562; Mobility Initiatives for Local Integration and Sustainability, B. Kegl.

EraSME; BIOBOILER; Boiler System for thermal use of renewable fuels (Woodchips and short rotation coppice), N. Samec.

"Čezmejna vodarska iniciativa za reki Drava in Mura" (DRA_MUR_CI) v okviru operativnega programa Slovenija Avstrija 2007-2013; projekt je financiran v času od 2009 2013, R. Jecl.

14. Vključenost v projekte za uporabnike, ki so v obdobju trajanja raziskovalnega programa (1.1.2009–31.12.2014) potekali izven financiranja ARRS¹⁶

SLO

Optimiranje izdelka (avtomobilskega svetila) v smislu opredelitve in izboljšave toplotno tokovnih pogojev ob sprejemljivih stroških, L. Škerget

CFD analiza prenosnih pojavov v pršišču mokrega pralnika pilotne naprave za razžveplanje dimnih plinov, M. Hriberšek

Razvojno raziskovalno sodelovanje Optimiranje izdelka (tesnila hladnega aparata) v smislu opredelitve in izboljšave toplotno tokovnih pogojev ob sprejemljivih stroških, M. Hriberšek

Izdelava študije Problematika pregrevanja generatorja 1 HE Fala, A. Hribernik

Izdelava podlag za določitev nadomestnih odjemnih značilnosti za odjemalce zemeljskega plina, L. Škerget

Numerična in eksperimentalna analiza nestacionarnih pojavov v reverzibilnih črpalkah turbinah, L. Škerget

Razvojno raziskovalne aktivnosti na projektu OVESRF "Obnovljivi viri energije iz odpadkov postopki predelave odpadkov v trdno gorivo in njegova energijska izraba s sežigom in uplinjanjem", N. Samec

Razvoj in uporaba modernih eksperimentalnih in numeričnih metod reševanja zahtevnih tokovno toplotnih razmer, ki se pojavljajo v različnih izvedbah tesnil, M. Hriberšek

Izdelava študije Problematika pregrevanja generatorja 1(8) HE Fala 2. Faza, vodja A. Hribernik.

Numerično modeliranje termo hidravličnih razmer v BMW meglenki, L. Škerget

Izdelava idejnih rešitev optimizacije profila vtočnih rešetk na HE Vuzenica in HE Zlatoličje, A. Hribernik

Analiza učinkovitosti delovanja obstoječe tehnologije MBO v okviru CERO Celje Bukovžlak in predlog njene dopolnitve za doseganje zakonsko predpisanih okoljskih parametrov, N. Samec

Meritve izmetnih hitrosti abraziva peskalnih turbin serije 380, A. Hribernik

Izdelava numerične simulacije tokovnih razmer v tehnološkem sklopu: ventil jeklenke regulator po preloženi projektni nalogi, I. Biluš

Aplikativna raziskava in priprava študije izvedljivosti sistema stisnjene zemeljskega plina za uporabo v prometu motornih vozil, N. Samec

Aplikativna raziskava in priprava študije za vzpostavitev deklaracije za Toplarno Celje za proizvodnjo naprave na obnovljive vire energije, N. Samec

Razvojno raziskovalna in aplikativna raziskava z uporabo računalniške dinamike tekočin za Energetiko Celje v letu 2013, N. Samec

Energijski preračun toplotnega prenosnika dimni plini zrak, N. Samec

Izdelava študije za celovito izkoriščanje energetskih potencialov odpadne biomase za izboljšanje učinkovitosti poslovanja podjetja Lesna Vrata d.o.o. na lokaciji Prevalje, N. Samec

Izdelava strokovnega mnenja na temo projekta Okoljsko, tehnološko in ekonomsko mnenje o načrtovanih investicijah ter obratovanju podjetja Riag d.o.o., N. Samec

Izvedba projektne naloge dimenzioniranja in tokovnega preračuna prototipne naprave za čiščenje sinteznih plinov, L. Škerget

Priprava predloga prilagoditve sedanjega sistema proizvodnje RDF na način, ki bo omogočal z obstoječo opremo in manjšimi dodatnimi investicijami proizvodnjo kvalitetnega SRF - goriva iz odpadkov, N. Samec

Verifikacija in korekcija parametrov matematičnih modelov standardnih obremenitvenih profilov značilnih odjemalcev zemeljskega plina, L. Škerget

Izvedba meritev emisij dimnih plinov in izkoristka kurilne naprave, N. Samec

15. Ocena tehnološke zrelosti rezultatov raziskovalnega programa in možnosti za njihovo implementacijo v praksi (točka ni namenjena raziskovalnim programom s področij humanističnih ved)⁴⁷

SLO

V okviru programa je pomemben prispevek na področju razvijanja modernih vodnih turbinskih strojev v sodelovanju s podjetjem Turboinštitut, kjer smo uspeli izboljšati popolnoma virtualne modele za izračun delovanja vodnih turbin malih in srednjih moči, kar podjetju omogoča hitrejši razvoj tovrstnih turbin. Pomembne so bile tudi raziskave na področju optimizacije vstopnih kanalov in obvladovanja sedimentov v verigi Dravskih elektrarn, kar omogoča nadaljnji napredek v uspešnejši izrabi hidroenergetskega potenciala v Sloveniji. V letu 2009 smo zaključili s sodelovanjem v projektu MOBILIS (6. okvirni program). V okviru dela tega projekta je nastala uspešna sodelava med slovenskim proizvajalcem biodizla in porabnikom LPP iz Ljubljane. Biodizelsko gorivo je bilo testirano v našem laboratoriju za motorje na avtobusnem motorju LPP, sledile so ustrezne modifikacije motorjev, kar v primeru uporabe v širšem obsegu lahko vodi v zmanjšanje škodljivih emisij v Sloveniji in v spodbujanje uporabe alternativnih goriv v Sloveniji. Tudi na področju izrabe trdnih goriv, pridobljenih iz komunalnih odpadkov, smo v sodelovanju s podjetjem Toplarna Celje nadaljevali z razvojem optimalnega zgorevanja tovrstnih odpadkov, ter v povezavi s podjetjem Gorenje Surovina razvili patent za proces izdelave trdnih goriv iz nenevarnih odpadkov, kar bo imelo pomemben vpliv na reševanje problematike trdnih odpadkov v Sloveniji. V sodelovanju z Agencijo za energijo smo razvili model karakteristične porabe zemeljskega plina za različne tipe uporabnikov. Model omogoča sistemskim operaterjem, da glede na napovedane vremenske razmere vnaprej določijo predvideno porabo zemeljskega plina v Republiki Sloveniji. S tem je izboljšana varnost delovanja plinskega sistema, hkrati pa natančne napovedi odjema zmanjšujejo stroške napačne alokacije porabe plina tako za sistemske operaterje kot končne uporabnike. V celotnem obdobju 2009-2014 smo nadaljevali s sodelovanjem s podjetjem Hella Saturnus, kjer smo izobraževali sodelavce razvojnega oddelka na področju računalniške dinamike tekočin, ter razvijali natančne fizikalne modele za izračun termičnih obremenitev v avtomobilskih svetilih. Izvedli smo poglobljene eksperimentalne in računalniške analize toplotnih obremenitev zavrtnega diska ter izpušnega sistema za avtomobilsko industrijo (Cimos), kar omogoča razvoj nove generacije tovrstnih naprav. V povezavi s podjetjem Turna smo razvili nove oblike tesnil hladilno-zamrzovalnih aparatov, ki proizvajalcu omogočajo razvoj novih tesnil z zmanjšanimi toplotnimi izgubami skozi tesnilo. Začeli smo razvoj dvostopenjskih modelov razpršilnega sušenja, kar bo omogočilo realnejše računalniške simulacije delovanja razpršilnih sušilnikov in njihovo optimizacijo porabe energije. Našteti primeri kažejo na veliko stopnjo uporabnosti raziskovalnih dosežkov, pri čemer je te dosežke možno še nadgraditi z dodatnim raziskovalnim delom.

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 type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
potrebni finančni vložek	EUR
ocena potrebne infrastrukture in opreme ¹⁸	

17. Izjemni dosežek v letu 2014¹⁹

17.1. Izjemni znanstveni dosežek

Analiza hlajenja avtomobilske LED meglenke

Vir: COBISS.SI-ID 18127638 :Slovensko društvo za mehaniko, Zbornik del; 2014, str. 175-182. Avtorji: Ramšak, M., Zadavec, M., Ravnik, J., Hriberšek, M., Jeke, U., Slanovec, J.

Razvoj LED svetil z več LED diodami, za katere so značilni veliki lokalni izvori toplote, vodi v vse večje probleme z akumulacijo toplote in posledično visokim temperaturami, ki zmanjšajo svetilnost diod in skrajšajo življenjsko dobo. Efektivno hlajenje diod je večinoma izvedeno z njihovo namestitvijo na relativno velike hladilne površine, ki vključujejo hladilna rebra. V prispevku smo prikazali razvoj modela za numerično simulacijo hlajenja LED avtomobilske meglenke, ki vključuje prevod, konvekcijo in sevanje toplote. Prav tako smo razvili inovativni računski pristop k določitvi ciljne moči poljubne LED diode, ki zagotavlja, da se slednja ne pregreva. Raziskovalno delo je plod dolgoletnega sodelovanja s podjetjem Hella Saturnus Slovenija.

17.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

--

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

Šifra programa	P2-0118
Naslov programa	Tekstilna kemija TEXTILE CHEMISTRY
Vodja programa	7814 Karin Stana Kleinschek
Obseg raziskovalnih ur (vključno s povečanjem financiranja v letu 2014)	37514
Cenovni razred	
Trajanje programa	01.2009 - 12.2014
Izvajalci raziskovalnega programa (javne raziskovalne organizacije - JRO in/ali RO s koncesijo)	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.14 Tekstilstvo in usnjarstvo
Družbeno-ekonomski cilj	06. Industrijska proizvodnja in tehnologija
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	2 Tehniške in tehnološke vede 2.05 Materiali

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

2. Povzetek raziskovalnega programa¹

SLO

Raziskovalno delo skupine je bilo usmerjeno na proučevanje površine tekstilnih materialov, njeno plemenitenje in modificiranje ter na ustrezne inovativne tehnološke postopke, kakor tudi na ekološki vidik postopkov in čiščenja odpadnih vod. Čeprav sta nanoznanost in nanotehnologija kot prioriteto raziskovalno področje v središču interesa znanstvenikov in inženirjev v razvitem svetu, pa so tovrstne raziskave v

tekstilstvu relativno novo, a močno razvijajoče se področje. Razvijanje in uporaba znanja s področja znanosti o površinah in površinskem inženiringu na molekularnem in atomskem nivoju je danes nujnost za bodoči razvoj multifunkcionalnih tekstilnih materialov. Poznavanje površinskih lastnosti tekstilnih materialov oz. njihove dostopne mejne površine (merilo reaktivnosti in ionsko izmenjevalne kapacitete) je izrednega pomena za uspešen potek plemenitilnih tehnoloških procesov kakor tudi končnih uporabnih lastnosti teh materialov. Modifikacija tekstilnih površin na nano nivoju je zelo učinkovita pot za modificiranje lastnosti tekstilnih materialov in je zato ena izmed možnosti za proizvodnjo inovativnih, visoko funkcionalnih ter visokozmogljivih tekstilnih materialov z dodano novo vrednostjo. Modifikacijo tekstilnih površin lahko izvedemo na več načinov: z uvedbo specifičnih funkcionalnih skupin, z adsorpcijo specifičnih molekul ali atomov, z dodatkom mikro in nano delcev (funkcionalni polnilci, katalizatorji, mikrokapsule, ki lahko oddajajo specifični reagent glede na okolje), z nano nanosom specialnih polimernih filmov na tekstilne površine in s specialno obdelavo tekstilnih površin (plazma, korona, UZ, UV), z vgradnjo fotokromnih barvil, itd. Na ta način lahko razvijemo tekstilne materiale z vnaprej določenimi specifičnimi lastnostmi (hidrofilne, hidrofobne, propustne za pline, z zaščitnimi lastnostmi glede na pline, tekočine, toploto, sevanje, magnetno polje, z antimikrobnimi lastnostmi, z optičnimi lastnosti, bioaktivne, biokompatibilne, s samočistilnim učinkom, s ciljno kemično reaktivnostjo, itd.). Možne aplikacije so številne: za vojaška oblačila, aeronavtiko, vesoljsko tehnologijo, šport, gradbeništvo (geotekstilije), medicino (umetne žile, zdravljenje ran, prevleke implantov, oblačila-laboratoriji), industrijske filtre za mikro in nanofiltracijo, proizvodnjo kompozitov, prevodnih vlaken, nano-elektronskih aparatov, avtomobilsko industrijo, profesionalna oblačila, zaščitna oblačila, kamuflažne tekstilije, tekstilije za dom in gospodinjstvo, senzorska vlakna, izdelke z lahkim negovanjem (easy to clean), itd. Skrb za čistejšo okolje je eden od osnovnih ciljev EU SRA (Strategic Research Agenda) WSSTP in Tekstilne platforme. V SRA je vključeno tako recikliranje odpadne vode, nove kombinacije že znanih metod čiščenja in uvajanje novih ter vključevanje matematičnih modelov za optimiranje procesov čiščenja in razvoj novih miniaturiziranih senzorskih sistemov za spremljanje prisotnosti onesnaževal in ekoloških parametrov.

The research work of the group was focused into the study of textile materials' surfaces, fibres finishing and modification and innovative technological processes, as well as ecological aspect of processes and wastewater treatment. Recently nanoscience and nanotechnology are the prior research fields and in the centre of interest of scientists and engineers in the developed world, however nanomodification in textile science is relatively new, but a very promising and strongly developing field. Development and application of knowledge about surface science and surface engineering at molecular and atomic level is necessity for the future creation of multifunctional textile materials. Knowledge about surface properties of textile materials and their accessible interfaces (criterion of reactivity and ion exchange capacity) is of major importance for a successful realization of finishing technological processes as well as final applied properties of these materials. Modification of textile surfaces at nano level is a very effective method for modification of textile materials' properties and therefore it represents a chance for production of innovative, high functional and high performance textile materials with a high added new value. Textile materials can be modified by several different methods, e.g. introduction of specific functional groups, by adsorption of specific molecules and atoms, by addition of micro and nano particles, (functional fillers, catalysts, microcapsules, which are emitting specific reagents according to the environment), by nanocoating of special polymer films on textile surface and with special treatment of textile surfaces (plasma treatment, corona treatment, ultrasound, UV), by incorporation of photochromic dyes, etc.

In this way advanced textile materials with designed specific properties (hydrophilic, hydrophobic, permeable to gases, for protection against gases, liquids, heat, radiation, magnetic field, antimicrobial, with specific optical properties, bioactive, biocompatible, selfcleaning, and with focused chemical activity). Application possibilities for these materials are huge: for military clothing, aeronautics, space technology, sports, civil engineering (geotextiles), medicine (artificial blood vessels, wound healing, coatings for implants, clothing) industrial filters for micro and nano filtration, production of composite materials, conductive fibres, nano-electronic devices, automotive industry, professional dresses, protective and camouflage textiles, textiles for home and housekeeping, sensor fibres, easy to clean textiles, etc.

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)²

SLO

Razvoj visokozmogljivih polimernih materialov in tehnologij ter študij ekoloških tekstilnih procesov razdelimo v nekaj najvažnejših sklopov:

1) Površinska modifikacija modelnih in vlaknatih polimernih površin, uporaba nano delcev, polifunkcionalnih reagentov ter sodobnih tehnik oblikovanja vlaken za doseganje specifične funkcionalnosti:

S kremenovo mikrotehniko (QCM) smo analizirali adsorpcijo biopolimerov na modificirane PET površine z namenom in-vitro določanja hemokompatibilnosti polimernih površin ter metodo uvedli tudi za spremljanje adsorpcije proteinov krvne plazme na površine biomaterialov. Uspešno smo uvedli postopek sulfatacije hitozana in galaktoglukomanana in pokazali učinkovitost karboksimetiliranega galaktoglukomanana za pripravo hemo-kompatibilnih polimernih površin ter potrdili hipotezo, da prisotnost

sulfatnih skupin izboljša protitrombogenost PET površin.

Za doseganje protimikrobnih učinkov smo celulozne tekstilije funkcionalizirali s hitozanom v kombinaciji z BTCA in s kopolimerom hitozan/eugenol ter hitozanskimi nanodelci, ki adsorbirani na površino celuloznih materialov kontrolirano sproščajo protimikrobne učinkovine.

Z regeneracijo trimetilsilil celuloze smo pripravili modelne celulozne površine, ki smo jih modificirali in strukturirali z različnimi tehnikami (depozicijo hitozana in N,N,N-trimetil hitozana ali CMC, litografijo, itd). Le te smo modificirali tudi z derivatom celuloze – celuloznim -4-[N,N,N-trimetilammonium]butirate kloridom). S kremenovo mikrotehniko (QCM) in površinsko plazmonsko resonanco (SPR) smo analizirali adsorpcijo biopolimerov na modificirane TMSO površine, z namenom priprave površin za specifično adsorpcijo proteinov.

Raziskave nanovlaken smo vključili v razvoj materialov, uporabnih za biomedicinske aplikacije. Oblikovali smo elektroredena CMC nanovlakna z vključenimi delci nano-hidroksiapatita za uporabo na področju tkivnega inženiringa. CMC in alginsko kislino natrijevo sol rjave alge (NaAlg) smo uporabili za študij priprave nano vlaken s posebnimi funkcionalnimi lastnostmi. Postopek formiranja vlaken smo preučevali kot funkcijo dodatkov različnih ekstraktov olivnih listov vrste *Olea europaea*, in ognjiča, ki izkazujejo protimikrobno in anti oksidacijsko aktivnost ter dodatka polietilen oksida (PEO).

Magnetne in TiO₂ nanodelce smo uspešno sintetizirali na predobdelanih celuloznih površinah in dokazali povezavo med pogoji predobdelave in učinkovitostjo oblikovanja nanoprevlek na vlaknih. TiO₂ nanodelce v anatazi in rutilni obliki smo v disperzijah analizirali glede na njihovo morfologijo in strukturo, velikost delcev in naboj delcev z uporabo različnih metod kot so SEM, TEM, XRD, DLS ter z meritvami UV/Vis absorbance in zeta potenciala. Vse disperzije imajo absorpcijski maksimum v UV področju.

S kovalentno vezavo »host-guest« reagenta ciklodekstrina na površino ploskih tekstilij ter tvorbo supramolekularnih kompleksov ciklodekstrina z različnimi repelenti, eteričnimi olji, itd smo dosegli podaljšano sproščanje aktivnih snovi (tudi do desetkrat). Za doseganje sproščanja prijetnih vonjav in kozmetičnih učinkovin ter odzivov na svetlobne dražljaje iz okolice smo sintetizirali etilcelulozne mikrokapsule in jih vezali na tekstilni substrat.

2) Razvoj naravno obnovljivih materialov: Raziskali smo naravno obnovljiva lignocelulozna vlakna, ki jih izoliramo iz različnih kmetijskih odpadkov.

Razvili in optimirali smo lakazno-kataliziran postopek funkcionalizacije lignoceluloznih vlaken s fenolnimi monomeri, z namenom izboljšanja obstoječih in kreiranja novih funkcionalnih lastnosti vlaken. Opredelili smo mehanizem kinetike in termodinamike delovanja (t.j. radikalske aktivnosti in oksidacijsko-redukcijske sposobnosti) komercialno dostopne glivne in novo-izolirane bakterijske lakaze na izbranih fenolnih monomerih ter kompleksnih in kemijsko-različnih ligninskih strukturah (izoliranih iz jute, kokosa, sisala). Na osnovi sklopa različnih analiznih tehnik (zeta-potencial, potenciometrična titracija, kapilarna elektroforeza, FTIR in XPS) smo prvi potrdili spremembe v strukturi ligninov, nastale zaradi razgradnje ali sinteze ligninov in/ali njihove aktivacije površine ter definirali mehanizem vezave. Razvili in optimirali smo nov biotehnološki postopek redukcije indigoidnih barvil z oksido-reduktaznimi encimi *Bacillus subtilis*. Po določitvi kinetike bio-redukcije reduktivnih barvil in elektrokemičnih lastnosti smo optimirali potopek barvanja bombažnih in PA vlaken.

3) Senzorji: V okviru razvoja novih optičnih materialov za senzorske aplikacije smo proučevali metode priprave tankih plasti ter mehanizma nukleacije, rasti in kristalizacije nanodelcev v različnih optično prozornih matricah, pripravljenih s tankoslojno sol-gel tehnologijo, ter njihov vpliv na optične lastnosti. Z dopiranjem garnetnih kristalov smo

razvili visokotemperaturne fluorescentne senzorske sisteme.

4) Ekologija: Superparamagnetne nanodelce (CoFe_2O_4 , $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) smo za namene adsorpcije/odstranjevanja ionov težkih kovin (Hg, Pb, Cd) iz modelnih odpadnih vod, površinsko modificirali z merkaptosilanom. Delce smo regenerirali s spremembo magnetnega polja.

Odpadne vode iz slovenskih tekstilnih obratov smo razbarvali z različnimi AOP postopki ter njihovimi kombinacijami z mikrobiološkimi postopki, adsorpcijo na bio-adsorbentu in z membranskimi tehnologijami. Za realno aplikacijo v dveh slovenskih tekstilnih tovarnah smo optimirali postopek $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$ in ga kombinirali z membranskimi tehnologijami (UF, NF) in membranskim biološkim reaktorjem.

Kemijsko smo reciklirali čiste vlakninske komponente in pričeli z recikliranjem mešanic; s kislno hidrolizo smo ločili naravna vlakna in poliester v mešanicah, nato pa smo z nevtralno hidrolizo razgradili poliester do tereftalne kisline in eten glikola (učinkovitost 70%).

Razvili smo pigmentne fotokromne tiskarske gošče za izdelavo pametnih tekstilij in zaščitnih oblačil. Razviti postopki recikiranja polisahardinih gostil iz tiskarskih gošč in odpadnih vod omogočajo njihovo ponovno uporabo za tisk bombaža z reaktivnimi barvili.

5) Higiena in nega tekstilij: V slovenskih bolnišničnih pralnicah smo raziskali in ovrednotili sisteme zagotavljanja higiene in razvili metode vzorčenja mikroorganizmov na tekstilijah. Z magnetno napravo za obdelavo pralne vode strojnega pranja, ki smo jo razvili, dosegamo nižjo stopnjo odlaganja vodnega kamna. Razviti so bili novi postopki nege tekstilij zasnovani na tehnologiji LCO_2 , kar zagotavlja učinkovito in zanesljivo nizkotemperaturno razkuževanje tekstilij ter za 40-60% nižje obremenitve okolja v primerjavi s termičnimi in kemijsko-termičnimi postopki higiene tekstilij.

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

SLO

Cilje, ki smo jih določili v delovnem načrtu, smo v celoti dosegli. Vse načrtovane raziskovalne aktivnosti so bile realizirane. Izpostavljam nekaj najpomembnejših rezultatov, doseženih v letih 2009- 2014:

- Vpeljali smo litografsko tehniko vzorčenja modelnih biopolimernih slojev s pomočjo metode izmeničnega encimatskega in kislinsko hidrolitičnega strukturiranja celuloznih filmov, vezanih na ciklo-olefinske polimerne podlage, ki se lahko uporabljajo za pripravo bio senzorjev (COBISS.SI-ID [16217878](#))
- Uspešno smo uvedli novo metodo za analizo adsorpcije substanc in študij nastalih adsorpcijskih slojev z uporabo kremenove mikrotehnice (QCM) in razvili in-vitro postopek spremljanja biokompatibilnosti polimernih površin (COBISS.SI-ID [15296790](#))
- Razvili smo postopek protimikrobne obdelave s hitozanskimi nanodelci. Spoznanja so odlično izhodišče za razvoj sistemov vlakno/nanodelec kot nosilec zdravilne učinkovine (COBISS.SI-ID [17387030](#))
- Iz TiO_2 oplaščenih (core-shell) delcev (rutilne in anatazne oblike) smo z različnimi plemenitilnimi postopki oblikovali nanoprevleke na neobdelanih in s plazmo predobdelanih tekstilijah. Določili smo aktivnost TiO_2 nano disperzij in ugotovili njihovo učinkovitost pri UV zaščiti kot tudi na področju fotostabilnosti barv (COBISS.SI-ID [16802582](#)) .
- Sintetizirali smo etilcelulozne mikro- in nanokapsule, ki smo jih vezali na tekstilni substrat za pripravo kozmeto- in fotokromnih- tekstilij (COBISS.SI-ID [16435734](#)).
- Optimirali smo postopek oblikovanja CMC vlaken z vključenimi delci nanohidroksiapatita.
- V Tekstini in Svilanitu smo na osnovi preliminarnih raziskav vpeljali nove postopke

čiščenja tekstilnih odpadnih voda. H₂O₂/UV postopek smo kombinirali z membranskimi tehnologijami (COBISS.SI-ID [16353302](#)).

- Raziskani in določeni so bili obratovalni pogoji čiščenja odpadnih pralnih vod v membranskem bioreaktorju, ki omogoča ponovno uporabo očiščene vode (COBISS.SI-ID [14861078](#))
- Razvili smo superparamagnetne nanodelce površinsko modificirane z različnimi funkcionalnimi alkoksisilani za odstranjevanje Hg, Pb, Cd, Zn, Cr ionov, kar predstavlja osnovo za razvoj tankoslojnih tekstilnih nanosov za uporabo v okoljevarstvu (COBISS.SI-ID [17236758](#)).
- Novo razviti postopki nege in higiene tekstilij, prilagojene tehnologiji LCO₂, zmanjšujejo emisije TGP za 40-60%. Nova znanja o razvoju magnetne obdelave pralnih vod ter o optimizaciji parametrov pranja v gospodinjskem pralnem stroju so bila uspešno prenesena v proizvodni proces industrijskih in gospodinjskih pralnih strojev (COBISS.SI-ID [16641302](#)).
- Razvili smo pigmentne UV disperzije in reaktivna barvila, ki ustrezajo tehnološkim zahtevam piezo DOD tiskanja in UV/MV utrjevanja. Razviti sistemi barvnih disperzij in utrjevanja so omogočili digitalni tisk replik tekstilnih muzealij Pokrajinskega muzeja Maribor in Slovenskega etnografskega muzeja v Ljubljani (COBISS.SI-ID [14177046](#)).

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine v letu 2014⁴

SLO

Programska skupina je pridobila povečan obseg financiranja raziskovalnega programa v letu 2014, katerega program smo izvedli.

Nekaj dosežkov:

- Vpeljali smo površinsko modifikacijo celuloznih modelnih filmov za specifično adsorpcijo proteinov kot je Bovine Serum Albumin (BSA).
- Določili smo antioksidacijsko aktivnost (ABTS metoda) in protibakterijsko delovanje (na rast *E. Coli*) hidrogelov (optimiran hitozanski hidrogel dodatno modificiran z različnih polifenoli (kvarcetin, fluroglucinol, galična kislina) ter določili njihov vpliv na celično obnašanje, predvsem njihovo sposobnost v podpori, oprijemanju in rasti osteoblastnih celic.
- Raziskovali smo dendritske polimere, nanokapsule, votle superparamagnetne strukture z vidika sodobnih nosilcev optičnih, aktivnih, terapevtskih in drugih substanc.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁵

		Znanstveni dosežek	
1.	COBISS ID	13016086	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Analiza adsorpcije fukoidana in hitozan sulfata na PET površine modificirane s hitozanom z uporabo QCM-D.
		ANG	Adsorption of fucoidan and chitosan sulfates on chitosan modified PET films monitored by QCM-D
	Opis	SLO	S kremenovo mikrotehniko smo analizirali adsorpcijo hitozana, fukoidana in hitozan sulfata na polietilentereftalatne modelne površine. Te sisteme smo izbrali zaradi njihovih obetajočih biokompatibilnih in antikoagulantnih lastnosti ter možnosti nadomestitve heparinskih obdelav žilnih vsadkov. Morfologijo in strukturo adsorbiranih slojev smo proučevali z XPS in AFM. Ugotovili smo, da je adsorpcija polisaharida odvisna od tipa polisaharida, saj so bili filmi fukoidana na hitozanu tanjši in bolj kompaktni, medtem ko so bili adsorbirani sloji hitozan sulfata na hitozansko plast debelejši.
			The adsorption behavior of fucoidan as well as chitosan derivatives (chitosan sulfates) on poly(ethylene terephthalate) (PET) model film

		<p>surface was studied using the quartz crystal microbalance technique. These systems were chosen for this study due to their promising biocompatible properties. Moreover, fucoidan and chitosan sulfate have promising anticoagulant properties and represent an alternative to heparin treatment of vascular grafts. As a first step, PET foils were activated by alkaline hydrolysis to increase their hydrophilicity. From these foils, model PET films were prepared by the spin coating technique on a silica quartz crystal. The selected polysaccharides (chitosan, fucoidan, and chitosan sulfate) were adsorbed from aqueous solutions on the PET surfaces. The adsorption was monitored using a quartz crystal microbalance with a dissipation unit. The surface chemistry and morphology of the chitosan/fucoidan or chitosan/chitosan sulfate coated PET-H films was analyzed using XPS and AFM. It was found that chitosan/fucoidan films were thinner and more compressed, while in the case of chitosan/chitosansulfate, large amounts of chitosan sulfate were adsorbed, indicating a loose and thick adsorbed film.</p>
	Objavljeno v	American Chemical Society; Biomacromolecules; 2009; Vol. 10, no. 3; str. 629-637; Impact Factor: 4.502; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.873; A': 1; WoS: CQ, EE, UY; Avtorji / Authors: Indest Tea, Laine Janne, Johansson Leena Sisko, Stana-Kleinschek Karin, Strnad Simona, Dworzczak Renate, Ribitsch Volker
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
2.	COBISS ID	17236758 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<p><i>SLO</i> Adsorpcija ionov težkih kovin Hg²⁺, Pb²⁺, Cd²⁺, Zn²⁺ iz vodnih raztopin s pomočjo merkaptomodificiranih SiO₂ delcev</p> <p><i>ANG</i> Adsorption of Mercury(II), Lead(II), Cadmium(II) and Zinc(II) from aqueous solutions using Mercapto-modified Silica particles</p>
	Opis	<p><i>SLO</i> V članku je predstavljena priprava funkcionaliziranih nanodelcev SiO₂ za adsorpcijo ionov težkih kovin. S Stoberjevo metodo smo pripravili monodisperzne nanodelce SiO₂ z ozko porazdelitvijo velikosti 85±/5 nm. Pripravljene nanodelce smo površinsko modificirali s kovalentno vezavo merkaptopropilnih skupin na površino SiO₂ nanodelcev. Uspešnost vezave merkapto skupin na površino SiO₂ delcev smo potrdili z TEM/EDXS in FTIR analizami. Končni rezultati adsorpcije kažejo izrazito afiniteto merkaptofunkcionaliziranih SiO₂ delcev do ionov težkih kovin v naslednjem zaporedju Hg²⁺(99.9%) > Pb²⁺(55.9%) > Cd²⁺(50.2%) > Zn²⁺(4%).</p> <p><i>ANG</i> Article presents a novel systematic approach to the fabrication of highly functionalized SiO₂ nanoparticles used for the adsorption of heavy-metal ions. Almost monodispersed silica (SiO₂) nanoparticles with narrow particle size distributions of around 85 ± 5 nm were formed using the Stöber process. The prepared SiO₂ nanoparticles were successfully surface-treated by the covalent attachment of mercaptopropyl groups onto the surfaces of the SiO₂ nanoparticles. A FTIR spectra and TEM/EDXS analysis confirmed the binding of the mercaptosilane molecules. The final results for the heavy-metal adsorption showed the strongest affinity within the following sequence Hg²⁺ (99.9%) > Pb²⁺ (55.9%) > Cd²⁺ (50.2%) > Zn²⁺ (4%).</p>
	Objavljeno v	American Ceramic Society; International journal of applied ceramic technology; 2013; str. 1-12; Impact Factor: 1.215; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.892; A': 1; WoS: PK; Avtorji / Authors: Košak Aljoša, Lobnik Aleksandra, Bauman Maja
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	17107990 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Fotokromni organski nanodelci

	ANG	Organic nanoparticulate photochromes
Opis	SLO	Fotokromna organska barvila se na široko uporabljajo v materialih za optično shranjevanje podatkov, kot fotonska stikala, spominske kartice, senzorji ali aktuatorji. Velik napredek je bil dosežen z vgradnjo fotokromnih barvil v organske nanodelce s pomočjo samo-sestavljanja, s kovalentno vezavo ali kot disperzija barvila v polimer. Namen preglednega članka je prikazati načine priprave organskih nanodelcev s fotokromnimi barvili in njihovih tipičnih lastnosti.
	ANG	Photochromic organic dyes can be widely used in materials for optically rewritable data storage, photonic switches, memories, sensors, or actuators. In recent years photochromic materials based on nanoparticles became particularly focused, since they can be dispersed in colloidal aqueous suspensions or incorporated in thin films, avoiding problems of light scattering or shallow light penetration in bulk materials. Spiropyrans, spirooxazines and diarylethenes were by far the most researched photochromes in nanoparticulate systems. Great effort was made to investigate photochromic dyes incorporated into organic nanoparticles via self-assembly strategies, covalent linkage or dispersion of the molecular species in polymers (doping). Nanoparticles composed of solely photochromic dyes were prepared by laser ablation and reprecipitation techniques. Photochromic dyes were microencapsulated by self-assembly, soap free-, emulsion/microemulsion/miniemulsion or free radical- (co)polymerization. Sol-gel processing from silane precursors to poly(organo)siloxane matrix is a common method to synthesize doped or core-shell photochromic organogels. Colored forms of some photochromes display fluorescence; however, a more effective strategy for fluorescence modulation with photochromic molecules is integrating them, covalently or noncovalently, with a separate fluorophore in the same nanoparticles. These photoresponsive nanoparticles may find applications particularly in biological fields such as cell labelling and bioimaging. The purpose of this review is to summarize the preparation methods of organic nanoparticles containing photochromic dyes and to investigate their typical properties derived from their nanoparticulate character.
Objavljeno v		Bentham Science Publishers; Current organic chemistry; 2013; Vol. 17, no. 16; str. 1771-1789; Impact Factor: 2.537;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.55; WoS: EE; Avtorji / Authors: Feczko Tivadar, Vončina Bojana
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID	16217878 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Funkcionalno strukturiranje biopolimernih tankih slojev s pomočjo encimov in litografske tehnike
	ANG	Functional patterning of biopolymer thin films using enzymes and lithographic methods
Opis	SLO	Razviti sta bili litografski tehniki za izdelavo tankih bio-polimernih filmov. Prva metoda temelji na uporabi mikrostrukturiranih elastomernih kalupov za strukturiranje tankih filmov iz regenerirane celuloze. Tanki film smo izdelali iz trimetilsilil celuloze (TMSC) z metodo spin-coating in regeneracijo. Mikro-kanale kalupa in celuloze smo napolnili s celulozo s kapilarnim vlekcom. Področja, ki so bila izpostavljena delovanju raztopine encima, so se raztopila, medtem ko so bila ostala področja zaščitena pred delovanjem encima s kalupom. S temi obdelavami izdelamo hidrofилna celulozna področja, ki so obdana s hidrofobnim TMSC. Obe področji imata različne fizikalno-kemijske lastnosti. Razvita metoda dokazuje učinkovito izdelavo mikro-strukturiranih biopolimernih filmov primernih za nadaljnjo funkcionalizacijo in biomedicinske aplikacije.
		Two different lithographic techniques for the patterning of thin

		<p>biopolymer films are developed. The first method is based on using a microstructured elastomeric mold for the structuring of thin films of regenerated cellulose. The thin films are manufactured by spin-coating of trimethylsilyl cellulose (TMSC) and subsequent regeneration. The microchannels formed by the mold and the cellulose film are filled with a cellulase solution by capillary action. In the areas exposed to the enzyme solution, the cellulose film is digested, whereas the area in contact with the mold is protected from the enzymatic activity. Optical thickness measurements, atomic force microscopy and fluorescent staining confirm a successful patterning of cellulose on several substrates by this method. The second method is based on the structured regeneration of thin TMSC films. TMSC surfaces are protected with metal masks and exposed to vapors of hydrochloric acid. These treatments result in hydrophilic cellulose structures surrounded by hydrophobic TMSC with differing physicochemical properties. Treatments of the obtained structures with cellulases allow the selective removal of pure cellulose, whereas a TMSC pattern remains on the surface. These TMSC can be regenerated back to pure cellulose by treatments with vapors of hydrochloric acid. The developed methods allow the effective fabrication of micropatterned biopolymer thin films suitable for further functionalization and application in, e.g., bioanalytical devices. This is shown by the immobilization and detection of single-stranded DNA on structured cellulose surfaces. Owing to the versatility of both patterning approaches the methods can be further extended to other combinations of substrates and enzymes.</p>	
	ANG		
Objavljeno v		Wiley Interscience; Advanced functional materials; 2013; Vol. 23, iss. 3; str. 308-315; Impact Factor: 10.439; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.554; A": 1; A': 1; WoS: DY, EI, NS, PM, UB, UK; Avtorji / Authors: Kargl Rupert, Mohan Tamilselvan, Köstler Stefan, Spirk Stefan, Doliška Aleš, Stana-Kleinschek Karin, Ribitsch Volker	
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek	
5.	COBISS ID	16816150	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Vpliv magnetne obdelave vod na lastnosti tekstilije
		ANG	Influence of magnetic water treatment on fabrics' characteristics
	Opis	SLO	Raziskan je bil vpliv sistema permanentnih magnetov na lastnosti tekstilij v procesu pranja. Izvedeni so bili štiri nizi po 25 ciklov pranj standardnih belih bombažnih tekstilij. V prvem nizu so bile prane tekstilije v vodi brez pralnega sredstva, v drugem nizu je bilo pralni kopeli dodano pralno sredstvo IEC, v tretjem je bila uporabljena magnetno obdelana pralna voda, kateri je bilo v zadnjem nizu pranj dodano še pralno sredstvo IEC. Ugotovljeno je bilo, da magnetna obdelava pralne vode vpliva na izločanje vodnega kamna in pralni učinek, ki se odraža v dvigu stopnje beline prane bombažne tekstilije
		ANG	A system of permanent magnets, similar to those used for scale prevention during water processing, was tested as an alternative to induce some improvements during the textile laundering procedure. In this comparative study, four sets of 25 runs of standard laundering were performed on white cotton under repeatable conditions: a set washed only with tap water, then with added standard IEC detergent, a set with magnetically treated water without the detergent, and then a set in a combination of both. Samples were analyzed on texture morphology by scanning electron microscopy, mineral fouling by X-ray diffractometry, and fabric characteristics, as prescribed by the standard procedure for the laundering effects' evaluation, i.e. dimensional change, breaking-strength, incineration residue, and color characteristics. It was indicated that magnetic water treatment modified the detergency and the mineral fouling, resulting in increased whiteness of cotton. It also slightly increased the reduction in the breaking strength, but this was still inside

		the standard quality requirements.
Objavljeno v		Elsevier; Journal of cleaner production; 2013; Vol. 52; str. 374-379; Impact Factor: 3.590; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.143; A": 1; A': 1; WoS: IH, JA; Avtorji / Authors: Črepinšek-Lipuš Lucija, Ačko Bojan, Neral Branko
Tipologija	1.01	Izvirni znanstveni članek

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati programske skupine⁶

	Družbeno-ekonomski dosežek	
1.	COBISS ID	14514966
		Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Celulozna vlakna, funkcionalizirana s hitozanom: karakterizacija in uporaba
		ANG Cellulose fibres functionalised by chitosan
	Opis	SLO Protimikrobna aktivnost hitozana je posledica njegovih amino skupin, ki v razredčenih kislinah oblikujejo amonijeve soli. Manipulacija strategij vezave hitozana na celulozne površine, kot sta: 1) nepermanentna vezava, ki dovoljuje sproščanje bioaktivne substance z vlaknen in 2) permanentna vezava, ki omogoča obstojne protimikrobne učinke vlaknatih površin, določajo uporabnost takšnih površin/izdelkov. Uspešna permanentna vezava preko večjih količinaminskih skupin, zahteva določeno količino sidrskih mest na površini substrata, kar znižuje količino aktivnih prostihaminskih skupin in tako znižuje protimikrobni učinek površine. V smislu doseganja zadovoljivih učinkov je izredno pomembna optimizacija obstojnosti obdelave, mehanskih lastnosti materiala in število prostihaminskih skupin na površini materiala.
		ANG The antimicrobial activity of chitosan is assigned to its amino groups, which in diluted acids form ammonium salts. The manipulation of chitosan's binding strategies onto cellulose surfaces i.e.: (i) reversible binding – which enables the release of a bioactive substance from a fibre's surface and, (ii) irreversible binding resulting in the permanent bioactivity of a fibrous (textile) surface, determines the applicabilities of such surfaces. Successful permanent chitosan binding with a large number of accessible amino groups requires a certain amount of anchoring sites on the fibrous substrate. However, interactions with the anchoring groups lower the free amino groups' amount and as such decreases the surface antimicrobial activity of the treated fibres. In order to achieve satisfactory results, it is extremely important to balance between treatment resistance, materials' mechanical properties, and the number of free amino groups in/on the treated material.
	Šifra	B.06 Drugo
	Objavljeno v	Sciyo; Biopolymers; 2010; Str. [181]-200; A': 1; Avtorji / Authors: Strnad Simona, Šauperl Olivera, Fras Zemljič Lidija
	Tipologija	1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji
2.	COBISS ID	16975638
		Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Optični senzorji za obrambne namene na osnovi nanomaterialov
		ANG Nanomaterial-based optical sensors for defence applications
		Občutljivo in selektivno zaznavanje bojnih nevarnosti je zelo pomembno za vojaško kot tudi za državno varnost. Članek obravnava pregled uporabe optičnih kemijskih senzorjev, ki temeljijo na nanomaterialih, v obrambnih aplikacijah. Poudarek je na zaznavanju eksplozivov (EXP) in

	Opis	SLO	kemičnih bojnih strupov (CWA). Naveden je pregled principov, ki se uporabljajo v optičnih nano-senzorjih za zaznavanje EXP in CWA, in del, ki so bila objavljena v zadnjem času na to temo. Še vedno ni razvitega optičnega nano-senzorja, ki hkrati obeta hitrost, selektivnost in občutljivost.
		ANG	The sensitive and selective detection of warfare threats is very important for military as well as for homeland security. This article gives a brief overview on the use of optical chemical sensors and probes based on nanomaterials for defence applications. The emphasis is on the detection of explosives (EXPs) and chemical warfare agents (CWAs). The detection transduction schemes that are used in optical nanosensors for EXPs and CWAs are overviewed and recently published works are described. However, there is still not a single nano-based sensor that promises a combination of speed, selectivity and sensitivity.
	Šifra	B.06 Drugo	
	Objavljeno v	Studium Press LLC; Nanotechnology; 2013; Str. 55-92; Avtorji / Authors: Turel Matejka, Viltušnik Branka, Korent Urek Špela, Lobnik Aleksandra	
Tipologija	1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji		
3.	COBISS ID	14770966	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Voda v tekstilni industriji
		ANG	Water in the textile industry
	Opis	SLO	Tekstilna industrija z zelo raznoliko proizvodnjo velja za velikega porabnika vode in kemikalij. Okoljski problemi te industrijske panoge so v glavnem povezani z odpadno vodo. Glede na vse bolj naraščajočo krizo povezano z zalogami vodnih virov postaja področje čiščenja in ponovne uporabe vode velikega pomena tudi v tekstilni industriji. V poglavju so kritično predstavljene značilnosti tekstilnega sektorja, od vhodnih surovin do opisa posameznih tekstilnih procesov ter karakteristik nastalih odpadnih tokov. Predstavljene so možne tehnologije čiščenja tekstilnih odpadnih vod in možnosti njenega recikliranja.
		ANG	The textile industry is very diverse, heterogeneous, and characterized by high consumption of water, fuel, and chemicals. Environmental problems are mainly associated with wastewater. With regard to globalization and scarcity of water, wastewater treatment and recycling possibilities in the textile industry are of the highest importance. In this chapter, raw materials and processes used in textile industry are briefly discussed, with special attention given to characteristics of textile water supply and wastewater produced from different process steps. The general characteristics of textile wastewater and wastewater-treatment technologies are described and reuse possibilities are discussed.
	Šifra	B.06 Drugo	
	Objavljeno v	Elsevier Science; Treatise on water science; 2011; Vol. 4; str. 685-706; A': 1; Avtorji / Authors: Volmajer Valh Julija, Majcen Le Marechal Alenka, Vajnhandl Simona, Jerič Tina, Šimon Ernest	
	Tipologija	1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji	
4.	COBISS ID	17654038	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Polisaharidni napredni materiali
		ANG	Advanced materials from polysaccharides
			Polisaharidi se uporabljajo za pripravo naprednih materialov kot so funkcionalne medicinske obloge, biokompatibilni nanosi, funkcionalni nano delci in tanki sloji. Za razvoj večine od omenjenih materialov oz.

Opis	SLO	nanosov in modelnih struktur je poznavanje pojavov na mejnih površinah oz. karakterizacija površinskih lastnosti izjemnega pomena. Pomembno je razumevanje: omakanja, adsorpcije, adhezije, površinske morfologije, strukture itd. Modelni celulozni filmi/sloji se uporabljajo za študij in razumevanje pojavov na mejnih površinah. Zaradi njihove sestave in morfologije lahko za njihovo analizo uporabljamo sodobne površinske analize tehnike kot so QCM, XPS itd. Lahko se strukturirajo in služijo kot funkcionalni sloji uporabni kot biosenzorji za detekcijo DNA in proteinov. Biološka aktivnost različno nabitih polisaharidov lahko služi za sintezo različnih funkcionalnih nano delcev, kot so Ag nanodelci oplaščeni s polisaharidi, ki kažejo izvrstne protimikrobne in antikoagulativne lastnosti. Razvoj visokozmogljivih medicinskih oblog, ki so protimikrobne, super hidrofilne ter vsebujejo različne analgetike in anestetike, zahteva kombinacijo bazičnih in aplikativnih raziskav, ki vodijo do inovativnih materialov proizvedenih iz biopolimerov. Uvodno predavanje zajema prezentacijo raziskovalnih dosežkov na omenjenih področjih.	
	ANG	Owing to their abundance polysaccharides (PS) have a huge potential to be applied in advanced applications such as functional wound dressings and textiles, biocompatible coatings, patterned thin films or nanoparticles. For many of these functions surface properties and the interactions at the PS/material interface are crucial. By having a detailed understanding of wetting, adsorption, adhesion, surface morphology and internal structure, PS materials and coatings with desired properties can be created. Spin-coated thin films of polysaccharides are one platform that can be used to elucidate these surface phenomena. Besides their defined composition and morphology they can be characterized with, and employed in, modern surface analytical methods such as a quartz-crystal microbalance and X-ray photoelectron spectroscopy. These films can further be lithographically structured and serve as a basis for functional layers in optical sensors for the detection of DNA and proteins. The biological efficacy of many charged polysaccharides can also be exploited in the coating of metal (nano-) particles. This is demonstrated by the antimicrobial and anticoagulant properties of PS coated nano-silver. Highly functional wound dressings that are antimicrobial, super-absorbing and analgesic are another example where basic and applied know-how on PS materials are leading to innovative products. In this presentation an overview on the current achievements in these fields of research will be given.	
Šifra	B.04 Vabljeno predavanje		
Objavljeno v	Asian Polymer Association (A.P.A); APA International Conference on Polymers : Vision & Innovations, APA-2014, February 19-21, 2014, New Delhi, India; 2014; Str. [1]; Avtorji / Authors: Stana-Kleinschek Karin, Mohan Tamilselvan, Spirk Stefan, Maver Tina, Maver Uroš, Peršin Zdenka, Ribitsch Volker, Kargl Rupert		
Tipologija	1.10 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci (vabljeno predavanje)		
5.	COBISS ID	16655382	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Protimikrobni celulozni material in postopek njegove izdelave	
	ANG	Antimicrobial cellulose material and process of its production	
		Predmet patenta je razvoj nove metode za izdelavo protimikrobnih materialov iz naravnih in umetnih celulozних vlaken z in situ sintezo srebrovih nano delcev na površini in v notranjosti vlaknatih substratov. Prvo fazo postopka predstavlja alkalna obdelava vlaken, ki povzroči njihovo nabrekanje ter posledično formacijo delcev tako na površini kot v notranjosti vlaken. Alkalna obdelovalna kopel je tudi vir dodatnih reducirajočih hidroksilnih ionov v notranjosti vlaken, ki so potrebni za	

Opis	SLO	sintezo nano delcev srebra. V drugi fazi postopka poteče impregnacija nabreklih vlaken v raztopini srebrovega prekursorja; v tretji, zadnji fazi, pa nevtralizacija, izpiranje in sušenje obdelanega vlaknatega materiala. Vlakna, oplašena s srebrovimi delci na opisan način, izkazujejo izvrstne antimikrobne lastnosti tudi po več pralnih ciklih. Opisana metoda izboljša tudi omakanje oplaščenih vlaken. Formirani delci enakomerno pokrivajo površino vlaken, brez nastalih aglomeratov. Postopek je zaradi preproste in cenovno ugodne izvedbe ter okoljske sprejemljivosti primeren za industrijsko proizvodnjo in ga je mogoče integrirati v že obstoječe predelovalne postopke celuloznih materialov.
	ANG	Subject of the invention is a method for fabrication of antimicrobial materials from natural and synthetic cellulose materials via in situ synthesis of silver nano-particles on the surface and in the interior of fibrous substrates. First phase in the process is treatment of the fibrous substrate in an alkaline solution, which has several effects in the procedure. Alkaline treatment causes swelling of the cellulose substrate, resulting in particle formation not only on the surface but in the interior of material, as well. Alkali solution also act as a source of additional reducing hydroxyl groups in the fibres interior, needed for the synthesis of silver nano-particles. Second phase of the procedure is impregnation of swollen cellulose substrate in the silver precursor solution. In the final, third phase of the production procedure, neutralization, rinsing and drying of treated material are carried out. Ag-coated cellulose fibrous material, prepared with the described procedure, has excellent antimicrobial properties even after several washing cycles. Treatment also results in an increased wetting ability of Ag-coated cellulose substrates. Synthesized particles are uniformly and discreetly placed on the surface of fibres. Due to the procedure being non-complicated, inexpensive and environmentally-acceptable, it is suitable for mass industrial production and straight-forward integration in already existing set-ups for processing of cellulose materials.
Šifra	F.06 Razvoj novega izdelka	
Objavljeno v	Europäisches Patentamt = European Patent Office = Office européen des brevets; 2013; [23] str.; Avtorji / Authors: Pivec Tanja, Hribernik Silvo, Ribitsch Volker, Stana-Kleinschek Karin	
Tipologija	2.23 Patentna prijava	

8. Drugi pomembni rezultati programske skupine⁷

--

9. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO	Nova dognanja o obdelavi in lastnostih tekstilnih površin na nano in mikro nivoju so prispevala k obogatitvi fundamentalnih (korelacija med reaktivnostjo, strukturo in površinskimi lastnostmi) in aplikativnih (nove fizikalno kemijske metode, novi materiali ali procesi) znanj s tega področja ter k razvoju multifunkcionalnih inteligentnih tekstilnih materialov in ustreznih tehnologij oziroma k razvoju novih, ekološko neoporečnih tehnologij v procesu plemenitenja (zamenjava okolju nevarnih kemikalij in tekstilnih materialov, recikliranje odpadnih kopeli, vod in materialov, substitucija oporečnih tehnologij z novimi kot so plazma, ultrazvok, encimi, digitalni tisk, UV utrjevanje, ...). Na področju karakterizacije lastnosti tekstilnih površin smo uvedli nove, hitre in do sedaj še neuporabljene metode na tem področju, npr.: titracijske metode, elektrokinetične metode, tenziometrija.
-----	---

- Prispevali smo k razvoju modelnih polimernih filmov, ki služijo za študij interakcij na mejnih površinah
- Prispevali smo k razvoju področja sol-gel nanosov na tekstilne materiale (tehnične tekstilije) za specifično uporabo (industrijski filtri).
- Prispevali smo k razvoju področja encimsko kataliziranih procesov pri pripravi inkapsuliranih sistemov (kapsul in gelov) ter pri plemenitenju tekstilnih materialov za specifične uporabe.
- Prispevali smo k razvoju najprimernejših metod razbarvanja za posamezne skupine barvil in tako bomo lahko predlagali substitucije oporečnih barvil z manj oporečnimi.
- Prispevali smo k razvoju najprimernejših metod za čiščenje in recikliranje industrijskih odpadnih vod (uporaba matematičnih metod modeliranja).
- Prispevali smo k proučitvi posameznih nosilcev biomase na sposobnost čiščenja tekstilnih odpadnih vod.
- Prispevali smo h kakovosti higiene in ekologije odpadnih vod v pralnicah.
- Prispevali smo k širjenju znanja s področja nanomaterialov, saj bomo s pomočjo različnih površinskih tehnologij razvijali tudi nove nanomateriale, ki izboljšujejo senzorske lastnosti in omogočajo lažjo miniaturizacijo senzorskih sistemov.
- Prispevali smo k razvoju postopkov in tehnologije mikrovalovnega in UV utrjevanja ter njihovi integraciji v proces digitalnega tiskanja tekstilij, s čimer bomo prispevali k znižani porabi energije in obremenitvi okolja.
- Vsebina programa se v celoti ujema z osnovnimi cilji Evropskega strateškega razvojnega programa (SRA - Strategic Research Agenda) Tekstilne platforme in Platforme za vode kakor tudi s slovenskimi strateškimi dokumenti (<http://www.irspin.si/?page=tppl&lang=sl>).

ANG

New findings about the treatments and properties of textile surfaces on nano and micro levels contribute to the enrichments of fundamental (correlation between med reactivity, structure and surface properties) and applicative (new physical, chemical methods, new materials and processes) knowledge from this area; and to the development of multifunctional intelligent textile materials and adequate technologies in textile finishing, the technologies which are new and eco-friendly (use of environmentally friendly reagents and textile materials instead of old and non eco friendly ones, recycling of waste waters and materials, substitution of non eco friendly technologies with new technologies, such as plasma, ultrasound, enzymes, digital print, UV curing, ...). In the area of surface properties characterization we introduced new, and advanced methods which have until now never been used in the area of textile, such as atomic force microscopy, titration methods, electrochemical methods, tenziometry.

- We contributed to the knowledge and development of polymeric model films, for the interaction studies at interfaces
- We contributed to the knowledge and development of sol-gel coatings on textile materiale (technical textiles) for specific application (industrial filters)
- We contributed to the development suitable methods for decolouration of various groups of dyestuffs and the substitution of eco-non friendly with eco friendly dyestuff will be suggested.
- We contributed to the development of suitable methods for purification and recycling of industrial waste waters (use of mathematical modeling)
- We contributed to the examination of individual biomass support for textile wastewater treatment.
- We contributed to the control of higiene and ecology avareness in lounderies.
- We disseminated knowledge about nanomaterials, because we will develop new sol-gel technologies which enhance sensor properties and enable the miniaturization of sensor systems.
- -We contributed to the development of the procedures and technologies of microwave and UV-curing of digitally printed textiles
- The programme content is in complete accordance with basic goals of European Strategic Research Agenda (SRA) of Textile platform and Water platform as well as with all strategic Slovene documents (<http://www.irspin.si/?page=tppl&lang=sl>).

9.2.Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Prispevali smo k obogatitvi slovenske znanosti na področju znanj o tekstilnih površinah, o

novih multifunkcionalnih tekstilijah in novih inovativnih tehnologijah. Z novimi znanji smo prispevali k osveščanju javnosti o novih ekološko primernejših procesih in materialih ter tako prispevali k trajnostnemu razvoju. Organizirali smo srečanja, kongrese, delavnice in druge oblike osveščanja in prenašanja znanja v gospodarsko sfero. Teoretična spoznanja so omogočila reševanje problemov v tekstilnih podjetjih in njihovo osveščanje o sodobnejših, ekološko primernejših tehnologijah in materialih. Nova znanja, izkušnje in veščine s področja ekološko neoporečnih visokozmogljivih multifunkcionalnih in inovativnih tekstilnih materialih in ustreznih novih in inovativnih tehnologijah smo prenašali na podjetja s pomočjo skupnih projektov (domačih in evropskih), funkcionalnega izobraževanja, industrijskih seminarjev, skupnih diplom in tako posredno vplivali na tehnološki razvoj in preusmeritev proizvodnje ter dvig konkurenčnosti slovenske tekstilne industrije (proizvodnja visokotehnoloških produktov z višjo dodano vrednostjo). Vse te aktivnosti lahko v veliki meri prispevajo k preusmeritvi slovenskih, malih in srednjih podjetij na proizvode z višjo dodano vrednostjo in tako k dvigu konkurenčnosti slovenske tekstilne industrije oziroma k zmanjšanju tehnološkega zaostanka, k trajnostnemu razvoju, varovanju okolja in zdravja ter posledično k dvigu kvalitete življenja. Naše raziskovalno delo je vplivalo na razvoj dodiplomskega in podiplomskega izobraževanja, torej na razvoj visokošolskega procesa.

ANG

We contributed to the enrichment of slovenien science in the area of textile technologies with the emphasises on textile surfaces, multifunctional textile materials and on new, advanced inovative technologies. With new knowledges we will contribute to the public awereness about new environmentally friendly processes and materials. With the organisation of various meetings, workshops and conferences wecontributed to the sustainable development and we will disseminate our knowledge to the economical spheres of activities.

Theoretical cognitions enabled to solve problems in textile companies, at the same time theoretical knowledge will help to inform people from industries about ecologically acceptable technologies and materials.

New knowledges, experience and skills in the field of ecological high-performance multifunctional and inovative textile materials and appropriate new and inovative technologies were transfered to industry by common research projects (national and European projects), functional education/training, industrial workshops and common diploma works. In this way we indirectly influence the technological development, the redirection of production and the increase of competitive position of Slovene textile industry (production of high-technology products of high added value).

All these activities significantly contributed to the orientation of Slovene small and medium enterprises to the production of high added value products and thereby to the increase of the Slovene textile industry competitive position and to the decrease of the technological arrears, respectively. The activities contributed to the continuous development, environment and health protection, and consequently to the better life quality. Our research work influence the progress of pre-diploma and post-diploma education, thus it influence the higher education process.

10. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov v obdobju 1.1.2009-31.12.2014¹¹

10.1. Diplome¹²

vrsta usposabljanja	število diplom
bolonjski program - I. stopnja	21
bolonjski program - II. stopnja	15
univerzitetni (stari) program	35

10.2. Magisterij znanosti in doktorat znanosti¹³

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	MR	
19099	Mojca Poberžnik	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	

30138	Maja Bauman	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
25759	Darja Jaušovec	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
27558	Silvo Hribernik	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
25790	Mojca Božič	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
27560	Špela Korent Urek	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
29581	Brigita Altenbaher	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
25796	Nika Veronovski	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
24332	Manja Kurečič	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
33601	Tijana Ristić	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
27680	Nina Novak	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
17577	Aleš Doliška	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
33769	Heike Ehmann	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
33768	Tamilselvan Mohan	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Martin Kulterer	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Gerald Findenig	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Doris Breitweiser	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
32136	Selestina Gorgieva	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
0	Barbara Jeznik	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
28941	Ramona Irgolič	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Valentina Jelen	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Meško Ksaver	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
29811	Vera Vivod	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Maja Zupanc	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
27714	Petra Kralj Marhold	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
32880	Polonca Lesjak	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	

Legenda:

Mag. - Znanstveni magisterij

Dr. - Doktorat znanosti

MR - mladi raziskovalec

11. Pretok mladih raziskovalcev – zaposlitev po zaključenem usposabljanju¹⁴

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	Zaposlitev
17577	Aleš Doliška	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo
33601	Tijana Ristić	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo
19099	Mojca Poberžnik	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi
25759	Darja Jaušovec	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo
27558	Silvo Hribernik	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	D - Javni zavod
25790	Mojca Božič	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	D - Javni zavod
27560	Špela Korent Urek	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi
29581	Brigita Altenbaher	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo
25796	Nika Veronovski	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo

24332	Manja Kurečič	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	D - Javni zavod	
27680	Nina Novak	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi	

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	
0	Witold Stanislaw Musial	D - podoktorand	12	
0	Luizildo Pitol Filho	D - podoktorand	10	
0	Xavier Turon Casalprim	D - podoktorand	11	
0	Diana Elena Ciolacu	D - podoktorand	11	
0	Tivadar Feczko	D - podoktorand	5	
0	Adel Muskotal	D - podoktorand	4	
0	Vasile Simulesco	D - podoktorand	6	
33768	Tamilselvan Mohan	C - študent – doktorand	36	
0	Taha Genko	C - študent – doktorand	12	
33769	Heike Ehmman	C - študent – doktorand	36	
0	Cintia Salomao Pinto Za	C - študent – doktorand	3	
36303	Rupert Kargl	D - podoktorand	12	
0	Didem Soyrac	C - študent – doktorand	3	
34741	Stefan Spirk	D - podoktorand	16	

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 1.1.2009-31.12.2014¹⁵

SLO

<p>FP7</p> <ul style="list-style-type: none"> • <ol style="list-style-type: none"> 1. Extended shelf-life biopolymers for sustainable and multifunctional food packaging solutions – NanoBarrier (Ga.N.280759; V. Kokol. 2. Functional membranes/filters with anti/low-fouling surfaces for water purification through selective adsorption on biobased nanocrystals and fibrils – NanoSelect (Ga.N. 280519); V. Kokol.

3. Expanding EPNOE leadership towards Food and Health related materials, and oncreasing industrial participation - EPNOE CSA (Ga.N.290486); K. Stana Kleinschek.
4. Strengthening the Romanian research capacity in Multifunctional Polymeric Materials – STREAM (Ga.N.264115); K. Stana Kleinschek.
5. Micro- and Nanostructured Polysaccharide Interfaces - Poly Inter Faces (Ga.N. 331600); K. Stana Kleinschek.
6. Improved LCO2 cleaning for pliable (textile and leathers) and hard surfaces (medical devices, implants and fine metal parts) – Accept (Ga. N. 222051); S. Šostar Turk.
7. Sustainable Water Use in Chemical, Food, Paper and Textiles Industry, Fit-for-Use – Aquifit4use (Ga.N. 211534); A. Majcen Le Marechal.
8. Surface functionalization of cellulose matrices using coatings of functionalised polysaccharides with embedded nanoparticles – Surfucell (Ga.N. 214653); K. Stana Kleinschek.
9. Shaping and Transformation in the Engineering of Polysaccharides – Step (Ga.N. 214015); K. Stana Kleinschek.

FP6

1. Development of smart polymer surfaces; Polysurf; (MTKD-CT-2005-029540); V. Kokol.
2. Polysaccharides; Network of Excellence "Polysaccharides"; EPNOE (NMP3-CT-2005-500375); K. Stana Kleinschek.

ERASMUS MUNDUS EUPHRATES

1. EU promotion of health through research, applied technology, education and science in India (Erasmus Mundus (EMA2)-2013-2540/001-001-EM-EUPHRATES); V. Kokol.

14. Vključenost v projekte za uporabnike, ki so v obdobju trajanja raziskovalnega programa (1.1.2009–31.12.2014) potekali izven financiranja ARRS¹⁶

SLO

MNT ERA- NET

1. Nano-PolySaccharide containing Scaffolds with Controlled porosity and degradability; nPOSSCOG (3211-12-000022); V. Kokol.
2. Smart wound dressing with integrated optical pH sensors for better healing of infected wounds; WoundSens (3211-12-000023); K. Stana Kleinschek.
3. MATERA PLUS; Targeting of material's antimicrobial activity by newly engineered peptides; Antimicrob peptides (3211-10-000369); V. Kokol.
4. Targeting antimicrobial activity via micro/nano-structured surfaces for civil application; Tabana (3211-10-000458); V. Kokol.
5. Vascular Graft Interfaces; Vagrint (3211-07-000024); K. Stana Kleinschek.
6. Nanostructured functional and active textiles for well-being; Nanowell (3211-08-000026); V. Kokol.

COST

1. European Network on Smart Inorganic Polymers –SIPs; (COST Action CM1302); K. Stana Kleinschek.
2. Sustainable flame retardancy for textiles and related materials based on nanoparticles substituting conventional chemicals - Flaretex (MP1105); B. Vončina.

3. Molecular structure-performance relationships at the surface of functional materials (3311-07-837002); K. Stana Kleinschek.
4. High-Energy Micro-Environments Applications in Textiles (D32/001/05); A. Majcen Le Marechal.

EUREKA

1. Nano-functionalised tampons for gynaecological use: Nanofuntampons (E!5852); L. Fras Zemljič.
2. Sustainable Materials and Products from Poultry Feather Wastes; FeVal (E!5851); S. Strnad.
3. Development of bioactive packaging; Biopacking (E!4952); L. Fras Zemljič.
4. Advanced technologies in landfill leachate management – Leachate TECH (E!4206); A. Lobnik.
5. Combination of constructed Wetland and upgraded AOP reactor for the wastewater treatment in textile finishing industr - TT4TXT (E!4477); A. Majcen Le Marechal.
6. Biodegradation of polymeric substrates; Biopols (E!3654); V. Kokol.

Druge oblika aplikativnega raziskovalnega dela:

- Površinska karakterizacija viskoznih vlaken; Kelheim Fibres GmbH, Nemčija, Karin Stana Kleinschek
- Površinska karakterizacija regeneriranih vlaken, Lenzing AG, Avstrija, Karin Stana Kleinschek
- Energija iz odpadkov-EIO (RIP 09/43/44); Priprava prototipa fluorescentnega visoko temperaturnega senzorja, ki je v fazi patentiranja. Program je delno financiran s strani EU-Evropskega regionalnega razvoja in Slovenske tehnološke agencije; A. Lobnik
- Sodelovanje pri kreiranju barv in predpisov refleksijskih vrednosti za barve kamuflažnih materialov; Ministrstvo za obrambo; D. Fakin
- Določanje barvnih vrednosti sukancev; Ministrstvo za notranje zadeve; D. Fakin
- Sodelovanje pri določanju barvnih vrednosti za potrebe tekoče proizvodnje; Albin Promotion d.o.o.; D. Fakin
- P-214/12-IIMO-2040, Raziskovalno sodelovanje na področju učinkovite rabe energije, Gorenje d.d., B. Neral
- NATO – Sfp 984398; Removal of heavy metals and radionuclides from water using ceramic and polymer membranes, Aleksandra Lobnik
- Karakterizacija površinskih lastnosti modelnih filmov pripravljenih iz papirne celuloze; Mondi, Avstrija, K. Stana Kleinschek; S. Hribernik
- Karakterizacija poroznih materialov, Swaty; Karin Stana Kleinschek,
- Analiza površinskih lastnosti visoko funkcionalnih prej za uporabo v medicinske namene, Predilnica Litija; K. Stana Kleinschek, M. Kurečič
- Delovna obleka in službena oblačila, Tehnična specifikacija za Pošto Slovenije d.o.o. Maribor; O. Šauperl
- Oblačila za osebje ljubljanskih parkirišč in tržnice, Tehnična specifikacija za LPT d.o.o. Ljubljana; O. Šauperl
- Osebna varovalna oprema, Tehnična specifikacija za Ljubljanski potniški promet d.o.o Ljubljana; O. Šauperl

15. Ocena tehnološke zrelosti rezultatov raziskovalnega programa in možnosti za njihovo implementacijo v praksi (točka ni namenjena raziskovalnim programom s področij humanističnih ved)⁴⁷

SLO

Za tehnološki razvoj in njihovo implementacijo v prakso so primerni predvsem tisti rezultati raziskav, ki se navezujejo na patentne prijave, ki so opisane v točki 10.2. Izpostavljam naslednje tehnološke rezultate, ki so v fazi prenosa v prakso:

- Razvite so bile protimikrobne medicinske tekstilije, izdelane iz viskozne vlaknine, ki je modificirana s hitozanom in hitozanskimi nanodelci. Njihova uporabnost je

predvsem na ginekološkem področju, kjer služi v preventivne ali kurativne namene, brez neželenih stranskih učinkov za uporabnika. Tosama d.o.o. je že izvedla prve demonstracijske poskuse izdelave tovrstnih tamponov.

- Razvili smo združen postopek barvanja in nanosa TiO₂ nano disperziji, s katerim dosežemo enakomerno obarvanje in dobre barvne obstojnosti. Barva obarvane tekstilije je nekoliko spremenjena v primerjavi z barvano brez TiO₂, vendar so vrednosti v tolerančnih mejah DE* 1,5, kar je v procesu mogoče optimirati in postopek uporabiti v praksi.
- Rezultate raziskav in optimiranja pogojev pranja sintetičnih in bombažnih tekstilij smo prenesli v razvoj gospodinjskih pralnih strojev podjetja Gorenje d.d. Znanje, pridobljeno iz raziskave, omogoča podjetju ohranjanje konkurenčnosti ter prispeva k varovanju okolja (energijska nalepka, krajši čas in nižja temperatura pranja, visok učinek nege).
- Rezultati raziskav na področju čiščenja odpadnih vod na pilotnem nivoju v tekstilnih tovarnah Svilanit in Tekstina kažejo, da je možno uporabljene tehnologije implementirati v praksi za ponovno uporabo odpadne vode v plemenitilnih procesih.
- Raziskave na področju priprave optičnih nanomaterialov za senzorske aplikacije predstavljajo temelj za izdelavo senzorskih membran, ki so osnova naprednih optičnih in visokotemperaturnih fluorescentnih senzorskih sistemov. Ti kažejo visok tržni potencial zlasti na področju monitoringa okolja, kontrole procesov onesnaževanja, analize kvalitete hrane, obrambe in zaščite ter klinične kemije.
- Preliminarne raziskave na področju kontrolirane sinteze in površinske modifikacije magnetnih nanodelcev za odstranjevanje ionov težkih kovin iz odpadnih voda, predstavljajo dodano vrednost v razvoju novih adsorpcijskih materialov in možnost izdelave tržnih produktov, ki so pomembni predvsem z vidika zaščite okolja pred onesnaženjem s težkimi kovinami in oljnimi razlitji.

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	500.000 EUR
ocena potrebne infrastrukture in opreme ¹⁸	Implementacija pilotnih naprav za membranske in AOP tehnologije z ustreznimi priključki (el. tok, voda, regulacije) ter kontrolno in računalniško opremo, pH meter, konduktometer, spektrofotometer, hitri testi za določanje ionov, laboratorijski inventar, specifične kemikalije, črpalke, rezervoarji, hladilna komora, posode za hrambo vzorcev, transportni voziček

17. Izjemni dosežek v letu 2014¹⁹

17.1. Izjemni znanstveni dosežek

Razviti sta litografski tehniki strukturiranja modelnih biopolimerov. Prva temelji na mikrostrukturiranju filmov s pomočjo elastomerne maske in encimov. Druga na strukturalni regeneraciji TMSC. Modelni filmi so zaščiteni s kovinsko masko in izpostavljeni hlapom klorovodikove kisline. V, na tak način strukturiranimi površinami, so hidrofilni deli celuloze, obkroženi s hidrofobnimi deli TMSC z različnimi fizikalno kemijskimi lastnostmi. Razviti metodi omogočata mikrostrukturiranje nano slojev biopolimerov, ki se lahko v naslednji fazi funkcionalizirajo in uporabijo kot bio senzorji.

KARGL, Rupert. Funkcionalno strukturiranje tankih biopolimernih filmov z encimi in litografskimi metodami : predstavitev znanstvenih dosežkov s področja tehnike pod okriljem akcije Odlični v znanosti v sklopu 9. slovenskega foruma inovacij, 13. 11. 2014, Ljubljana. 2014. [COBISS.SI-ID 18254614] ; http://videlectures.net/odlicnivznanosti2013_kargl_strukturiranje/.

17.2. Izjemni družbenoekonomski dosežek

Uspešna prijava prve faze: Renewable materials and healthy environments research and innovation centre of excellence (InnoRenew CoE) CoE: Teaming projekt Obzorja 2020; H2020WIDESPREAD20141FPA664331
Kordinator: Univerza na Primorskem,
Člani konzorcija: Univerza v Mariboru, člani P20118, in drugi SI partnerji,
Tuje organizacije: FRAUNHOFERGESELLSCHAFT ZUR FOERDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V

Zaključen raziskovalni program 2009-2014, na katerem so raziskovalci FS Maribor, sodelovali kot pridružena RO:

Številka raziskovalnega programa:	P1-00112
Trajanje raziskovalnega programa:	1.1.2009 do 31.12.2014
Vodja raziskovalnega programa:	prof.dr. Matjaž Žitnik
Vodja raziskovalnega programa na FS	prof.dr. Jana Padežnik Gomilšek
Naslov raziskovalnega programa:	RAZISKAVE ATOMOV, MOLEKUL IN STRUKTUR S FOTONI IN DELCI

**LETNA POROČILA O REZULTATIH RAZISKOVALNIH
PROJEKTOV V LETU 2014**

LETNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA V LETU 2014

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	L2-5486	
Naslov projekta	Biomedicinske zlitine s spominskim učinkom	
Vodja projekta	14335 Rebeka Rudolf	
Tip projekta	L Aplikativni projekt	
Obseg raziskovalnih ur	v letu 2014: 2797	
Cenovni razred		
Trajanje projekta	08.2013 - 07.2016	
Nosilna raziskovalna organizacija	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo	
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	206	Inštitut za kovinske materiale in tehnologije
	805	MAGNETI LJUBLJANA, Podjetje za proizvodnjo magnetnih materialov, d.d.
	1555	Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta
	1716	ZLATARNA CELJE družba za proizvodnjo in promet s plemenitimi kovinami d.d.
	2946	Pomurska akademska znanstvena unija
	3063	TERNIK PRIMOZ - zasebni raziskovalec
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2	TEHNIKA
	2.10	Proizvodne tehnologije in sistemi
	2.10.02	Izdelovalna tehnologija
Družbeno-ekonomski cilj	13.02	Tehnološke vede - RiR financiran iz drugih virov (ne iz SUF)
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	2	Tehniške in tehnološke vede
	2.03	Mehanika

2. Sofinancerji¹

	Sofinancer	
1.	Naziv	Magneti Ljubljana d.d.
	Naslov	Stegne 37, 1000 Ljubljana

Vrednost sofinanciranja projekta v letu 2014 je znašala:		16.090	EUR
Odstotek od utemeljenih stroškov projekta v letu 2014:		12	%
Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja			Šifra
1.	FERČEC J, KOS M, BRUNČKO M, ANŽEL I, GLIŠIĆ B, MARKOVIĆ E, RUDOLF R. Comparison of NiTi orthodontic archwires and a determination of the characteristic properties MiT, ISSN 1580-2949. jan.-feb. 2014.		A.01
2.	KOS M, FERČEC J, BRUNČKO M, RUDOLF R, ANŽEL I. Pressing of partially oxide-dispersion-strengthened Copper using the ECAP process. MiT, ISSN 1580-2949, 2014, let. 48, št. 3, str. 379-384.		A.01
3.	BRUNČKO M, KIRBIŠ P, RUDOLF R, KOS M, ANŽEL I. Low-pressure vacuum carburizing of NiTi shape memory alloys. V: Der 14. Internationalen Metallographie-Tagung, Leoben, 17.-19.9.2014.		B.03
4.	4. MEHARABI, K., KNEISSL, Albert C., BRUNČKO, Mihael. Influence of tensile training conditions on shape-memory properties of NiTi-based ribbons. Met. mic. and analysis., let. 3, št. 4, str. 298-309		A.01
5.			
Komentar	<p>Sodelovanje podjetja Magneti Ljubljana d.d. v okviru raziskovalnega projekta "Biomedicinske zlitine s spominskim efektom" in rezultati do sedaj opravljenih raziskav so za sofinancerja zelo pomembni zaradi: (i) osvojitve novih aplikativnih in temeljnih znanj na področju sinteze biomedicinskih zlitin, (ii) uvajanja novih produktov z visoko dodano vrednostjo in (iii) pridobitve intelektualne lastnine.</p> <p>V letu 2014 so v okviru projekta potekale raziskave v smeri razvoja priprave zlitin iz sistema Ni-Ti v vakuumski indukcijski peči. Tako pripravljene zlitine predstavljajo osnovo za nadaljnji postopek kontinuirnega litja spominskih zlitin. Pri pripravi zlitin iz sistema Ni-Ti se je potrebno v industrijskem okolju spopasti z naslednjo problematiko: (i) velike reaktivnost titana ter (ii) velike občutljivosti funkcionalnih lastnosti spominskih zlitin v odvisnosti od sestave zlitine (dovoljena so minimalna odstopanja ($\pm 0,05\%$)).</p> <p>Za rešitev opisanih problemov smo se v podjetju osredotočili na študij vpliva naslednjih dejavnikov in parametrov na potek priprave Ni-Ti zlitin v industrijski vakuumski peči:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.) Ustrezno zasnova frekvenčnega regulatorja peči, ki omogoča spreminjanja frekvence v razponu od (1000 do 10000 Hz). Nizke frekvence so namenjene doseganju dobrega mešanja taline, ki je potrebna za dosegu ustrezne homogenosti zlitine. Visoke frekvence pa omogočajo stabilizacijo taline ter izločanje nečistoč v žlindro. 2.) Izbira materiala livnega lonca (korund, grafit, tongrafit,...) 3.) Izbira zaščitnih premazov livnih loncev (Al₂O₃, BN, Y₂O₃, ...) 4.) Študij konstrukcije kokile (oblika, izbor materialov, zaščitnih premazov, ...) 5.) Izbira ustrezne zaščitne atmosfere (vrsta zaščitnega plina (N₂, Ar, ...), čistost (4.6, 5.0) in parcialnega tlaka) 6.) Študij vpliva stopnje vakuuma (10⁻¹ do 10⁻⁴ mbar) 7.) Izbira ustrezne temperature pretaljevanja in litja ter predgretja kokile. 		
	Sodelovanje na raziskovalnem projektu z Inštitutom za tehnologijo materialov s Fakultete za strojništvo iz Maribora temelji na potrebi		

	Ocena	<p>razširitve temeljnih in aplikativnih znanj na področju biomedicinskih zlitin. Z razvojem novih zlitin (produktov) in tehnologij bi se prodajni program podjetja razširil na segment produktov z visoko dodano vrednostjo, kar bi podjetju odprlo nove prodajne možnosti na zahtevnem svetovnem tržišču.</p> <p>Podjetje Magneti Ljubljana d.d. je že vrsto let izdeluje in trži dentalne zlitine (CoCr) za izdelavo konstrukcij totalnih protez. Menimo in ugotavljamo, da sodelovanje podjetja v okviru raziskovalnega projekta pozitivno vpliva na kompetence in ugled podjetja v luči strateških kupcev v segmentu trga biomedicinskih zlitin. Z razvojem novih spominskih zlitin iz sistema NiTi, pa se bodo rezultati tega sodelovanja tudi v prihodnosti odrazili v realizaciji višjega prometa, dobička ter generiranju novih delovnih mest.</p>	
2.	Naziv	Zlatarna Celje d.d.	
	Naslov	Kersnikova ulica 19, 3000 Celje	
	Vrednost sofinanciranja projekta v letu 2014 je znašala:	12.734	EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta v letu 2014:	10	%
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		Šifra
	1.	FERČEC J, RUDOLF R. Nickel-titanium alloy for orthodontic arch-wire: Manufacture, functional properties and biocompatibility. Livarski vestnik, ISSN 0024-5135, 2014, letn. 61, št. 3, str. 110-133.	A.01
	2.	FERČEC J, KOS M, BRUNČKO M, ANŽEL I, GLIŠIČ B, MARKOVIČ E, RUDOLF R. Comparison of NiTi orthodontic archwires and a determination of the characteristic properties of NiTi, ISSN 1580-2949. jan.-feb. 2014.	A.01
	3.	BRUNČKO M, KIRBIŠ P, RUDOLF R, KOS M, ANŽEL I. Low-pressure vacuum carburizing of NiTi shape memory alloys. V: Der 14. Internationalen Metallographie-Tagung, Leoben, 17.-19.9.2014	B.03
	4.	KOS M, FERČEC J, BRUNČKO M, RUDOLF R, ANŽEL I. Pressing of partially oxide-dispersion-strengthened Copper using the ECAP process. MiT, ISSN 1580-2949, 2014, let. 48, št. 3, str. 379-384.	A.01
	5.	RUDOLF R, TOMIČ S, ANŽEL I, ZUPANČIČ T, ČOLIČ M. Microstructure and biocompatibility of gold-lanthanum strips. Gold bulletin, ISSN 2190-7579. 2014, vol. 47, iss. 4, str. 263-273.	A.01
	Komentar	<p>Zlatarna Celje d.d. kot sofinancer aplikativnega projekta "Biomedicinske zlitine z oblikovnim spominom" izjavlja, da je raziskovalno delo v letu 2014 potekalo skladno s programom. Razvili smo inovativno in situ merjenje fazne transformacije iz avstenita v martenzit z merjenjem električnega upora pri zlitinah NiTi. Začetek fazne transformacije pri različnih obremenitvah se kaže na krivulji električne upornosti v delu, ko naklon začne padati in je linearno odvisen od deformacije. Krivulja električne upornosti ima večji naklon pri večjih spremembah deformacije. Analiza mikrostrukture plastično deformirane žice je odkrila prisotnost strižnih pasov, ki so se najverjetneje stabilizirali na napetostno povzročenih martenzitnih lamelah. Uklonski žarki na teh lamelah kažejo, da je kristalna struktura avstenitna (TCK) kot v nedeformiranem stanju. Uklonski žarki v tem</p>	

		primeru nimajo oblike pravih krogov, ampak so razpotegnjeni, kar nakazuje, da se martenzitne lamele prekrivajo. Lamele imajo različno debelino in velikost odvisno od obremenitve. Pri plastični deformaciji žice se sproži mehanizem drsenja dislokacij. Ugotovitve so, da je kompleksna deformacija s kombinacijo torzije in upogiba povzročila večje nakopičenje dislokacij in s tem gostejšo porazdelitev martenzitnih lamel po mikrostrukturi. S tem smo potrdili hipotezo, da nastane v ortodontski žici kompleksna mikrostruktura zaradi obremenitev.	
	Ocena	Ocena realizacije projekta je pozitivna in skladna s pričakovanji. Na osnovi pridobljenega znanja smo v podjetju pristopili k strateškemu razvoju, ki se tiče uvajanja spominskih zlitin tudi na programu Industrija Zlatarne Celje.	
3.	Naziv	Primož Ternik zasebni raziskovalec	
	Naslov	Bresterniška ulica 163 2354 Bresternica	
	Vrednost sofinanciranja projekta v letu 2014 je znašala:	4.500	EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta v letu 2014:	4	%
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		Šifra
	1.	Nove informacije in praktična znanja na aplikativnem področju hitrih strjevalnih postopkov (predvsem kontinuirnega litja) NiTi zlitin s spominskim učinkom	F.01
	2.	Nova teoretična znanja na področju numeričnega modeliranja hitrih strjevalnih postopkov	F.03
	3.	Kemijska sestava in temperaturno odvisne termofizikalne lastnosti NiTi spominskih zlitin	F.02
	4.		
	5.		
	Komentar	Primož Ternik kot sofinancer aplikativnega projekta L2-5486: "Biomedicinske zlitine z oblikovnim spominom" izjavljam, da je delo na projektu v letu 2014 potekalo skladno s predvidenim programom. Delo je bilo usmerjeno na analizo tokovnih in temperaturnih razmer pri hitrem strjevanju NiTi spominskih zlitin. Za te namene smo izvedli numerično analizo strjevanja upoštevajoč temperaturno odvisne termofizikalne lastnosti NiTi zlitine.	
	Ocena	Ocena realizacije projekta je pozitivna. Teoretični in aplikativni rezultati, predstavljeni in objavljeni v znanstvenih simpozijih, nakazujejo zanimanje industrijskih partnerjev za prenos tovrstnega znanja in metod na industrijski nivo. Na osnovi pridobljenih znanj in opravljenega dela celotne projektne skupine smo še povečali mednarodno prepoznavnost, osvojili nova znanja na aplikativnem področju hitrih strjevalnih postopkov in numerične analize le-teh.	
4.	Naziv	RWTH Aachen, IME inštitut	
	Naslov	RWTH Aachen University Intzestr. 3, 52072 Aachen Aachen, Germany	
	Vrednost sofinanciranja projekta v letu 2014 je znašala:	842	EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta v letu 2014:	1	%
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		Šifra

	1.	Usposabljanje MR Peter Majerič	A.07
	2.	Erasmus Mundus usposabljanje R. Rudolf + P. Majerič	D.10
	3.	Mentorstvo doktorandu Jelena Bogović	D.09
	4.		
	5.		
Komentar	V okviru projekta L2-5486 so bila izvedena na RWTH Aachen (IME) inštitut usposabljanja za pridobitev dodatnih znanj s področja fizike trdnega stanja in nanotehnologij. Pomoč in nudenje podpore s strani RWTH Aachen se je izkazala kot nadgraditev obstoječih znanj, saj IME inštitut spada med elitne v Nemčiji.		
Ocena	Ocena sofinancerja RWTH Aachen - IME inštitut je dobra. Na osnovi dosedanjega sodelovanja bomo prijaviili dodatno več skupnih mednarodnih projektov.		

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu v letu 2014²

Zlitine na osnovi TiNi so ene izmed najpomembnejših zlitin z oblikovnim spominom (SMA - shape memory alloys) in so zelo uporabne za medicinske namene, saj imajo dobro biokompatibilnost in funkcionalne lastnosti. Zlasti se te zlitine uporabljajo na področju stomatologije kot žice v ortodontskih aplikacijah (aparatih). Lastnosti ortodontskih žic z oblikovnim spominom so odvisne od vsebnosti avstenitne faze (telesno centrirana kubična struktura) in martenzitne faze (monoklinska struktura). Za spominske zlitine NiTi velja, da visokotemperaturno fazo – B2 avstenit odlikuje odlična obrabna obstojnost, medtem ko je obrabna obstojnost nizkotemperaturne B19' martenzitne faze za določene biomedicinske aplikacije nezadostna. V okviru raziskovalnega projekta smo v letu 2014 nadaljevali z razvojem postopka vakuumske cementacije za površinsko obdelavo NiTi zlitin. Vakuumska cementacija je proces, ki se izvaja v atmosferi ogljikovodikov, kot je acetilen pri zelo nizkemu parcialnemu tlaku (pod 20 mbar) in pri pogojih, ki so daleč stran od termodinamskega ravnovesja. Globino cemetirane plasti in koncentracijski gradient dosežemo pri vakuumski cementaciji z regulacijo časa trajanja aktivnih (faza ogljičenja) in pasivnih (faza difuzije) faz procesa.

(1) V okviru raziskovalnega projekta smo preučili vpliv naslednjih procesnih parametrov na kinetiko in morfologijo nastanka TiC zaščitne plasti: (i) vrsta in parcialni tlak cementacijskega plina, (ii) temperaturo cementacije, (iii) zaporedje izmenjav aktivnih in pasivnih faz, in (iv) čas trajanja posameznih faz. Sledila je karakterizacija vpliva parametrov vakuumske cementacije na nastalo zaščitno plast TiC in morebitne spremembe mikrostrukture NiTi žice pod zaščitno plastjo. Karakterizacija je bila izvedena z metalografskimi preiskavami (svetlobna mikroskopija, REM + EDX, Auger + XPS) in študijem mikrotrdote. Rezultati opravljene raziskave kažejo, da je mogoče kompaktno zaščitno plast TiC doseči pri krajših časih aktivne faze in večjih parcialnih tlakih acetilena, medtem ko

vakuumska cementacija NiTi zlitin pri uporabi manjših parcialnih tlakov, vodi do tvorbe nekompaktne in nehomogene TiC plasti. Najslabše rezultate pa daje uporaba cikličnega izmenjevanja aktivne in pasivne faze (kot je to običajna praksa pri vakuumski cementaciji jekel), kjer se na površini NiTi zlitine tvori nezvezna tanka plast TiC.

(2) V drugem sklopu smo izvajali karakterizacijo. Tanke folije vzorcev žic TiNi prečnih prereзов so bile pripravljene z rezanjem z ioni argona z napravo Ion Slicer (Jeol EM-09100IS) in nadalje preiskovane s presežno elektronsko mikroskopijo (TEM) z mikroskopom Jeol JEM-2100 ter energijsko disperzijskim spektrometrom Jeol JED-2300 pri pospeševalni napetosti elektronov 200 kV. Uporabili smo različne tehnike preiskav TEM kot konvencionalno TEM (CTEM), energijsko disperzijsko rentgensko spektroskopijo (EDS) za določitev elementne sestave, z uklonsko sliko pa smo določili kristalno strukturo.

(3) V tretjem sklopu smo z numeričnimi postopki analizirali strjevanje NiTi zlitine. Zlitino (s kemijsko sestavo 55 m.% Ni in 45 m.% Ti) smo obravnavali kot nestisljivo tekočino, kjer se toplota prenaša s prevajanjem in konvekcijo, vključno s pojavom fazne spremembe. Numerično modeliranje fazne spremembe smo izvedli z izboljšanim pristopom, imenovanim formulacija entalpija-poroznost (pri tem pristopu je območje vmesnega faznega stanja tekoče-trdno obravnavano kot porozno območje s poroznostjo, ki je enaka deležu tekoče faze). Na novo razvit numerični model temelji na metodi končnih prostornin, pri čemer sta tlačno in hitrostno polje sklopljena s SIMPLER algoritmom. V rezultatih so predstavljeni hitrostno in temperaturno polje, kakor tudi deleži posameznih faz NiTi zlitine med procesom strjevanja.

(4) V nadaljevanju smo za potrebe dimenzioniranja in preučevanja dogajanja v napravi za konti litje NiTi zlitine opravili preračun tokovno-toplotnih razmer v kokili. Izdelati je bilo potrebno nadaljnjo numerično analizo z realnimi materialnimi lastnostmi gradnih elementov kokile, na podlagi natančneje določenih robnih pogojev, predvsem vstopne temperature in hitrosti oz. pretoka zlitine ter vstopnega pretoka hladilne vode, pri kontinuiranem litju zlitine NiTi. Tako so bile izdelane simulacije strjevanja na poenostavljeni geometriji z vnaprej izbranimi in predpostavljenimi materialnimi lastnostmi zlitine z namenom poznejše validacije izračunanih vrednosti na tej poenostavljeni geometriji. Sočasno s tem smo teoretično raziskovali fizikalne lastnosti avstenitno-martenzitnih faznih transformacij, pri čemer smo uporabili model povprečnega polja oz. Landauovo teorijo faznih prehodov z modifikacijo faznega prehoda prvega reda (Devonshire-ova teorija). Fazno transformacijo med avstenitno in martenzitno fazo v NiTi namreč navadno okarakterizirajo kot fazni prehod prvega reda. Večinoma so teoretični pristopi z metodo povprečnega polja do sedaj zanemarjali anizotropnost materiala in niso upoštevali Ginzburgovega člana pri opisu sistema s prosto energijo. V naši raziskavi smo ta vpliv upoštevali in ugotovili, da se zaradi nastale domenske strukture v snovi (ki je odvisna od defektnih struktur v kristalni mreži), spremeni obnašanje sistema tako, da tudi pri temperaturi, ki je nižja od

kritične temperature pri kateri fazni prehod (prvega reda) ni več mogoč, lahko dosežemo tako obnašanje sistema kot ga opazimo nad kritično temperaturo. To pomeni, da v določenih pogojih do faznega prehoda prvega reda ne pride, ampak sistem preide iz avstenitne v martenzitno fazo postopoma.

(5) V zaključnem delu smo izvedli več poskusov kontinuirnega litja NiTi zlitine s kemijsko sestavo: 55 m.% Ni, 45 m.% Ti. Na osnovi numeričnih preračunov, izvedenih analiz in opravljenih karakterizacij, smo uspeli odliti NiTi palico s premerom $\varnothing = 11.7$ mm. To je za laboratorijsko prakso izjemen rezultat, saj je do nedavnega veljalo, da takšna zlitina ni livna v kontinuirnih napravah.

V okviru projekta smo sodelovali še z naslednjimi partnerji: Univerzitetni klinični Center Maribor, RCJ d.o.o., ACRONI d.o.o., Vojno-medicinska akademija Beograd, Stomatološka fakulteta Beograd.

4. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev v letu 2014³

V drugem obdobju izvajanja projekta (01.01.2014 – 31.12.2014) smo izvedli vse zastavljene aktivnosti. Menimo, da je dosežena stopnja realizacije zastavljenih ciljev projekta v letu 2014 zelo visoka, saj so bili v okviru znanstveno raziskovalnega dela realizirani naslednji cilji:

1) Metoda vakuumske cementacije je bila uspešno implementirana na področju izboljšanja obrabne obstojnosti spominskih zlitin iz sistema NiTi.

2) Določeni so bili optimalni procesni parametri vakuumske cementacije, pri katerih se na površini NiTi žice tvori kompaktna zaščitna plast TiC.

3) S primerjavo numeričnih rezultatov s tujimi avtorji smo potrdili pravilnost numerične metode, z uporabo primerenih računskih mrež (zadostno število elementov) pa zagotovili natančne rezultate numerične analize tokovnih in toplotnih razmer pri procesu strjevanja. Tako smo pridobili znanja in izkušnje za nemoteno nadaljevanje zastavljenega dela na področju numeričnega modeliranja strjevanja biomedicinskih zlitin z oblikovnim spominom.

4) Izvedli smo preliminarne preskuse kontinuirnega litja NiTi zlitine s kemijsko sestavo 55 m.% Ni in 45 m.% Ti. Eksperimentalni preskusi so pokazali pravilnost izbranih tehnoloških parametrov, saj smo uspeli odliti nekaj m palice s premerom 11.7 mm. S tem smo dokazali, da je mogoče kontinuirno liti tudi takšne zlitinske sisteme.

5) Z raziskavami TEM/EDS različnih ortodontskih žic NiTi smo določili kemijsko sestavo in opazovali njihovo mikrostrukturo. Z elektronsko difrakcijo (ED) smo s pomočjo uklonskih slik določili kristalno strukturo. Ugotovili smo, da so lahko različni precipitati v ortodontskih žicah povezani s litjem in taljenjem zlitine NiTi SMA. Prav tako smo opazovali precipitate Ti_2Ni in TiC, ki so večji od zrn matrice, ki jo sestavlja avstenita faza. Do sedaj smo z raziskavami s TEM/EDS in analizami elektronskih difrakcij ter njihovih simulacij dosegli dobre rezultate, saj sta se obe metodi izkazali za ustrezni pri tovrstnih preiskavah.

6) Izvedli smo analizo fenomenološke teorije faznih prehodov, ki se ukvarja predvsem z opisom zveznih faznih prehodov in je v določenih primerih uporabna tudi pri faznih prehodih prvega reda. Ugotovili smo, da ima v tej teoriji pglavilni pomen ureditveni parameter, kar pri NiTi zlitinah predstavlja za martenzitne fazne prehode raztezek oz. deformacija. V študiji in teoretičnih raziskavah smo pokazali, kako formiramo ustrezno funkcijo stanja na podlagi Landauove teorije in kako na podlagi matematične obravnave te funkcije razlagamo fazni prehod med avstenitno in martenzitno fazo.

Pridobljeni rezultati v okviru projekta so se deloma že direktno prenesli v podjetje Magneti Ljubljana d.d., ki že vrsto let izdeluje in trži dentalne zlitine (CoCr) za izdelavo konstrukcij totalnih protez. Enake rezultate ima podjetje Zlatarna Celje d.d. kot vodilni proizvajalec plemenitih dentalnih zlitin.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine v letu 2014⁴

V okviru projekta ni prišlo do sprememb.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine v letu 2014⁵

Znanstveni dosežek	
1.	COBISS ID 17537814 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO Izboljšanje adhezijskih lastnosti, strukture in mehanizem sintranja hidroksiapatitnih prevlek dobljenih z depozicijo curka plazme
	ANG Investigations of corrosion on the surface of titanium substrate caused by combined alkaline and heat treatment
Opis	SLO Hidroksiapatitne (HA) prevleke so bile nanešene na nikelj titanovo podlago visoke čistosti z atmosferskim razprševanjem plazme (APS) z visoko močjo električne energije. Predhodno je bila površina nikelj titana alkalno jedkana z NaOH in kasneje tudi različno toplotno obdelana. Fazno sestavo, strukturo in morfologijo nano-strukturnih HA prevlek, kakor tudi njihovo karakterizacijo smo opravili s pomočjo rentgenske difrakcije (XRD), vrstične elektronske mikroskopije (SEM) in spektroskopije Augerjevih elektronov (AES). XRD analiza vzorcev je pokazala, da so prevleke nanešene z APS sestavljene predvsem iz HA kristalov z velikostjo med 15,5 in 31 nm ter da je prisotna majhna količina amorfne HA faze. Opazovanje s pomočjo SEM analize je pokazalo, da imajo nanosi prevlek zelo različno morfologijo s tipičnimi značilnostmi mikro-strukturnih elementov, ki so zaželeni za izboljšanje biološke učinkovitosti HA prevlek. AES analiza je na različnih mestih titanove substratne prevleke pokazala prisotnost oksidnega sloja z Ca ioni - ki je nastal zaradi visoke kinetične energije plazemskega curka. Ta plast je povzročila znatno povečanje adhezivne trdnosti, ki ima vrednosti v območju 51,8-62,5 MPa. Mehanizem sintranja smo preučevali z uporabo različnih pristopov, ki kažejo, da je bil prevladujoči mehanizem sintranja volumska difuzija.
	ANG In this research, the structure changes along the depth of gradient layers of nickel-titanium substrate, after etching with NaOH and subsequent thermal treatment at various temperatures between 300 and 800 °C, were investigated by XRD, FTIR and AES. Particularly, the changes of Ni-Ti substrate after etching with NaOH, subsequent ionic exchange of Na ⁺ with Ca ²⁺ ions and thermal treatment at 700 °C were analysed. Due to this approach, it was possible to get insight into the chemical changes and changes of Ti oxidation states and consequent phase analysis, along the depth of the titanium oxide coatings. In addition, Secondary Electron Imaging (SEI) showed very interesting nanotopology of all samples. Particularly interesting topology, consisting of very thin nano-designed walls between mutually interconnected pores, was observed for the sample in which Na ⁺ were replaced with Ca ²⁺ ions. This structure might be suitable for deposition of hydroxyapatite by biomimetic or plasma methods and as an appropriate scaffold for cell adhesion and proliferation.
Objavljeno v	Pergamon Press; Corrosion science; 2014; Vol. 82; 180-190 str.; Impact Factor: 3.686; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.916; A'': 1; A': 1; WoS: PM, PZ; Avtorji / Authors: Jokanović Vukoman, Vilotijević Miroljub, Jokanović B., Jenko Monika, Anžel Ivan, Stamenković Dragoslav, Lazić Vojkan, Rudolf Rebeka
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek

2.	COBISS ID	17828374	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Mikrostruktura NiTi ortodontskih žic preiskana s presevno mikroskopijo
		<i>ANG</i>	Microstructure of NiTi orthodontic wires observations using transmission electron microscopy
	Opis	<i>SLO</i>	To delo predstavlja rezultate opazovanja mikrostrukture šestih različnih vrst NiTi ortodontskih žic s pomočjo presevne elektronske mikroskopije (TEM). V okviru te analize je bila na različnih mestih posamezne žice določena kemijska sestava z uporabo detektorja EDS. Kemijska sestava ortodontskih žic je zelo pomembna zaradi odvisnosti med faznimi temperaturami in mehanskimi lastnostmi. Opazovanja mikrostrukture so pokazala, da ortodontske žice sestavljajo zrna nano velikosti, ki vsebujejo vključke Ti ₂ Ni in / ali TiC. Vključki Ti ₂ Ni so bogati s Ti, medtem ko se vključki TiC bogati s C. Nadaljnja preiskava je pokazala, da je obstaja razlika v povprečni velikosti zrn v matrici NiTi. Velikosti zrn v ortodontsko žice so bile v območju od približno 50-160 nm in velikosti vključkov v območju od 0,3 µm do 5 µm.
		<i>ANG</i>	This work presents the results of the microstructure observation of six different NiTi orthodontic wires by using Transmission Electron Microscopy (TEM). Within these analyses the chemical compositions of each wire were observed in different places by applying the EDS detector. Namely, the chemical composition in the orthodontic wires is very important because it shows the dependence between the phase temperatures and mechanical properties. Microstructure observations showed that orthodontic wires consist of nano-sized grains containing precipitates of Ti ₂ Ni and/or TiC. The first precipitated Ti ₂ Ni are rich in Ti, while the precipitated TiC is rich in C. Further investigation showed that there was a difference in average grain size in the NiTi matrix. The sizes of grains in orthodontic wires are in the range from approximately 50 to 160 nm and the sizes of precipitate are in the range from 0.3 µm to 5 µm.
	Objavljeno v	Metalurški fakultet;Hrvatsko metalurško društvo; Metalurgija; 2014; Vol. 53, no. 4; str. 469-472; Impact Factor: 0.755;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.916; WoS: PZ; Avtorji / Authors: Ferčec Janko, Jenko Darja, Buchmeister Borut, Rojko Franc, Budič Bojan, Kosec Borut, Rudolf Rebeka	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
3.	COBISS ID	1483871	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Analiza mikrostrukture CuAlNiMn zlitine s spominom oblike pred in po izvedenem nateznem preizkusu
		<i>ANG</i>	Microstructural analysis of CuAlNiMn shape-memory alloy before and after the tensile testing
	Opis	<i>SLO</i>	V delu so prikazani rezultati analize mikrostrukture pred in po prelomu skupaj z mehanskimi lastnostmi in trdoto CuAlNiMn zlitine s spominom oblike. Taljenje zlitine je bilo izvedeno v vakuumski peči v zaščitni atmosferi argona. Zlitina je bila vlita v ingot teže 15 kg. Po izvedenem litju je bila zlitina kovana in zvaljana na premer približno 10 mm. Karakterizacija mikrostrukture je bila izvedena z optično mikroskopijo (OM) in vrstično presevno mikroskopijo (SEM) opremljeno z energijskim disperzijskim spektrometrom (EDS). Analizirana je bila martenzitna mikrostruktura zlitine CuAlNiMn pred izvedenim nateznim preizkusom. Izvedena sta bila natezni preizkus in meritve trdot. Fraktografska analiza je pokazala več področij z interkristalnim in pogosto transkristalnim krhkim prelomom. Rezultati nateznega preizkusa so pokazali, da je znašala natezna trdnost 401,39 MPa in raztezek 1,64%. Trdota zlitine CuAlNiMn je bila 290,7 HV 0,5.

	ANG	fracture along with the mechanical properties and hardness of the CuAlNiMn shape-memory alloy are presented. The melting of the alloy was carried out in a vacuum-induction furnace in a protective atmosphere of argon. The alloy was cast into an ingot of 15 kg. After casting the alloy was forged and rolled into rods with a diameter of approximately 10 mm. A microstructural characterization was performed with light microscopy (LM) and scanning electron microscopy (SEM) equipped with energy-dispersive spectrometry (EDS). Martensitic microstructure was observed in the rods after the deformation. The fractographic analysis of the samples after the tensile testing revealed some areas with intergranular fracture. However, the greater part of the fracture surface indicated the pattern of transgranular brittle fracture. The results of the tensile tests showed the tensile strength of 401.39 MPa and elongation of 1.64 %. The hardness of the CuAlNiMn alloy is 290.7 HV0.5.
Objavljeno v		Inštitut za kovinske materiale in tehnologije; Materiali in tehnologije; 2014; Vol. 48, no. 5; str. 713-718; Impact Factor: 0.555; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.554; WoS: PM; Avtorji / Authors: Ivanić Ivana, Gojić Mirko, Kožuh Stjepan, Kosec Borut
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine v letu 2014⁶

	Družbeno-ekonomski dosežek	
1.	COBISS ID	273707520 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<p>SLO Vpliv napetostnega stanja na mikrostrukturo ortodontske spominske zlitine NiTi</p> <p>ANG The influence of stress state on the microstructure of orthodontic shape memory alloy NiTi</p>
	Opis	<p>SLO V doktorski disertaciji je obravnavan problem vpliva večosnega napetostnega stanja na začetek in potek superelastičnega področja pri spominski zlitini Ni-Ti. Za raziskovalno delo je bila uporabljena komercialno dostopna ortodontska žica Ni-Ti z vsebnostjo 50,6 at.%Ni. V prvem delu raziskav smo izvedli karakterizacijo izbranega materiala. Določili smo transformacijske temperature Ms, Mf, As, Af, module elastičnosti, napetosti in deformacije na začetku in koncu superelastičnega področja ter analizirali mikrostrukturo v izhodnem nedeformiranem stanju. Z in-situ merjenjem električnega upora med obremenjevanjem pri enosnem nategu na napravi za simulacijo enosnega napetostnega stanja smo potrdili uporabnost te metode za določitev prehoda v superelastično stanje oziroma za spremljanje napetostno inducirane martenzitne fazne transformacije. Na osnovi teh rezultatov smo v drugem delu raziskav razvili napravo za simulacijo večosnega napetostnega stanja z možnostjo in situ merjenja električne upornosti in mikrotrdote. Z upogibom, torzijo ter kombinacijo torzije in upogiba smo simulirali obremenitve, ki so prisotne pri ortodontskem zdravljenju. S sočasnim merjenjem električnega upora smo za ta večosna napetostna stanja določili prehod v superelastično področje. Z analizo mikrostruktur pred in po obremenitvah smo identificirali spremembe in postavili modele razvoja mikrostrukture za različna napetostna stanja.</p> <p>This doctoral thesis deals with the problem of the influence of the multi-axial stress state at the beginning and end of the superelastic plateau in the Shape Memory Alloy Ni-Ti. For our research work commercially available orthodontic wire Ni-Ti was used with a content of 50,6 at.% Ni. In the first part of the research we determined the characterization of</p>

		<p>the selected material. We determined the transformation temperatures M_s, M_f, A_s, A_f, modulus of elasticity, stress and strain at the beginning and end of the superelastic plateau, and analysed the microstructure of the output un-deformed state. With in-situ measurement of the electrical resistance during uni-axial loading on the device we simulated a uniaxial stress state, which confirmed the usefulness of this method for determination of the transition into superelastic condition or accompanying the stress-induced martensitic phase transformations. Based on these results, in the second part of the research we developed a device to simulate the multi-axial stress state with the possibility of in-situ measurement of electrical resistance and microhardness. We simulated the bending, torsion and combined torsion and bending loads which are present in orthodontic treatment. The simultaneous measurement of electrical resistance for this multi-axial stress state was defined during the transition into the superelastic area. By analysing the microstructures before and after load changes were identified and an evolution model of microstructure was erected for different stress states.</p>	
	ANG		
Šifra	D.09	Mentorstvo doktorandom	
Objavljeno v	J. Ferčec]; 2014; X, 110 f.; Avtorji / Authors: Ferčec Janko		
Tipologija	2.08 Doktorska disertacija		
2.	COBISS ID	17974550	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Teoretični izračun napetosti pri natezni, tlačni in strižni obremenitvi za začetek napetostne martenzitetne transformacije v zlitinah z oblikovnim spominom NiTi	
	ANG	Theoretical calculation of tensile, compressive and shear stresses for starting of martensitic transformation in NiTi Shape Memory Alloys	
Opis	SLO	V tem delu smo predstavili naprave za simulacijo različnih deformacij žice, ki se pojavljajo v ortodontski praksi. Na žici SMA NiTi smo ugotovili z napetostjo inducirano fazno transformacijo, ki je nastala pri različnih deformacijah. Naši cilji so bili opazovati in ugotoviti začetek z napetostjo inducirane fazne transformacije pri različnih deformacijah in korist transformacijskega platoja med ortodontskim zdravljenjem. To je bilo opravljeno z merjenjem mikro trdote in električne upornosti. Pri teh analizah smo odkrili (zaznali) uspešno fazno transformacijo (prehod), čeprav je bila ortodontska žica deformirana na različne načine.	
	ANG	In this work we are presenting devices to simulate the different deformations of wire that occur in orthodontic praxis. On the wire from SMA NiTi we detected a stress-induced phase transformation which was caused by the different deformations. Our goals were to observe and determine the beginning of the stress-induced phase transformation at different deformations and the benefit of the transformation plateau during orthodontic treatment. This was done by measuring the micro hardness and electrical resistivity. By these analyses we detected successfully the phase transformation while the orthodontic wire was deformed in different ways.	
Šifra	F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
Objavljeno v	TV IDEA - kanal 10; 2014; Avtorji / Authors: Rudolf Rebeka		
Tipologija	3.11 Radijski ali TV dogodek		
3.	COBISS ID	18053910	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Vpliv pogojev nateznega treninga na lastnosti spominskega efekta trakov iz sistema NiTi	
	ANG	Influence of tensile training conditions on shape-memory properties of NiTi-based ribbons	

Opis	SLO	Raziskovalno delo obravnava vpliv pogojev termomehanskih treningov na mehanske lastnosti in dvosmerni oblikovni spomin (TWSME) (stabilnost in velikost) zlitin NiTi in NiTiCu. V prispevku so prav tako podani rezultati napetostno povzročene dvosmerne oblikovne spominskega efekta (SATWSME). Z metodo hitrega strjevanja po principu melt spinning, smo izdelali NiTi vzorce majhnih dimenzij s homogeno mikrostrukturo. Hitro strjeni trakovi so bili podvrženi treningu pri natezni deformaciji ter cikličnem spreminjanju temperature med temperaturama faznih transformacij. Rezultati raziskave kažejo, da so natezni treningi, tako pri konstantni deformaciji, kot tudi konstantni obremenitvi, zelo učinkoviti za ustvarjanje dvosmerne oblikovne spominskega efekta. Dodatek bakra k spominskim zlitinam iz sistema NiTi je zelo uspešno zožal temperaturno histerezo in odvisnost temperatur transformacij od sestave zlitin. Rezultati raziskave prav tako kažejo, da je po velikosti napetostno povzročene dvosmerne oblikovne spominskega efekta (SATWSME) primerljiv s TWSME.
	ANG	This work presents a study of the mechanical properties and influence of thermomechanical training conditions on the two-way shape-memory effect (TWSME) (magnitude and stability) in NiTi and NiTiCu alloys. Correlation with a stress-assisted two-way shape-memory effect (SATWSME) was also investigated. A rapid solidification technique was employed for preparation of small-dimension NiTi samples with homogeneous microstructure. Samples were fabricated by melt spinning. The melt-spun ribbons were trained under tensile deformation by thermal cycling through the phase transformation temperature range. Results showed that the tensile trainings under both constant strain and constant stress were effective in developing a TWSME. The SATWSME was comparable in magnitude to the TWSME. Addition of copper was effective in narrowing the transformation hysteresis and transformation temperature dependence on composition.
Šifra	F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije
Objavljeno v	Springer; Metallography, microstructure, and analysis; 2014; Vol. 3, iss. 4; str. 298-309; Avtorji / Authors: Meharabi K., Kneissl Albert C., Brunčko Mihael	
Tipologija	1.01	Izvirni znanstveni članek

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine v letu 2014⁷

- (1) RUDOLF, R. Izvedeno predavanje v okviru aktivnosti Izobraževanje kadrov Zlatarne Celje d.d., dne 22. 8. 2014, v prostorih Zlatarne Celje d.d.
- (2) RUDOLF, R. Izvedeno predavanje za dijake 2. letnika programa Zobotehnik, dne 26. 5. 2014, v prostorih Zlatarne Celje d.d.
- (3) RUDOLF, R, ROJKO, F. Analiza napak pri litju dentalnih zlitin: predavanje na strokovno izobraževalnem seminarju Laboratorijska protetika 2014, sobota, 25. januarja 2014, na Zdravstveni fakulteti v Ljubljani.
- (4) TERNIK, P, ZADRAVEC, M, RUDOLF, R, SVETEC, M. Numerical analysis of rapid solidification process of Ni-Ti binary alloy. V: Sixteenth Annual Conference YUCOMAT 2014, Herceg Novi, Montenegro, September 1-5, 2014. USKOKOVIĆ (ur.), RADMILOVIĆ (ur.). Programme and the book of abstracts. Belgrade: Materials Research Society of Serbia.
- (5) FERČEC, Ja, JENKO, D, BUCHMEISTER, B, ROJKO, F, BUDIČ, B, KOSEC, B, RUDOLF, R. Microstructure of NiTi orthodontic wires observations using transmission electron microscopy. V: MAMUZIĆ, Ilija (ur.). Materials and metallurgy : summaries of abstract.

Šibenik: Croatian Metallurgical Society: 2014, str. 405.

(6) RUDOLF, R. Observation of phase transformation in Shape Memory Alloy NiTi wire during in-vitro simulation of orthodontic treatment. V: Abstract book. Paris: Le Tapis Rouge, 2014, str. 129.

(7) Objava monografije v e-knjigi: Recent Developments of Diffusion Processes and their Applications: ISBN-13: 978-3-03835-454-3, Category: Special topic volume with invited peer reviewed papers only: RUDOLF R, FERČEC J: Observation of Phase Transformation in Shape Memory Alloy NiTi Wire during In Vitro Simulation of Orthodontic Treatment

(8) V okviru teme projekta bo svoje doktorsko delo izvedel MR Stambolić Aleš (36363) iz IMT Ljubljana - komentor vodja projekta Rudolf R.

(9) Kontaktna zlitina in metoda za izdelavo zlitine za električne kontakte - Urad RS za IL; 2014; 7 str., 2 pril.; Avtorji / Authors: Brovč Goran, Bizjak Milan - izum

9. Izjemni dosežek v letu 2014⁸

9.1. Izjemni znanstveni dosežek

Doktorska disertacija Janko Ferčec: Cobiss: 17974550

V okviru projekta je MR Janko Ferčec aprila 2014 ubranil doktorsko tezo, v kateri je postavil hipotezo, da sta začetek in potek napetostne inducirane fazne transformacije avstenit – martenzit ter razvoj mikrostrukture v superelastičnem področju NiTi ortodontske žice odvisni od vrste napetostnega stanja. Izhajal je iz dejstva, da stomatologi med vstavljanjem ortodontske žice med nosilce na zobeh žico izpostavijo različnim obremenitvam. V žici se ustvari večosno napetostno stanje, katerega vpliv na fazno transformacijo in posledično na mikrostrukturo v literaturi in praksi ni poznan. Cilj doktorske disertacije je bil tako ugotoviti, kakšen je odnos med kompleksnim napetostnim stanjem in mikrostrukturno.

Janko Ferčec se je 1.5.2015 zaposlil v podjetju Talum, Tovarna aluminija d. d. Kidričevo, kot Vodja razvojni projektov.

9.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

Pomurska akademsko znanstvena unija - PAZU je v letu 2014 izvedla 12. znanstveno konferenco 28. in 29. novembra v Murski Soboti. Na konferenci se je zvrstilo 31 predavanj, med njimi tudi 3, ki so bila neposredno povezana z izvajanjem projekta Biomedicinske zlitine z oblikovnim spominom (L2-5486):

- (1) Matej Zadavec: Numerična analiza strjevanja NiTi zlitine;
- (2) Rebeka Rudolf in Janko Ferčec: Detection of phase transformation in shape memory alloy NiTi wire during in-vitro simulation of orthodontic treatment;
- (3) Milan Svetec: Landau-ova teorija martenzitnih faznih prehodov.

Konferenca PAZU je osrednji znanstveno raziskovalni dogodek v Pomurju. Na njej so predstavljeni znanstveni prispevki z različnih znanstvenih področij. Osrednji del konference je plenum na katerem članice in člani PAZU z drugimi povabljenimi strokovnjaki obravnavajo aktualna vprašanja povezana s Pomurjem in širšim prostorom.

LETNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA V LETU 2014

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	L2-5492	
Naslov projekta	Razvoj funkcionalnih tekstilij za nego diabetičnega stopala (malum perforans)	
Vodja projekta	7814	Karin Stana Kleinschek
Tip projekta	L	Aplikativni projekt
Obseg raziskovalnih ur	v letu 2014: 2797	
Cenovni razred		
Trajanje projekta	08.2013 - 07.2016	
Nosilna raziskovalna organizacija	795	Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	106 312 1553 1821 2991 3351	Institut "Jožef Stefan" Univerzitetni klinični center Ljubljana PREDILNICA LITIJA d.o.o. Inštitut za mikrobiološke znanosti in tehnologije d.o.o. Center odličnosti polimerni materiali in tehnologije Inštitut za metagenomiko in mikrobne tehnologije d.o.o.
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 2.14 2.14.02	TEHNIKA Tekstilstvo in usnjarstvo Tekstilna kemija
Družbeno-ekonomski cilj	13.02	Tehnološke vede - RiR financiran iz drugih virov (ne iz SUF)
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	2 2.05	Tehniške in tehnološke vede Materiali

2. Sofinancerji¹

	Sofinancer	
1.	Naziv	Predilnica Litija d.o.o.
	Naslov	Kidričeva 1, 1270 Litija

Vrednost sofinanciranja projekta v letu 2014 je znašala:		54.248	EUR
Odstotek od utemeljenih stroškov projekta v letu 2014:		35	%
Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja			Šifra
	1.	Peršin Z., et al.: Novel cellulose based materials for safe and efficient wound treatment. Carbohydrate polymers, jan. 2014	A.01
	2.	Maver T., et al.: Cellulose based thin films as a platform for drug release studies to mimick wound dressing materials, Cellulose, Oct. 2014	A.01
	3.	Devetak M., et al.: Utilization of optical polarization microscopy in the study of sorption characteristics of wound dressing host materials. Microscopy and microanalysis, Apr. 2014	A.01
	4.	Pivec T., et al.: Modification of cellulose non-woven substrates for preparation of modern wound dressings. Textile research journal, Jan. 2014	A.01
	5.		
Komentar	Med najpomembnejše rezultate raziskovanja za sofinancerja štejemo številne objave znanstvenih člankov, med drugim Novel cellulose based materials for safe and efficient wound treatment, Cellulose based thin films as a platform for drug release studies to mimick wound dressing materials, Utilization of optical polarization microscopy in the study of sorption characteristics of wound dressing host materials, Modification of cellulose non-woven substrates for preparation of modern wound dressings, kjer je obravnavana tematika inovativnih pristopov izdelave ali modificiranja medicinskih oblog predvsem iz celuloznih vlaken, ki so najpoglavitejši del asortimana sofinancerja Predilnice Litija d.o.o. V objavah je predstavljen nov pristop študija sorpcijskih lastnosti (optična mikroskopija), ki je učinkovita in dokaj enostavna metoda za in vitro simulacijo sorpcije diclofenaka, in predstavlja potencial na področju razvoja materialov za medicinske obloge. Z izdelavo modelnih platform za zdravila, lahko simuliramo lastnosti sproščanja zdravilnih učinkovin iz vlaknatih materialov, kar smo predstavili v znanstveni objavi s primerjavo kinetike sproščanja modelnega zdravila (diklofenak) iz tankega celuloznega filma in viskoznih vlaken. Ugotovitve so pokazale, da imajo modelni filmi velik potencial pri napovedovanju sposobnosti sproščanja zdravilnih učinkovin iz vlaknatih medicinskih oblog.		
Ocena	Predilnica Litija d.o.o. potrjuje, da projektno delo poteka v skladu s časovno razporeditvijo projekta in zastavljenimi cilji, ki so navedeni v projektni vlogi. Dosedanji rezultati raziskovalnega projekta so izrednega pomena za industrijskega partnerja (sofinancerja) saj se v projektu razvijajo inovativne tehnologije.		

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu v letu 2014²

V poročevalskem letu 2014 so potekale aktivnosti prvega, drugega in delno tretjega delovnega sklopa raziskovalnega projekta v Univerzitetnem kliničnem centru Ljubljana, Inštitutu za metagenomiko in mikrobiološke vede v Ljubljani, ter na Fakulteti za Strojništvo v Mariboru, po posameznih aktivnostih v skladu z zastavljenimi cilji programa raziskovalnega projekta.

V okviru **delovnega sklopa 1** smo se ukvarjali predvsem z izborom ustrezne metode in načinom merjenja uspešne vezave mikrobnih celic. Za uspešno impregnacijo tkanin oz. vlaken z mikrobnimi celicami, za namene počasnega sproščanja le-teh, je potrebno izbrane mikroorganizme ustrezno vezati na površino vlaken. Pri tem moramo upoštevati naslednje kriterije: (i) bakterijske celice morajo biti viabilne, (ii) kontrolirati moramo število vezanih celic, (iii) postopek vezave mora biti univerzalen za čimbolj širok spekter mikrobov, še posebej, če se metoda razvija za vezavo celotne združbe in (iv) obstajati mora mehanizem sproščanja, ki ga je možno kontrolirati z lokalnimi kemijsko fizikalnimi parametri. Tem vsem kriterijem lahko zadostimo z elektrostatsko vezavo celic saj je takšen način vezave podoben načinu pritrjanja mikroorganizmov v prvih fazah razvoja biofilma.

Bakterijske celice imajo na površini neenakomerno razporejen negativni naboj, katerega glavni nosilci so fosfolipidi in polisaharidi. Večina vlaken, ki se uporabljajo za masovno proizvodnjo tkanih izdelkov je prav tako predvsem negativno nabita. Torej, direktna vezava celic potom negativnega naboja na površini ni uspešna. Zato smo v poročevalskem obdobju na izbranih sevih bakterije *Staphylococcus epidermidis* razvili metode določanja in spreminjanja naboja. Razvili smo metodo spreminjanja naboja površine celic s pomočjo depozicije polielektrolitov. Naboj izpostavljene površine smo določili z meritvijo zeta potenciala, kjer smo privzeli enačbo po Smoluchowskem za grobo oceno naboja na površini celic. Pri tem smo določili, da je pri izbranih sevih najbolj ustrezno uporabiti celice tik pred prevojem rastne krivulje v stacionarno fazo, kjer je površina celic najbolj negativna. Določili smo ustrezno območje meritve zeta potenciala v odvisnosti od količine suspendiranih celic in faze rasti. Pripravili smo postopek izpiranja površine celic, ki temelji na izpiranju v fosfatnem pufri ustrezne koncentracije in uporabi centrifugiranja. Za namene povečanja razsežnosti metode (upscaling) smo povečali pripravljalne volumne za okoli 30-krat (iz 1,5 ml na 50 ml). Določili smo ustrezno sestavo in koncentracijo fosfatnega pufra za namene meritve zeta potenciala.

V nadaljevanju je potekala elektrostatska vezava polielektrolitnih polimerov. Preizkusili smo vezavo sintetičnih (polietilenimin - PEI, poliakrilna kislina - PAA, polistiren sulfonat - PSS, polialilamin hidroklorid - PAH) in naravnih polielektrolitov (hitozan, lignin). Celice se med centrifugiranjem močno med seboj stisnejo, še posebej v prvih slojih vezav polielektrolita in jih je zelo težko ponovno resuspendirati. Zaradi tega smo morali določiti ustrezno gravitacijsko silo sedimentacije pri centrifugiranju celic po vezavi elektrolitov. Po uspešni vezavi polimerov, smo testirali tudi njihovo vezavo na nasprotno nabito planarno površino. Izdelali smo postopek uporabe ultrazvoka za enakomerno razporejanje celic in vezavo na izpostavljeno površino, ki pa v nadaljevanju zahteva še dodatno optimizacijo postopkov, ki bo izvršena v naslednjem obdobju.

V sklopu **aktivnost 2.1.** smo optimirali postopke oblikovanja netopnih nanovlaken iz različnih derivatov celuloze; (i) nanovlakna iz vodne raztopine karboksimetil celuloze (CMC), pri čemer smo za zamreženje uporabili majhne količine polikarboksilnih kislin (BTCA, CA), (ii) nanovlakna iz vodne raztopine CMC (protonacija karboksilnih skupin z nižanjem pH predilni raztopini), (iii) nanovlakna iz raztopine celuloznega acetata (CA) v očetni kislini. Za kontrolo postopka elektropredjenja in priprave optimalne recepture predilne raztopine smo oblikovana nanovlakna okarakterizirali z različnimi fizikalno kemijskimi metodami preskušanja, kot so elektronska mikroskopija (SEM), rentgenska strukturna analiza (XRD), Fourier transform IR (FTIR), določanje stičnega kota, določanje stopnje nabrekanja, itd.

V sklopu **aktivnosti 2.2.** smo omenjene netopne polisaharidne nanovlaknate matrice funkcionalizirali z dodatkom različnih aktivnih komponent. Za doseganje protibolečinskih in protivnetnih učinkov smo dodajali NSAID učinkovine (naproxen, benzocaine, ...) in za doseganje protimikrobnih in antioksidativnih učinkov smo dodajali naravne ekstrakte (ekstrakt oljčnih listov, oregana). S spremljanjem sproščanja aktivnih komponent iz nosilne nanovlaknate matrice, smo dobili informacije o vplivu materiala, njegove morfologije, sposobnosti nabrekanja in degradacije na kinetiko sproščanja. Funkcionalnim nanovlaknatim materialom smo določali:

- antimikrobne (standardni test AATCC-100-1999)
- antioksidativne (določanje DPPH radikalov z UV/VIS metodo)
- citotoksične (barvanje s kristal-vijoličnim in merjenje absorbance) in
- biokompatibilne lastnosti (s kožnimi fibroblasti – standard ATCC-CCL-110, Detroit 551).

V okviru delovnega sklopa 3, **aktivnosti 3.1.**, smo z industrijskim partnerjem izbrali komercialna vlakna za izdelavo terapevtske diabetične nogavice. Med izbranimi vlakni so polipropilen (hidrofobnost), različni poliestri (hidrofobnost/mehkost, termoreglativnost, terapevtsko FIR), viskoza (hidrofilnost/adsorbira vodo), modal (mehkost/hidrofilnost/absorbira vodo), različni poliamid (mehkost/hidrofilnost, antibakterijsko delovanje/el. prevodnost) in akril (antibakterijsko delovanje). Komercialnim vlaknom, dobljenih s strani Predilnice Litija, smo določali:

- kemijsko strukturo (FTIR),
- površinsko morfologijo (SEM),
- površinski naboj (titracije),
- zeta potencial,
- stični kot in kinetika navzemanja vode (tenziometrija),
- mehanske lastnosti,
- sposobnost zadrževanja vode in
- sposobnost navzemanja vlage.

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

raziskovalnih ciljev v letu 2014³

V letu 2014 je potekalo raziskovalno delo po časovnem planu, ki je naveden v projektni vlogi, pri čemer smo izvedli vse aktivnosti in realizirali zastavljene cilje predvidene za časovno obdobje raziskav od 6 – 18 mesec. Pričeli smo z vezavo mikrobnih celic na vlakna, pri čemer smo zaradi izboljšanja vezave morali modificirati površinski naboj celic. Modifikacija površinskega naboja je potekala z variranjem različnih postopkov oplaščenja in uporabo različnih sintetičnih in naravnih polielektrolitov. Delo smo nadaljevali tudi na področju elektrovedenja polisaharidnih nanovlaknen s poudarkom na medicinski aplikaciji, predvsem na področju nosilnih materialov za dostavo zdravil. S postopkom elektrovedenja smo oblikovali nanovlaknate strukture s vključki številnih aktivnih komponent (naravni ekstrakti, NSAID,...). Pripravljene nanovlaknate strukture smo okarakterizirali z različnimi fizikalno-kemijskimi metodami in spremljali sposobnost sproščanja zdravilnih učinkovin. V nadaljevanju smo okarakterizirali komercialna vlakna dobljena s strani Predilnica Litija, ki se uporabljajo predvsem za medicinske in/ali športne aplikacije. Dobljeni rezultati nam bodo omogočili ciljni razvoj postopkov oplaščenja z namenom izdelave funkcionalno oplaščenih mikrobnih celic za lažje pripenjanje na vlakna in nanovlaknate materiale v nadaljevanju raziskovalnega dela.

5.Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine v letu 2014⁴

Projektna skupina je v letu 2014, v skladu s Sklepom ARRS št. 63111-22/2013-24, z dne 6.5.2014, sporazumno prekinila sodelovanje sodelujoči raziskovalni organizaciji Inštitut za mikrobiološke znanosti in tehnologije - IMZT (RO- 1821), zaradi pomanjkanja raziskovalne opreme in prenehanja zaposlitve ključnih raziskovalcev. Z dnem 1.4.2014 se je v projektno skupino vključila raziskovalna organizacija Inštitut za metagenomiko in mikrobnih tehnologije - IMMT (RO – 3351), ki je prevzela aktivnosti IMZT.

V okviru projektne skupine je v letu 2014 prišlo do sledečih sprememb raziskovalcev:

1. pri projektnem partnerju UM Fakulteta za Strojništvo sta bili zaradi povečanja pedagoških obvez izbrisani dr. Simona Vajnhandl (št. raziskovalca: 23461) in dr. Darinka Fakin (št. raziskovalca: 07004). Njune raziskovalne ure sta prevzeli na novo vključeni dr. Majda Sfiligoj Smole (št. raziskovalca: 04171) in dr. Zdenka Peršin (št. raziskovalca: 19268).
2. pri projektnem partnerju CO Polimat so bili zaradi prenehanja zaposlitve izbrisani dr. Majda Sfiligoj Smole (št. raziskovalca: 04171), dr. Zdenka Peršin (št. Raziskovalca: 19268) in dr. Aleš Doliška (št. raziskovalca: 17577). Njihove raziskovalne ure so bile prerazporejene med obstoječe raziskovalce.

6.Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine v letu 2014⁵

Znanstveni dosežek	
1.	COBISS ID 16864278 Vir: COBISS.SI
Naslov	<i>SLO</i> Napredni celulozni materiali za varno in učinkovito zdravljenje ran
	<i>ANG</i> Novel cellulose based materials for safe and efficient wound treatment
Opis	<i>SLO</i> Namen študije je bil doseči učinek izboljšane hidrofilitnosti materiala in sposobnosti zaviranja rasti mikroorganizmov, ki se le redko simultano pojavljata v medicinskih oblogah. Viskozna vlakna, v obliki netkane tekstilije, so bila modificirana po dveh postopkih. Modifikacija vlaken po dvostopenjskem postopku, alkalna obdelava ali obdelava s kisikovo plazmo, kateri je sledilo pritrjevanje nanodelcev srebrovega klorida, je bila primerjana z modifikacijo vlaken po enostopenjskim postopkom, obdelava vlaken z amonijevo plazmo. Površinske lastnosti neobdelanih in različno modificiranih celulozних vzorcev so bile analizirane z rentgensko fotoelektronsko spektroskopijo (XPS), vrstično elektronsko mikroskopijo (SEM), in-vitro sproščanje srebra in določanje hidrofilitnosti. Učinek modifikacije materiala smo spremljali z določanjem protimikrobnih lastnosti, s standardnim testom AATCC 100-1999. Glede na vrsto modifikacijskega postopka in dobljenimi želenimi lastnostmi medicinske obloge, je bila ocenjena učinkovitost uporabljenih postopkov. Protimikrobna aktivnost je bila dokazana proti vsem testiranim Gram negativnim bakterijam, medtem ko so Gram pozitivne bakterije preživele na vseh pripravljenih vzorcih. Material izkazuje odlične hidrofilitne lastnosti po obeh postopkih obdelave. Predstavljeni rezultati dokazujejo potencial uporabljenih postopkov na področju medicinskih oblog in

		spodbujajo razvoj v smeri kliničnih testiranj.
	ANG	The present study aims at achieving effects of improved hydrophilicity and microorganism inhibition, which are rarely simultaneously present in wound dressings. Viscose fibers in their non-woven form were modified using two different pathways. Effects of a two-step procedure, i.e. alkaline or oxygen plasma treatment followed by the attachment of silver chloride nanoparticles were compared to a onestep procedure, i.e. ammonium plasma treatment, which results in both desired material characteristics simultaneously. The surface properties of untreated and differently modified cellulose samples were analyzed by Xray photoelectron spectroscopy (XPS), scanning electron microscopy (SEM), in vitro silver release, and hydrophilicity measurements. The treatment effect on antimicrobial activity was determined by the AATCC 100-1999 standard test. In light of the introduced wound dressing preparation procedures and the desired wound dressing characteristics, the effectiveness of the used procedures was evaluated. Antimicrobial activity was proven against all Gram negative bacteria, while the Gram positive bacteria survive the as-prepared samples. Hydrophilicity was proven to be excellent using both preparation procedures. The mentioned results prove the potential of the used procedures and encourage future developments toward the clinical proof of concept.
Objavljeno v		Applied Science Publishers; Carbohydrate polymers; 2014; Vol. 100; str. 55-64; Impact Factor: 3.916; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.666; A': 1; WoS: DW, EE, UY; Avtorji / Authors: Peršin Zdenka, Maver Uroš, Pivec Tanja, Maver Tina, Vesel Alenka, Mozetič Miran, Stana-Kleinschek Karin
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
2.	COBISS ID	18297110 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Tanki celulozni filmi kot platforma za študij sproščanja zdravilnih učinkovin
		ANG Cellulose based thin films as a platform for drug release studies to mimick wound dressing materials
	Opis	SLO V članku je predstavljena možnost uporabe tankih celuloznih nosilnih materialov, kot platforma za vključevanje analgetikov v medicinske obloge. Kot modelno zdravilo, je bil izbran diklofenak (DCF), ki se pogosto uporablja v medicini za lajšanje bolečin. Celulozni filmi z DCF so bili pripravljene z mešanjem raztopine trimetilsilil celuloze (DSSi: 2,5) in DCF raztopljenim v THF. Po nanašanju materiala na trdno površino, s spin-coating tehniko, smo filme izpostavili hlapom 3 M HCl, z namenom regeneracije celuloze. Sproščanje DCF, iz pripravljenih filmov v odvisnosti od časa, smo analizirali z UV-Vis metodo. Z nanašanjem dodatnih plasti celuloze, ki ne vsebujejo DCF, lahko močno upočasnimo sproščanje DCF. Kinetika sproščanja pripravljenih filmov je zelo podobna kinetiki sproščanja viskoznih vlaken impregniranih z DCF raztopino. Ta študija kaže potencialno uporabo tankih celuloznih filmov, kot modelna platforma za viskozne medicinske obloge.
		ANG In this paper, the use of ultrathin cellulose supports as platform for the incorporation of analgesic drugs in wound dressings is proposed. As a model drug, diclofenac (DCF) is chosen, which is commonly used in pain easing medical treatments. The DCF containing cellulose films are prepared by mixing solutions of trimethylsilyl cellulose (DSSi:2.5) with DCF dissolved in THF. After depositing the material on a solid surface by spin-coating, the films are subjected to vapor-phase hydrolysis using 3 M HCl in order to achieve regeneration of cellulose. The release of DCF from these films over time is studied by UV-Vis. Upon deposition of additional layers of cellulose that do not contain DCF, the release from these films can be decelerated significantly. The release kinetics from

		these films is very similar to those of viscose fibers impregnated with DCF solutions. These studies indicate a potential use of cellulose thin films as model platform for viscose based wound dressings.
	Objavljeno v	Chapman & Hall;Kluwer Academic Publishers; Cellulose; 2014; Vol. , iss.; str. [1-13]; Impact Factor: 3.033;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.853; A'': 1;A': 1; WoS: PJ, QJ, UY; Avtorji / Authors: Maver Tina, Maver Uroš, Mostegel Florian, Grießer Thomas, Spirk Stefan, Smrke Dragica, Stana-Kleinschek Karin
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	17742358 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Uporaba optične polarizacijske mikroskopije pri študiju sorpcijskih lastnosti nosilnega materiala medicinske obloge
		<i>ANG</i> Utilization of optical polarization microscopy in the study of sorption characteristics of wound dressing host materials
	Opis	<i>SLO</i> Polarizacijska mikroskopija je bila uporabljena za vrednotenje kinetike navzemanja diklofenaka, na treh različnih materialih, ki se uporabljajo za medicinske obloge. Kinetiko navzemanja lahko ovrednotimo s spremembo radija in intenzitete svetlobe, ki potuje skozi vlakno. Najpogosteje uporabljen nosilni material za zdravila v medicinskih oblogah so alginat, poliestri, kot npr. polietilentereftalat, in viskoza. Proučevali smo sposobnost navzemanja diklofenaka, kot modelno zdravilo. Učinkovita, pa vendar enostavna, in-vitro simulacija navzemanja diklofenaka, nam omogoča vpogled v možnosti aplikacije omenjenih materialov za razvoj medicinskih oblog.
		<i>ANG</i> Polarization microscopy was used for evaluation of kinetics of diclofenac sorption in three different wound dressing materials. The sorption kinetics can be evaluated by radii change and intensity of the light traveling through the fiber. The most frequently used host materials for drugs in wound dressings are alginate, polyesters such as polyethylene terephthalate, and viscose. We studied sorption of diclofenac as an example drug. Effective, but rather simple in vitro simulation of diclofenac sorption gives insight into the applicability of the mentioned materials for development of wound healing materials.
	Objavljeno v	Springer-Verlag; Microscopy and microanalysis; 2014; Vol. 20, iss. 02; str. 561-565; Impact Factor: 2.161;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.585; A': 1; WoS: PM, RA; Avtorji / Authors: Devetak Miha, Peršin Zdenka, Stana-Kleinschek Karin, Maver Uroš
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek

7.Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine v letu 2014⁶

	Družbeno-ekonomski dosežek	
1.	COBISS ID	18085398 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Elektropredenje karboksimetilceluloznih vlaken z nano-hidroksiapatitom
		<i>ANG</i> Electrospinning of carboxymethyl cellulose fibers with nano-hydroxyapatite
		V tej študiji smo razvili postopek oblikovanja karboksimetilcelulozne kopenske nanovlaken, z vgrajenimi nanodelci hidroksiapatita, s pomočjo Elmarco pilotne elektropredilne naprave Nanospider. V prvi fazi raziskave smo spreminjali lastnosti predilne raztopine (viskoznost, prevodnosti in površinsko napetost), procesne parametre (električno napetost, razdaljo med elektrodama) in okoljske parametre (relativno vlažnost). Na podlagi analiz oblikovanih elektropredilnih vzorcev, ki smo jih izvedli z vrstično elektronsko mikroskopijo (SEM), smo določili optimalno recepturo

Opis	SLO	predilne raztopine in pogoje elektropredenja. V drugi fazi, smo optimalno pripravljene predilne raztopine CMC/PEO dodali različne koncentracije sintetiziranih nanodelcev hidroksiapatita (nHAp). Na podlagi SEM analize sintetiziranih nanodelcev hidroksiapatita in rezultatov dinamičnega sipanja svetlobe (DLS) smo pokazali, široko porazdelitev velikosti sintetiziranih delcev. Izvedli smo tudi termogravimetrično analizo (TGA) koprene elektropredenih nanokompozitnih vlaken, in ugotovili, da se delež anorganskega ostanka po segrevanju, povečuje sorazmerno z naraščajočo koncentracijo dodanih nanodelcev hidroksiapatita, kar potrjuje prisotnost delcev v nanovlaknih.	
	ANG	In this study, we developed the process to design carboxymethyl cellulose nanofibre mats with embedded particles of nano-hydroxyapatite, by using Elmarco pilot-scale electrospinning device Nanospider. In first stage of research, we varied the properties of the spinning solution, such as viscosity, conductivity and surface tension, the electrospinning process parameters (electrical voltage, distance between electrodes) and environmental parameters (relative humidity). Based on the analysis of the electrospun samples by scanning electron microscopy (SEM), we determined the optimal recipe for the spinning solution and the optimal conditions of the electrospinning process. In second stage, different concentrations of synthesized nano-hydroxyapatite particles (nHAp), were added to the optimum spinning solution of CMC / PEO. Based on SEM analysis of synthesized nano-hydroxyapatite particles, and results of dynamic light scattering (DLS), we have shown that the particles have a wide size distribution. We also carried out a thermogravimetric analysis (TGA) of the nanocomposite electrospun fibers, and found that the percentage of the inorganic residue, after heating, increases proportionally with increasing concentration of added particles of nano-hydroxyapatite, which confirmed the presence of particles in the fibers.	
Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci		
Objavljeno v	Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo; Slovenski kemijski dnevi 2014, Maribor, 11. - 12. september 2014; 2014; Str. 1-12; Avtorji / Authors: Gašparič Petra, Kurečič Manja, Sfiligoj-Smole Majda, Stana-Kleinschek Karin		
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci		
2.	COBISS ID	17950230	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Elektropredena polisaharidna nanovlakna z vključenim ekstraktom oljčnih listov	
	ANG	Electrospun polysaccharide nanofibers with incorporated olive leaves' extract	
Opis	SLO	Izvedli smo študijo izdelave poroznega materiala z vključenim ekstraktom oljčnih listov, z metodo elektropredenja. Elektropredenje je zelo zanimiva in učinkovita tehnika za proizvodnjo submikronskih vlaken in netkanih kopren z odličnimi lastnostmi. Z uporabo brez-šobnega sistema elektropredenja, smo uspešno pripravili polisaharidne nanovlaknate koprene z vključenim ekstraktom oljčnih listov, ki lahko najdejo svojo aplikacijo v medicini, kot medicinske obloge, kot tudi v pakirni industriji. Dobljena elektropredena vlakna so bila med drugim okarakterizirana tudi s HPLC metodo, z namenom potrditve prisotnosti aktivnih komponent, prisotnih v ekstraktu oljčnih listov, v vlaknih. Rezultati HPLC so pokazali prisotnost visokega deleža oleuropeina in v manjši količini tudi prisotnost hydroxytyrosola, kot tudi drugih fenolnih komponent prisotnih v ekstraktu, ki so odgovorne za protimikrobno in antioksidativno delovanje izdelanega materiala.	
		In present study, a highly porous material with incorporated olive leaves	

		extract was formed, by using electrospinning, an interesting and effective technique for production of submicron fibers and non-woven mats with outstanding properties. By using a nozzle-less electrospinning apparatus, we were able to produce unique polysaccharide nanofibrous mats with incorporated olive leaves extract, which can find application in medical field, as wound dressings, as well as in food industry. Obtained electrospun nanofibers were analyzed using HPLC method in order to prove the presence of active compounds from olive extract in the fibers. Results of HPLC analysis show mainly the presence of oleuropein compound and in smaller amount the presence of hydroxytyrosol, as well as other active fenolic compounds present in the extract, responsible for antioxidant and antimicrobial activity of developed material.	
	ANG		
Šifra	B.03	Referat na mednarodni znanstveni konferenci	
Objavljeno v	University of Aveiro, Portugal, Center for Mechanical Technology & Automation, Department of Mechanical Engineering; Electrospinning for advanced nanocomposite production; 2014; Str. [17-18], (470); Avtorji / Authors: Kurečič Manja, Peršin Zdenka, Škerget Mojca, Ravber Matej, Knez Željko, Stana-Kleinschek Karin		
Tipologija	1.12	Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci	
3.	COBISS ID	17802262	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Nosilec kremenovega (QCM) kristala za vrednotenje lastnosti elektroprednih nanovlaken	
	ANG	Silica (QCM) crystal carrier for evaluation of electrospun nanofibers` properties	
Opis	SLO	Predložen izum se nanaša na nosilec kremenovega (QCM - Quartz Crystal Microbalance) kristala, ki se enostavno pritrdi oz. odstrani iz elektropredilne naprave. Bistvena iznajdba tovrstne izvedbe nosilca je, da omogoča in-situ apliciranje oblikovanih nanovlaken na kremenov kristal za nadaljnjo analizo na kremenovi mikrotehnicni (vrednotenje mase in debeline naprednih nanovlaken, adsorptivnih lastnosti nanovlaken). Nosilec je zasnovan tako, da ne vpliva na delovanje elektropredilne naprave, kakor tudi ne na lastnosti kremenovega kristala in lastnosti elektroprednih vlaken. S pomočjo nosilca izpredamo na aktivno merilno površino kremenovega kristala nanovlakna, iz različnih sintetičnih in naravnih polimerov z ali brez aditivov.	
	ANG	The present invention relates to a carrier of silica (QCM - Quartz Crystal microbalance) crystal, which can easily be mounted or removed from electrospinning device. Essential invention of designed bracket is that it allows in-situ formation of nanofibres formed on a quartz crystal, used for further analysis on quartz microbalance (evaluation of weight and thickness of electrspun nanofibrous mat, the adsorptive properties of nanofibres). The holder is designed so that it does not affect the operation of electrospinning device, nor the characteristics of quartz crystal and formation of electrospun fibers. With the use of invented holder we can electrospun nanofibers, on the active measuring surface of the quartz crystal, from a variety of synthetic and natural polymers with or without additives.	
Šifra	F.33	Patent v Sloveniji	
Objavljeno v	Urad RS za intelektualno lastnino; 2014; [1] str.; Avtorji / Authors: Kurečič Manja, Doliška Aleš, Kos Tanja, Hribernik Silvo, Peršin Zdenka, Ojstršek Alenka, Stana-Kleinschek Karin		
Tipologija	2.23	Patentna prijava	

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine v letu 2014⁷

--

9. Izjemni dosežek v letu 2014⁸

9.1. Izjemni znanstveni dosežek

2. MAVER, Tina, MAVER, Uroš, MOSTEGEL, Florian, GRIEBER, Thomas, SPIRK, Stefan, SMRKE, Dragica, STANA-KLEINSCHEK, Karin. Cellulose based thin films as a platform for drug release studies to mimick wound dressing materials. Cellulose, ISSN 0969-0239, Oct. 2014, vol. , iss. , str. [1-13], ilustr. doi: 10.1007/s10570-014-0515-9. [COBISS.SI-ID 18297110]

V prispevku je predstavljena možnost uporabe tankih celuloznih nosilnih materialov, kot platforma za vključevanje analgetikov v medicinske obloge.

9.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

--

LETNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA V LETU 2014

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	L2-6776	
Naslov projekta	Z zeoliti modificirani vlaknotvorni polimeri; izdelava, karakterizacija in aplikacija	
Vodja projekta	7814	Karin Stana Kleinschek
Tip projekta	L	Aplikativni projekt
Obseg raziskovalnih ur	v letu 2014: 1384	
Cenovni razred		
Trajanje projekta	07.2014 - 06.2017	
Nosilna raziskovalna organizacija	795	Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	104 1531 1942	Kemijski inštitut SILKEM, proizvodnja zeolitov, d.o.o. JULON Proizvodnja poliamidnih filamentov in granulatov d.o.o.
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 2.14	TEHNIKA Tekstilstvo in usnjarstvo
Družbeno-ekonomski cilj	06.	Industrijska proizvodnja in tehnologija
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	2 2.05	Tehniške in tehnološke vede Materiali

2. Sofinancerji¹

	Sofinancer		
1.	Naziv	Silkem, proizvodnja zeolitov, d.o.o.	
	Naslov	Tovarniška cesta 10, 2325 Kidričevo	
	Vrednost sofinanciranja projekta v letu 2014 je znašala:	10.000	EUR

Odstotek od utemeljenih stroškov projekta v letu 2014:		15	%
Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja			Šifra
	1.	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz tehnologije	F.10
	2.	FAKIN, Tomaž, KAUČIČ, Venčeslav, RISTIĆ, Alenka. Investigations on the morphological properties of zeolite ZSM-5 synthesized by template-free method.	B.03
	3.	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	F.03
	4.	Vključitev v Evropsko partnerstvo za inovacije za aktivno in zdravo staranje (European Innovation Partnership on Active and Healthy Ageing)	D.03
	5.	Upravljanje in razvoj raziskovalnega dela	D.08
Komentar	<p>Na osnovi pregleda relevantne znanstvene in strokovne literature, analize obstoječega stanja na področju funkcionalizacije tekstilnih materialov ter skladno s proizvodnim programom našega podjetja Silkem, smo prednostno izbrali štiri različne zeolite: zeolit 4A, zeolit 13X, zeolit ZSM-5 in mešanico zeolitov X, A in ZSM-5 za nadaljnjo površinsko modifikacijo različnih tekstilnih materialov. Uporabljen zeolit je član projektne skupine predstavil tudi na mednarodni konferenci. Za preliminarne preizkuse smo izbrali in natančno analizirali tri različne tekstilne materiale (bombažno tkanino in dve PA pletenini sodelujočega podjetja Julon) za modifikacijo z zeoliti.</p> <p>V nadaljevanju smo na izbrane materiale nanašali mešanico zeolitov X, A in ZSM-5 po različnih postopkih odvisno od vrste materiala in jih po obdelavi/pranju okarakterizirali z vrstično elektronsko mikroskopijo (SEM), ATR-FTIR spektroskopijo, CIE meritvami beline in izračunom indeksa porumenitve ter difuzno refleksijsko spektrofotometrijo. Z uspešno vključitvijo Univerze v Mariboru v Evropsko partnerstvo za iniciative in zdravo staranje (European Innovation Partnership on Active and Healthy Ageing) - EIP AHA, bo tudi v prihodnosti omogočeno še poglobljeno sodelovanje nas kot sofinancerja in Univerze v Mariboru tako na EU in nacionalnih projektih, še zlasti v sklopu Obzorja 2020, kar je tudi cilj vsakega takšnega partnerstva.</p>		
Ocena	<p>Kot podjetje, ki projekt sofinancira ocenjujemo, da smo v okviru dosedanjega dela izvedli vse aktivnosti ter realizirali zastavljene raziskovalne cilje predvidene v okviru prve polovice prvega leta projekta. Raziskovalno delo smo izvajali glede na organizacijsko shemo projekta. Po odobritvi projekta za financiranje smo imeli sestanek projektne skupine, kjer smo izdelali tudi podroben načrt uresničevanja projekta in trajanje posamezne aktivnosti po mesecih ter se dogovorili v kakšnem okviru bo potekalo eksperimentalno delo glede na končni cilj projekta.</p>		
2.	Naziv	Julon, proizvodnja poliamidnih filamentov in granulatov d. d.	
	Naslov	Letališka 15, 1000 Ljubljana	
	Vrednost sofinanciranja projekta v letu 2014 je znašala:	6.667	EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta v letu 2014:	10	%
Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja			Šifra
	1.	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz tehnologije	F.10

	2.	FAKIN, Tomaž, KAUČIČ, Venčeslav, RISTIĆ, Alenka. Investigations on the morphological properties of zeolite ZSM-5 synthesized by template-free method.	B.03
	3.	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	F.03
	4.	Vključitev v Evropsko partnerstvo za inovacije za aktivno in zdravo staranje (European Innovation Partnership on Active and Healthy Ageing)	D.03
	5.	Upravljanje in razvoj raziskovalnega dela	D.08
Komentar	<p>V letu 2014 smo izvajali predvsem aktivnosti prvega delovnega sklopa ter delno drugega delovnega sklopa raziskovalnega projekta. Na osnovi pregleda relevantne znanstvene in strokovne literature, analize obstoječega stanja na področju funkcionalizacije tekstilnih materialov ter skladno s proizvodnim programom našega partnerja v projektu, podjetja Silkem, smo skupaj izbrali štiri različne zeolite: zeolit 4A, zeolit 13X, zeolit ZSM-5 in mešanico zeolitov X, A in ZSM-5 za nadaljnjo površinsko modifikacijo različnih tekstilnih materialov. Izbrane zeolite so sodelujoči raziskovalci s Kemijskega inštituta podrobno okarakterizirali glede na njihovo morfologijo in strukturo, velikost delcev, specifično površino in velikostno porazdelitev por, kemijsko sestavo površine delca.</p> <p>Za naknadno modifikacijo z zeoliti smo izbrali in natančno analizirali tri različne tekstilne materiale, to je bombažno tkanino in dve PA pletenini našega podjetja Julon. Na izbrane materiale so raziskovalci Fakultete za strojništvo nanašali mešanico zeolitov X, A in ZSM-5 po različnih postopkih odvisno od vrste materiala in jih po obdelavi in naknadnem pranju okarakterizirali z vrstično elektronsko mikroskopijo (SEM), ATR-FTIR spektroskopijo, CIE meritvami beline in izračunom indeksa porumenitve.</p> <p>Z vključitvijo Univerze v Mariboru v Evropsko partnerstvo za iniciative in zdravo staranje (European Innovation Partnership on Active and Healthy Ageing) - EIP AHA, bo tudi v prihodnosti omogočeno sodelovanje sofinancerja in Univerze v Mariboru tako na EU in nacionalnih projektih, še zlasti v sklopu Obzorja 2020.</p>		
Ocena	<p>V našem podjetju, ki pri projektu sodeluje kot partner in sofinancer ocenjujemo, da smo v okviru dosedanjega dela izvedli vse aktivnosti ter realizirali zastavljene raziskovalne cilje predvidene v časovnem planu za prvo polovico prvega leta projekta. Raziskovalno delo smo izvajali tudi skladno z organizacijsko shemo projekta. Po odobritvi projekta smo imeli skupen sestanek projektne skupine, kjer smo izdelali tudi podroben načrt uresničevanja projekta in trajanje posamezne aktivnosti po mesecih ter se dogovorili za potek eksperimentalnega delo pri zasledovanju končnega cilja.</p>		

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu v letu 2014²

V letu 2014 smo izvajali predvsem aktivnosti prvega delovnega sklopa ter delno drugega delovnega sklopa raziskovalnega projekta. Tako je eksperimentalna izvedba projekta potekala v podjetju Silkem, Kidričevo (industrijski partner v projektu), laboratorijih Inštituta za inženirske materiale in oblikovanje na Fakulteti za strojništvo v Mariboru ter Laboratoriju za anorgansko kemijo in tehnologijo na Kemijskem inštitutu v Ljubljani, po posameznih aktivnostih v skladu z zastavljenimi cilji programa raziskovalnega projekta.

Na osnovi pregleda relevantne znanstvene in strokovne literature, analize obstoječega stanja na področju funkcionalizacije tekstilnih materialov ter skladno s proizvodnim programom sodelujočega podjetja Silkem, smo skupaj s strokovnjaki podjetja (**Aktivnost 1.1** in **Aktivnost 1.2**) prednostno izbrali štiri različne zeolite: zeolit 4A, zeolit 13X, zeolit ZSM-5 in mešanico zeolitov X, A in ZSM-5 za nadaljnjo površinsko modifikacijo različnih tekstilnih materialov. Izbrane zeolite so sodelujoči raziskovalci s Kemijskega inštituta v sklopu **Aktivnosti 1.2** podrobno okarakterizirali glede na njihovo morfologijo in strukturo, velikost delcev, specifično površino in velikostno porazdelitev por, kemijsko sestavo površine delca, itd. z uporabo različnih analitskih metod kot so rentgenska praškovna difrakcija (XRD), vrstična elektronska mikroskopija (SEM), termogravimetrija (TG/DTG), meritev dušikove fizisorpcije, porazdelitev delcev in elementna analiza.

V sklopu **Aktivnosti 2.1** smo na Fakulteti za strojništvo, na Inštitutu za inženirske materiale in oblikovanje izbrali in natančno analizirali tri različne tekstilne materiale (bombažno tkanino in dve PA pletenini sodelujočega podjetja Julon) za naknadno modifikacijo z zeoliti – preliminarni preskusi. V nadaljevanju (**Aktivnost 2.2**) smo na izbrane materiale nanašali mešanico zeolitov X, A in ZSM-5 smo po različnih postopkih odvisno od vrste materiala. Bombažno tkanino smo obdelovali po postopku impregniranja na foulardu (pad-dry-cure). Pri tem smo varirali količino zeolita (5, 10 ali 30 g/L), sestavo obdelovalne kopeli, temperaturo in čas sušenja. Obe poliamidni pletenini pa smo obdelovali po postopku izčrpavanja pri temperaturi 98°C, 60 minut, kjer smo spreminjali sestavo obdelovalne kopeli (kopol samo z zeolitom, kopol z zeolitom v kislem pH, kopol z zeolitom v kislem pH ob dodatku ustreznih tekstilnih pomožnih sredstev). Vse vzorce smo naknadno oprali pri temperaturi 30°C oz. 40°C, 20 minut, ob dodatku pralnega sredstva.

Po obdelavi/pranju smo tekstilne materiale okarakterizirali z vrstično elektronsko mikroskopijo (SEM), ATR-FTIR spektroskopijo, CIE meritvami beline in izračunom indeksa porumenitve ter difuzno refleksijsko spektrofotometrijo. Iz SEM posnetkov, DRS profila in ATR-FTIR krivulj modificiranih vzorcev smo zaključili, da imamo na materialu prisotne zeolitne delce, vendar je njihova količina in enakomernost nanosa odvisna od vrste postopka, dodanih kemikalij in vrste materiala. Po pranju se količina nanešenih delcev zmanjša. V nadaljevanju projekta bomo postopke za funkcionalizacijo materialov optimizirali.

4. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev v letu 2014³

V našem dosedanjem delu smo izvedli vse aktivnosti ter realizirali zastavljene raziskovalne cilje predvidene v okviru prve polovice prvega leta projekta. Raziskovalno delo smo izvajali glede na organizacijsko shemo projekta. Po odobritvi projekta za financiranje smo imeli sestanek projektne skupine, kjer smo partnerjem predstavili podroben načrt uresničevanja projekta in trajanje posamezne aktivnosti po mesecih ter se dogovorili v kakšnem okviru bo potekalo eksperimentalno delo glede na končni cilj projekta.

Delo smo pričeli s **preučevanjem** novejših strokovnih in znanstvenih literatur s področja funkcionalizacije tekstilnih materialov s poudarkom na sintezi, karakterizaciji in aplikaciji zeolitnih delcev. V nadaljevanju so strokovnjaki iz podjetja Silkem pripravili štiri različne zeolite, ki so jih na Kemijskem inštitutu podrobno okarakterizirali. Na Inštitutu za inženirske materiale in oblikovanje smo izbrali nekaj vlaknatih materialov (tudi poliamidno pletenino podjetja Julon) za izvedbo preliminarnih testov funkcionalizacije z enim tipom zeolita. Tako smo izbrali nekaj standardnih plemenitilnih postopkov obdelave tekstilnih materialov in jih nekoliko modificirali. Neobdelane in z zeolitom obdelane/oprane vzorce smo podrobno analizirali.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine v letu 2014⁴

V okviru projektne skupine v letu 2014 ni prišlo do sprememb povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine, kakor tudi ne do sprememb programa raziskovalnega projekta.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine v letu 2014⁵

Znanstveni dosežek	
1.	COBISS ID
Naslov	SLO
	ANG
Opis	SLO
	ANG
Objavljeno v	
Tipologija	

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine v letu 2014⁶

Družbeno-ekonomski dosežek	
1.	COBISS ID
	18180886
	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO
	ANG
Opis	SLO
	ANG

		preparation of project proposals following the first calls of the new Horizon 2020 research and innovation programme of the European Commission.
Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci	
Objavljeno v	Fraunhofer Institute for Applied Polymer Research IAP [etc.]; Conference proceeding; 2014; f. 12; Avtorji / Authors: Kargl Rupert, Spirk Stefan, Grießer Thomas, Maver Uroš, Mohan Tamilselvan, Ribitsch Volker, Mozetič Miran, Stana-Kleinschek Karin	
Tipologija	1.10 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci (vabljeni predavanja)	
2.	COBISS ID	5546266 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Raziskave morfoloških lastnosti zeolita ZSM-5 sintetiziranega s template-free sintezo
	ANG	Investigations on the morphological properties of zeolite ZSM-5 synthesized by template-free method
Opis	SLO	V raziskavi je bila opisana template-free sinteza zeolita ZSM-5, kjer je bilo uporabljeno vodno steklo kot vir silikona in natrijev aluminat kot vir aluminija. Sinteza se je vršila v avtoklavu pri različnih temperaturah. Preučen je bil vpliv časa staranja, časa in temperature kristalizacije na obliko in porazdelitev delcev. V raziskavi so bile uporabljene tehnike XRD, SEM, XRF in DLS. Končni rezultat raziskave je bila sinteza dobro kristalinskega produkta z optimalnim molarjem $\text{Na}_2\text{O}/\text{SiO}_2$ v odvisnosti od želenega molarne razmerja $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$.
	ANG	In this study, a template-free synthesis of ZSM-5, containing sodium water glass as a source of silicon and sodium aluminate as a source of aluminum was presented. The synthesis was performed in Teflon-lined autoclaves at different temperatures. The influence of the gel forming method, time of aging, crystallization time and temperature on the shape and particle size distribution of the crystals was investigated. XRD, SEM, XRF and DLS methods were used. A well-crystalline product with an optimal molar ratio of $\text{Na}_2\text{O}/\text{SiO}_2$ was synthesized depending on the desired molar ratio of $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$.
Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci	
Objavljeno v	[s. n.]; Porous systems; 2014; Str. 363; Avtorji / Authors: Fakin Tomaž, Kaučič Venčeslav, Ristić Alenka	
Tipologija	1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci	
3.	COBISS ID	18151190 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Študija s silanom funkcionaliziranih celuloznih materialov z malokotno rentgensko analizo
	ANG	Small angle X-ray scattering study of silane functionalized cellulose materials
Opis	SLO	Na mednarodni konferenci z naslovom »1st European Conference on Smart Inorganic Polymers«, ki je bila organizirana v sklopu COST Action CM 1302: European Network on Smart Inorganic Polymers, je bila predstavljena uporaba malokotne rentgenske analize (small angle X-ray scattering - SAXS), kot primerna metoda za preučevanje strukturnih sprememb funkcionaliziranih polimernih materialov.
	ANG	The use of small angle X-ray scattering (SAXS) analytical technique was presented on the international conference entitled »1st European Conference on Smart Inorganic Polymers«, which was organized in the frame of COST Action CM 1302: European Network on Smart Inorganic Polymers. SAXS is very useful method for investigation of the structural changes functionalized polymer materials in the sub-nanometer.

Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci
Objavljeno v	Faculty of Mechanical Engineering, Institute of Engineering Materials and Design; Book of abstracts; 2014; Str. 50; Avtorji / Authors: Ehmann Heike M. A., Niegelhell Katrin, Gašparič Petra, Werzer Oliver, Ribitsch Volker, Stana-Kleinschek Karin, Spirk Stefan
Tipologija	1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine v letu 2014⁷

Med druge pomembne dosežke lahko štejemo vključitve Univerze v Mariboru v Evropsko partnerstvo za iniciative in zdravo staranje (European Innovation Partnership on Active and Healthy Ageing) - EIP AHA.

9. Izjemni dosežek v letu 2014⁸

9.1. Izjemni znanstveni dosežek

V septembru 2014 smo organizirali prvo evropsko konferenco »1st European Conference on Smart Organic Polymers« v sklopu COST Action CM 1302: European Network on Smart Inorganic Polymers. Namen konference je bil pripraviti mednarodni multidisciplinarni forum, na katerem so odlični raziskovalci predstavili rezultate najnovejših raziskav in izmenjali ideje na področju pametnih anorganskih polimerov (Smart Inorganic Polymers). Konferenca je bila zelo uspešna, saj se je odzvalo veliko število uveljavljenih raziskovalcev. Predstavljenih je bilo 45 prispevkov, od tega 25 v obliki predavanj in 20 v obliki plakatov.

9.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

--

LETNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA V LETU 2014

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	Z2-5493	
Naslov projekta	Bio in ?nano integrirani procesi za ciljno (več)funkcionalno obdelavo sintetičnih materialov	
Vodja projekta	25790 Mojca Božič	
Tip projekta	Zt Podoktorski projekt - temeljni	
Obseg raziskovalnih ur	v letu 2014:1700	
Cenovni razred	B	
Trajanje projekta	08.2013 - 07.2015	
Nosilna raziskovalna organizacija	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo	
Raziskovalne organizacije - soizvajalke		
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.14 Tekstilstvo in usnjarstvo 2.14.02 Tekstilna kemija	
Družbeno-ekonomski cilj	02. Okolje	
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	2 Tehniške in tehnološke vede 2.05 Materiali	

2. Sofinancerji¹

	Sofinancer		
1.	Naziv		
	Naslov		
	Vrednost sofinanciranja projekta v letu 2014 je znašala:		EUR

Odstotek od utemeljenih stroškov projekta v letu 2014:		%
Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		Šifra
	1.	
	2.	
	3.	
	4.	
	5.	
Komentar		
Ocena		

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu v letu 2014²

V letu 2014 sem nadaljevala z aktivnostmi prvega delovnega sklopa ter pričela z aktivnostmi drugega in tretjega delovnega sklopa podoktorskega projekta. Eksperimentalno izvedbo projekta sem izvajala v laboratorijih Oddelka za tekstilne materiale in oblikovanje na Fakulteti za strojništvo v Mariboru, po posameznih nalogah v skladu z zastavljenimi cilji programa podoktorskega projekta.

Prvi delovni sklop podoktorskega projekta obsega izbor karbonskih nanocevk in TiO₂ prekursorja in površinsko modifikacijo novo sintetiziranih karbonskih-TiO₂-nanocevk z bio-funkcionalnimi spojinami (Naloge 1.1, 1.2 in 1.3). Uporabila sem sono-kemijsko enostavno metodo sinteze karbonskih-TiO₂-nanocevk (z različnim molarnim razmerjem med TiO₂:MWCNT) v kombinaciji s procesom kalciniranja. Novo sintetizirane karbonske-TiO₂-nanocevk sem površinsko modificirala po dveh različnih postopkih: (i) »*in situ*« modifikacija z encimsko sintetiziranim fenoazin barvilom (tj. fotosenzibilizator) in (ii) »*ex situ*« encimska sinteza fenoazin barvila in indirektna encimska vezava na karbonske-TiO₂-nanocevk s pomočjo mediatorja galične kisline. Modificirane in nemodificirane karbonske-TiO₂-nanocevk sem strukturno okarakterizirala z raznimi analitskimi tehnikami kot so: XRD, Raman, UV-vis, XPS in DLS. Kristalinična struktura in velikost tvorjenih TiO₂ kristalov novo sintetiziranih karbonskih-TiO₂-nanocevk in TiO₂ nanodelcev je bila določena z uporabo XRD metode, s katero sem potrdila prisotnost anatazne kristalne strukture TiO₂ velikosti od 9.5 do 16.5 nm, odvisno od razmerja med TiO₂ in karbonskimi nanocevkami. Z Raman in X-Ray fotoelektronsko (XPS) spektroskopsko tehniko sem potrdila uspešno encimsko vezavo barvila preko C=C vezi na površino karbonske-TiO₂-nanocevk, s čimer sem povečala absorpcijski maksimum nanodelcev v vidni del svetlobe. Z encimsko modifikacijo površine karbonskih-TiO₂-nanocevk sem znižala vrzel frekvenčnega pasu iz 2,42 eV za nemodificirane karbonske-TiO₂-nanocevk (17:1) na 2,27 eV in iz 1,66 eV za nemodificirane karbonske-TiO₂-nanocevk (10:1) na 1,5 eV, kar je omogočilo, da so nano-kompoziti fotokatalitično aktivni v vidnem delu svetlobe. Fotokatalitično aktivnost posameznih nano-delcev sem testirala z degradacijo v vodi raztopljenega metilen modrega barvila pri radiaciji UV- in vidnega- dela svetlobe. Encimska modifikacija novo sintetiziranih nanodelcev je doprinesla k povečani fotokatalitični aktivnosti pri obeh uporabljenih svetlobah tj. UV in vidni in k možnemu recikliranju ter ponovni uporabi po 4 zaporednih degradacijskih testih. Dobljeni rezultati in diskusije so zbrani v članku »*Biomimetic functionalization of TiO₂-MWCNT nanocomposites with soluble phenoxazine dye for enhanced photocatalytic activity*«, ki je trenutno v recenziji v reviji Applied Catalysis A General (IF = 3,67).

V nalogi 1.4 sem poizkušala encimsko modificirati TiO₂-nanocevk, sintetizirane na Inštitutu Jožefa Stefana. Modifikacija je bila neuspešna, saj z encimsko katalizirano reakcijo nisem uspela obstojno vezati barvila na površino TiO₂-nanocevk. Same cevke so bile težko dispergljive in so po modifikaciji izgubile na fotokatalitični aktivnosti. Zato smo se odločili za druge komercialno dosegljive TiO₂-nanocevk in kemijsko modifikacijo s fenolnimi kisljinami, kjer smo izvedli študijo adsorpcije dveh kemično podobnih fenolnih kislin na površino Ti-nanocevk (TiNT) z namenom povečanja oz. razširitev foto-inducirane aktivnosti v vidni del svetlobe. Kompozite smo strukturno analizirali z Raman in X-rentgensko spektroskopijo v kombinaciji z zeta-potencial metodo, medtem ko smo za določevanje fotokatalitične aktivnosti in stabilnosti uporabili kapilarno elektroforezo visoke ločljivosti v kombinaciji s ciklično voltometrijo in spin-lovilec EPR spektroskopijo. Modifikacija s kafeično kislino (KK) je doprinesla k orientiranem in kompaktnem površinskem sloju molekularne KA (1-3 nm), ki je znižal vrzel frekvenčnega pasu iz 2.9 eV za nemodificirane TiNT na 1.55 eV za KK modificirane TiNT. Kljub znižanju vrzeli pa modifikacija ni doprinesla k povečanju nastajanja hidroksilnih radikalov pri nobeni uporabljeni svetlobi (UV in vidna). Medtem pa je galična kislina (GK) polimerizirala na površini TiNT in tvorila stabilno strukturo polimeriziranih GK molekul. Pri tem se je vrzel frekvenčnega pasu znižal na 2.25 eV in povečala se je fotokatalitična aktivnost oz nastajanje hidroksilnih radikalov pri UV in vidni svetlobi. Tretja testirana fenolna kislina hidroksi-benzen kislina (HK) je yodila k nestabilnim površinskim slojem vezanim preko enojne vodikove vezi. Studija predstavlja novo strategijo površinske modifikacije TiNT ter uspešno povečanje fotokatalitične aktivnosti. Dobljeni rezultati so objavljeni v članku »*Synergies of phenolic-acids' surface-modified titanate nanotubes (TiNT) for enhanced photo-catalytic activities*« revije Journal of colloid and interface science (IF = 3,55).

Drugi in tretji delovni sklop zajemata razvoj nano/bio-funkcionalnih procesov za plemenjenje izbranih sintetičnih materialov in analize učinkovitosti nano/bio-funkcionaliziranih površin. V nalogi 2.1 in 2.2 sem izbrala dva modelna aromatska sintetična materiala tj. amorfno polietilen teraftalat (PET) folijo in polietersulfonsko (PES) folijo za vezavo novo sintetiziranih nanodelcev na površino z uporabo encimsko katalizirane reakcije. Za vezavo fotokatalitičnih nanodelcev uporabljam lakaze in »*dip-coating*« metodo, kjer preučujem variiranje koncentracije različnih nanodelcev in lakaznega encima ter njihovo časovno doziranje, pH reakcije, temperature in čas v odvisnosti od uspešne vezave nanodelcev na površino sintetičnih filmov. Vezavo sledim z uporabo SEM mikroskopije, ATR-FTIR in Raman spektroskopije, medtem ko aktivnost preliminarno določujem z uporabo degradacijskih testov v vodni raztopini metilen modrega barvila. Dobljene rezultate bom objavila na mednarodnih konferencah ter v izvirnih znanstvenih člankih v mednarodnih revijah.

4. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev v letu 2014³

V dosedanjem delu sem izvedla vse aktivnosti ter realizirala zastavljene raziskovalne cilje predvidene v okviru podoktorskega projekta. Raziskovalno delo sem izvajala glede na organizacijsko shemo projekta. Natančno sem preučila lastnosti vseh komercialno dosegljivih karbonskih-TiO₂-nanocevk in samih karbonskih cev, in se na podlagi komercialne dosegljivosti produkta odločila za sintezo karbonskih-TiO₂-nanocevk, ki bodo dosegala predvidene lastnosti. Uspešno sintetizirane karbonske-TiO₂-nanocevke sem okarakterizirala glede na njihovo strukturo s pomočjo Raman, ATR-FTIR, XPS, XRD in UV-vis spektroskopije. Nadalje sem po načrtu projekta preučila funkcionalne in sintezne lastnosti posameznih fenolnih kislin in uporabljenih reakcijskih katalizatorjev (npr. lakaze). Uspešno sem izvedla sintezo barvila fenoazin in preučila reakcijske pogoje oksidacije in polimerizacije fenoazina z galično kislino. Površinska modifikacija TiO₂-nanocevk, sintetiziranih na Inštitutu Jožefa Stefana ni tvorila pričakovanih rezultatov, za smo se odločili za komercialno dosegljive titanijeve nanocevke in jih ne-encimsko površinsko modificirali in natančno okarakterizirali. Modifikacija je bila uspešna v primeru uporabe galične kisline, kjer smo uspeli povečati fotokatalitično aktivnost z obstojnim površinskim polimeriziranim plaščem galične kisline. Glede na organizacijsko shemo sem aktivno začela tudi z delom drugega in tretjega sklopa, kjer izvajam študijo in karakterizacijo uspešne encimske vezave novo sintetiziranih nano-delcev na površino dveh modelnih sintetičnih materialov z uporabo »*dip-coating*« metode. Delo projekta poteka skladno s predvidenim načrtom in zastavljenimi raziskovalnimi cilji.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine v letu 2014⁴

Delo projekta poteka skladno s predvidenim programom podoktorskega projekta.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine v letu 2014⁵

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	18155542	Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO	Sinergija površinsko modificiranih titanatih nanocevk (TiNT) s fenolnimi kislinami za povečanje foto-katalitične aktivnosti
		ANG	Synergies of phenolic-acids' surface-modified titanate nanotubes (TiNT) for enhanced photo-catalytic activities

Opis	SLO	<p>Predstavljena je študija adsorpcije dveh kemično podobnih fenolnih kislin na površino Ti-nanocevk (TiNT) z namenom povečanja oz razširitev foto-inducirane aktivnosti v vidni del svetlobe. Kompoziti so bili strukturno analizirani z Raman in X-rentgensko spektroskopijo v kombinaciji z zeta-potencial metodo, medtem ko je za določevanje fotokatalitične aktivnosti in stabilnosti bila uporabljena kapilarna elektroforeza visoke ločljivosti v kombinaciji s ciklično voltometrijo in spin-lovilec EPR spektroskopijo. Modifikacija s kafeično kislino (KK) je doprinesla k orientiranem in kompaktnem površinskem sloju molekularne KA (1-3 nm), ki je znižal vrzel frekvenčnega pasu iz 2.9 eV za nemodificirane TiNT na 1.55 eV za KK modificirane TiNT. Kljub znižanju vrzeli pa modifikacija ni doprinesla k povečanju nastajanja hidroksilnih radikalov pri nobeni uporabljeni svetlobi (UV in vidna). Medtem pa je galična kislina (GK) polimerizirala na površini TiNT in tvorila stabilno strukturo polimeriziranih GK molekul. Pri tem se je vrzel frekvenčnega pasu znižal na 2.25 eV in povečala se je fotokatalitična aktivnost oz nastajanje hidroksilnih radikalov pri UV in vidni svetlobi. Tretja testirana fenolna kislina hidroksi-benzen kislina (HK) je doprinesla k nestabilnim površinskim slojem vezanim preko enojne vodikove vezi. Študija predstavlja novo strategijo površinske modifikacije TiNT ter uspešno povečanje fotokatalitične aktivnosti.</p>	
	ANG	<p>The adsorption of chemically similar but differently oxygen reactive phenolic-acid derivatives on the Ti-nanotubes (TiNTs) surfaces to increase and/or broaden their photo-induced activity was studied using Raman and X-ray photoelectron spectroscopies combined with zeta-potential analyses. Photo-catalytic activities and stabilities of newly synthesized particles were evaluated by using high-resolution capillary electrophoresis in combination with cyclic voltammetry and spin-trapping EPR spectroscopy. The modification with caffeic acid (CA) resulted in well-oriented and dense but oxygen semi-stable thin layer (1-3 nm) of self-assembled mono-molecular and/or bi-dentate coordinated molecules on the TiNTs' surfaces, which narrowed the band gap from 2.9 eV (for unmodified TiNTs) to 1.55 eV, but however restrict the hydroxyl radicals generation under both UV (320 nm) and VIS (450 nm) source radiations. On the other hand, the gallic acid (GA) resulted in situ polymerized GA layer through bi-dentate binding as highly-oxygen-stabilized surface structure, yielding narrower band gap of 2.25 eV and increased hydroxyl radical's generation under both exposure lights. The third tested hydroxybenzoic acid (HA), resulted to an unstable layer bonded thorough single-hydrogen bonding mechanism. This work offers a new modification strategy for stable (oxygen and photo-induction related) and highly visible-light responded TiNTs as photocatalyst.</p>	
	Objavljeno v	<p>Journal of colloid and interface science, 2015, vol. 438, str. 277-290, [COBISS.SI-ID 18155542], JCR IF (2013): 3.552, doi: 10.1016/j.jcis.2014.09.081</p>	
Tipologija	<p>1.01 Izvirni znanstveni članek</p>		
2.	COBISS ID	17810198	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	<p>Encimska fosforalizacija celuloznih nano-fibrilov za doseglo povečane adsorpcije ionov, protigorljivih lastnosti ter zmožnosti nalaganja hidrokisapatita</p>	
	ANG	<p>Enzymatic phosphorylation of cellulose nanofibers to new highly-ions adsorbing, flame-retardant and hydroxyapatite-growth induced natural nanoparticles</p>	
		<p>Predstavljena študija potrjuje encimsko katalizirano fosforalizacijo celuloznih nano-fibrilov (CNF) z uporabo heksokinaz in adenzin-5'-trifosfatom v prisotnosti Mg ionov. Reakcija vodi do vezave fosfatnih skupin na celulozni monomerni obroč. Vezavo smo potrdili z raznimi</p>	

Opis	SLO	uporabljenimi analiznimi metodami kot so 12C CPMAS, 31P MAS nuklearna magnetna resonanca, ATR-FTIR in XPS spektroskopija. Stopnjo substitucije (DS) smo določili z elementarno analizo in primerjali z DS, določeno z XPS metodo. Z uporabo termo-gravimetrične analize smo ugotovili, da fosforalizacija na C-6-O mestu znatno preprečuje na izgubi mase med pirolizo, kar potrjuje protigorljive lastnosti novih sintetiziranih nano-delcev. Dodatno je fosforalizacija znatno povečala adsorpcijsko sposobnost Fe ³⁺ ionov, zaradi česar so nano-delci potencialni za izdelavo bio-filtrov in membran. Nazadnje smo potrdili bio-mimetično rast Ca-P kristalov v simulirani telesni tekočini z uporabo vrstične elektronske mikroskopije kar prikazuje njihovo dodano potencialno uporabo tudi kot biomedicinski material.
	ANG	This study confirms the enzyme-mediated phosphorylation of cellulose nanofibers (CNF) by using hexokinase and adenosine-5'-triphosphate in the presence of Mg-ions, resulting in a phosphate group's creation in the cellulose monomer rings. A proof-of-concept is provided using 12C CPMAS, 31P MAS nuclear magnetic resonance, attenuated total reflectance-Fourier transform infrared spectroscopy and X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) analyzing methods. The degree of substitution (DS) is determined by elemental analysis and compared to DS estimated by XPS analysis. From the thermal degradation measurements using thermo-gravimetric analysis, the C-6-O phosphorylation was found to noticeably prevent the CNF derivatives from weight loss in the pyrolysis process, thus, providing them flame-resistance functionality. Furthermore, phosphorylation significantly enhanced adsorption capacity of Fe ³⁺ ions making them interesting for fabrication of biobased filters and membranes. Finally, the biomimetic growth of Ca-P crystals (hydroxyapatite) in simulated body fluid was characterized by scanning electron microscopy and energy dispersive X-ray, showing potential application as biomedical materials.
Objavljeno v	Chapman & Hall;Kluwer Academic Publishers; Cellulose; 2014; Vol. 21, iss. 4; str. 2713-2726; Impact Factor: 3.033;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.853; A'': 1;A': 1; WoS: PJ, QJ, UY; Avtorji / Authors: Božič Mojca, Liu Peng, Mathew Aji P., Kokol Vanja	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	

7.Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine v letu 2014⁶

Družbeno-ekonomski dosežek		
1.	COBISS ID	17935638
		Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Fotokatalitična aktivnost novo sintetiziranih TiO ₂ -karbonskih nanocevk, funkcionaliziranih z aromatskimi polimeri
	ANG	Photocatalytic activity of newly synthesised TiO ₂ -carbon nanotubes being post functionalized with aromatic polymers
		Titanijev dioksid (TiO ₂) je zaradi svoje visoke fotokatalitične aktivnosti, netoksičnosti, cenenosti in fotokemične stabilnosti eden izmed najbolj raziskanih fotokatalizatorji. Njegovo praktično uporabo močno omejuje nizki kvantni izkoristek, ki je posledica hitre rekombinacije foto generiranih verzel-elektronskih parov in omejen odziv na vidni del svetlobe. Po drugi strani pa večslojne karbonske nanocevice (MWCN) predstavljajo ustrezno predlogo za izboljšanje fotokatalitične aktivnosti materialov. Kombinacija TiO ₂ in MWCNT omogoča potencialno povečanje aktivnih mest, pri čemer posledično povečamo fotokatalitično aktivnost. V tej študiji smo se osredotočili na sono-kemično metodo, v kombinaciji s procesom kalciniranja za pripravo TiO ₂ -karbonskih nanocevk z različnimi molskimi razmerji med titanijem in ogljikom. Sintetizirane TiO ₂ -karbonske

Opis	SLO	<p>nanocevke imajo ogromno površino, ki je vzrok za visoko aglomeracijo nanodelcev. Za zmanjšanje aglomeracije smo sintetizirane TiO₂-karbonske nanocevk naknadno funkcionalizirali z na mestu encimsko sintetiziranimi topnimi aromatskimi polimeri. Encimski postopek temelji na neposrednem napadu sp² ogljikovega atoma na površini MWCNT preko prostih radikalov, kar omogoča določeno kontrolo funkcionalizacije brez uničenja originalne MWCNT strukture. Kontrolne MWCNT in funkcionalizirane TiO₂-karbonske nanocevk smo okarakterizirali z vrsto različnih analiznih metod, vključno z Raman, ultravijolično-vidno (UV-vis) in X-Ray fotoelektronsko (XPS) spektroskopijo, vrstično elektronsko mikroskopijo (SEM) in termo-gravimetrično kot tudi z diferencialno analizo kalorimetrijo (TGA-DSC). Fotokatalitsko aktivnost smo ovrednotili z razgradnjo metilen modrega barvila v raztopini ob prisotnosti sevanja UV in vidnega dela svetlobe. Rezultati potrjujejo uspešno kovalentno vezavo topnih aromatskih polimerov na površino MWCNT in tako zmanjšanje njihove agregacije.</p>	
	ANG	<p>Among various semiconductors, titanium dioxide (TiO₂) is the most studied photocatalysts because of its high photocatalytic activity, non-toxicity, low cost and photochemical stability in the reaction conditions. However, the low quantum efficiency, owing to the fast recombination of photo generated hole-electron pairs and limited response to sunlight irradiation because of wide band-gap of TiO₂ greatly limited its practical application. On the other hand, multiwalled carbon nanotubes (MCNTs) present an appropriate template for materials with field-emission displays and photocatalytic properties. Thus, a combination of TiO₂ and MCNTs could potentially create many active sites yielding increased photocatalytic activity. In this work, we focused on the sonochemical, combined with calcination process for the preparation of TiO₂-carbon nanotube composites with different mole ratio of titanium and carbon. Synthesised TiO₂-carbon nanotubes exhibit an enormous surface area, which is responsible for the high agglomeration tendency. Therefore, we post functionalized TiO₂-carbon nanotubes with enzymatic in situ synthesized soluble aromatic polymers. This enzymatic procedure is based on the direct attack of the sp² carbon on the MCNT surface through a free radical process, allowing having a certain control of the yield of functionalization without destroying the MCNTs original structure.</p> <p>The bare MCNTs and the functionalized TiO₂-carbon nanotube composites were characterized by a range of analytical techniques including Raman, ultraviolet-visible (UV-vis) and X-Ray photoelectron (XPS) spectroscopies, scanning electron microscopy (SEM) and thermogravimetric and differential scanning calorimetry analysis (TGA-DSC). The photocatalytic activity was evaluated toward the degradation of methylene blue in aqueous solution under both UV and visible light irradiation. The results indicated that the soluble aromatic polymers were grafted covalently on the surface of MCNTs successfully, and the functionalized TiO₂-carbon nanotube composites exhibit higher aquatic solubility.</p>	
Šifra	B.06 Drugo		
Objavljeno v	2014; Avtorji / Authors: Božič Mojca, Vivod Vera, Vogrinčič Robert, Majerič Martina, Kokol Vanja		
Tipologija	3.15 Prispevek na konferenci brez natisa		
2.	COBISS ID	17828630	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Površinska funkcionalizacija titanatnih nanocevk z različnimi fenolnimi kisljinami in njihova fotokatalitična aktivnost	
	ANG	Surface functionalization of titanate nanotubes with different phenolic acids and their photo-catalytic activity	

Opis	SLO	V prispevku smo predstavili razvoj in optimizacijo funkcionalizacije TiO ₂ hibridov, ki temelji na združenem pristopu obeh, oblikovanja TiO ₂ nanodelcev in raziskovanja TiO ₂ -površinskih interakcij z organskimi fenolnimi kislinami. Z novimi dognanji o lastnostih, modifikaciji in permanentnem nanosu anorganskih nano delcev kot so TiO ₂ in njegovi hibridi z različnimi organskimi fenolnimi spojinami, smo prispevali k obogatitvi temeljnega znanja (korelacija med reaktivnostjo, strukturo in površinskimi lastnostmi) kakor tudi uporabnega znanja (uvajanje novih stabilnih struktur in preskusnih metod ter razvoj novih tehnologij) s tega področja; ter k razvoju novih nano materialov z multifunkcionalnimi lastnostmi.
	ANG	In the contribution we have presented the development and the optimization of the designing the TiO ₂ hybrids based on combinatorial approaches to both TiO ₂ structure design and the exploration of TiO ₂ surface interactions with organic phenolic acids. New findings about the properties, modification and permanent application of inorganic nano-particles such as TiO ₂ and its hybrids with various organic phenolic compounds have enormous contribution to the enrichments of fundamental knowledge (correlation between reactivity, structure and surface properties) as well as applicable knowledge (introduction of new stable structures and testing methods, and development of new technologies) from this area; and to the development of new nano materials with multi-functional properties.
Šifra	B.06	Drugo
Objavljeno v	2014; Avtorji / Authors: Jaušovec Darja, Božič Mojca, Kovač Janez, Štrancar Janez, Kokol Vanja	
Tipologija	3.15	Prispevek na konferenci brez natisa

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine v letu 2014⁷

--

9. Izjemni dosežek v letu 2014⁸

9.1. Izjemni znanstveni dosežek

Članek v recenziji, revija Applied Catalysis A General:

Mojca Božič, Vera Vivod, Robert Vogrinčič, Irena Ban, Gregor Jakša, Darinka Fakin, Vanja Kokol. Biomimetic functionalization of TiO₂-MWCNT nanocomposites with soluble phenoxazine dye for enhanced photocatalytic activity, Applied Catalysis A General, under review

Slovenski naslov: Bio-mimetična funkcionalizacija TiO₂-MWCNT nanokompozitov s topnim fenoksiazino barvilom za povečanje fotokatalitične aktivnosti

9.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

--

Projekti na katerih sodelavci Fakultete za strojništvo UM izvajajo raziskave kot sodelujoča raziskovalna organizacija:

Številka raziskovalnega projekta:
Trajanje raziskovalnega projekta:
Vodja raziskovalnega projekta:
Naslov raziskovalnega projekta:

J2-6760-0795 (temeljni)
1.7.2014 do 30.6.2017
dr. U. Maver; Vodja na FS dr. K. Stana Kleinschek
BIOODZIVNI SISTEMI NA OSNOVI MAGNETNOOPTIČNO
SKLOPLJENIH NANOMATERIALOV ZA INOVATIVNO
ZDRAVLJENJE KOŽNIH RAKAVIH BOLENIJ

Številka raziskovalnega projekta:
Trajanje raziskovalnega projekta:
Vodja raziskovalnega projekta:
Naslov raziskovalnega projekta:

L7-6782-0795 (aplikativni)
1.7.2014 do 30.6.2017
dr. A. Vesel; Vodja na FS dr. K. Stana Kleinschek
FUNKCIONALIZACIJA POLIMERNIH KARDIOVASKULARNIH
VSADKOV ZA OPTIMIZACIJO HEMOKOMPAKTIBILNOSTI

Številka raziskovalnega projekta:
Trajanje raziskovalnega projekta:
Vodja raziskovalnega projekta:
Naslov raziskovalnega projekta:

J2-6774-0795 (temeljni)
1.7.2014 do 30.6.2017
dr. M. Dular; Vodja na FS dr. I. Biluš
NATANČNI EKSPERIMENTI IN SIMULACIJE ZA
RAZUMEVANJE IN NAPOVED KAVITACIJSKE EROZIJE

Številka raziskovalnega projekta:
Trajanje raziskovalnega projekta:
Vodja raziskovalnega projekta:
Naslov raziskovalnega projekta:

J2-6750-0795 (temeljni)
1.7.2014 do 30.6.2017
dr. Ž. Knez; Vodja na FS dr. T. Bončina
ZELENE TEHNOLOGIJE ZA PROCESIRANJE
BIOMATERIALOV

**ZAKLJUČNA POROČILA O REZULTATIH
RAZISKOVALNIH PROJEKTOV V LETU 2014**

ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	L2-4107
Naslov projekta	RAZVOJ NOVE GENERACIJE TOPLOTNIH MANIKINOV ZA NAMENE VREDNOTENJA OPREME ZA ZAŠČITO IN VAROVANJE ZDRAVJA V EKSTREMNIH POGOJIH BIVANJA IN DELA (X-TERMOMAN)
Vodja projekta	4011 Jože Balič
Tip projekta	L Aplikativni projekt
Obseg raziskovalnih ur	8430
Cenovni razred	
Trajanje projekta	07.2011 - 06.2014
Nosilna raziskovalna organizacija	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	106 Institut "Jožef Stefan" 223 BIOMED raziskovanje in strokovno svetovanje d.o.o.
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.10 Proizvodne tehnologije in sistemi 2.10.01 Proizvodna kibernetika
Družbeno-ekonomski cilj	13.02 Tehnološke vede - RiR financiran iz drugih virov (ne iz SUF)
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	2 Tehniške in tehnološke vede 2.11 Druge tehniške in tehnološke vede

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

2. Povzetek raziskovalnega projekta¹

SLO

SLO

Vse pogostejše nevarnosti, daljša izpostavljenost ljudi v določenih ekstremnih okoljih in s tem povečana tveganost za nastanek poškodb in možnost preživetja narekujejo vse višje kriterije za izdelavo zaščitne opreme ljudi. Posledično je za načrtovanje osebne zaščitne opreme in za varovanje zdravja ljudi v ekstremnih delovnih pogojih razvit večstopenjski model za določanje optimalnega zaščitnega oblačilnega sistema. Znotraj tega modela se je kot najbolj uporabno merilno in testno orodje izkazala toplotna lutka, t.i. toplotni manikin, ki se trenutno uporablja za določanje toplotnih in evaporativnih lastnosti osebne zaščitne opreme.

Izpolnjen je glavni cilj predlaganega programa, tj. razvoj inteligentnega toplotnega manikina. Sposoben je izvesti simulacijo človeškega telesa in s pomočjo ustrezno razvite programske opreme »komunicirati« z delovno bivalnim okoljem.

Projekt je bil izveden v treh modulih:

1) Konstrukcija manikina: konstruiranih je bilo 19 segmentov, vsak segment ima neodvisno regulacijo moči gretja in temperature. Izdelan je s sodobnimi postopki hitre izdelave prototipov, kar nam je v postopkih izdelave omogočilo prilagajanje izmer in oblike manikina; 2.) Regulacija temperature pri ljudeh: izvedena je študija znanih karakteristik avtonomne in vedenjske regulacije temperature. Za razumevanje regionalnega prispevka k avtonomnim in vedenjskim odzivom je izvedeno tudi testiranje z ljudmi. Izvedene so študije regionalne občutljivosti kožne temperature na različnih telesnih področjih z namenom ocenjevanja toplotnega udobja/neudobja;

3.) Termoregulacijski model: Karakteristike avtonomne in vedenjske temperaturne regulacije so implementirane v termoregulacijski model, ki temelji na nevrofiziologiji toplotnih receptorjev. Razvita programska oprema omogoča obdelavo podatkov in izračune regionalne toplotne izolacije za 19 različnih segmentov manikina. Funkcionalnost razvitega termoregulacijskega manikina je ovrednotena iz več perspektiv.

4.) Antropometrija: Dimenzije manikina smo določili na podlagi antropometričnih meritev (skupno 79) na 501 preiskovancev in preiskovank.

Razvit manikin predstavlja nepogrešljivo orodje pri načrtovanju optimalne zaščitne opreme za ekstremna delovna okolja z namenom, da se s takšno opremo poveča varnost pri delu, da se prepreči pregretje človeka, ko le ta dela v ekstremno vročem delovnem okolju, kot je delo gasilcev.

Razvit merilni manikin v nadaljevanju predstavlja potencialna sodelovanja z drugimi raziskovalnimi organizacijami. To bo na področjih vzpostavitve biometeorološkega indeksa za toplotno podnebje, za ocenjevanje primernosti in nevarnosti notranjega (npr. pisarne, šole, domovi za ostarele in poškodovane) in zunanjega (npr. zima in poletje, suho in deževno) okolja, kot tudi za načrtovanje klimatskih kontrolnih sistemov v transportnih sredstvih.

ANG

Increasingly frequent threats, prolonged exposure of people in certain extreme environments, thereby increasing the risk of injury and the possibility of survival dictated always the higher criteria for the production of personal protective equipment. As a result, the multi-stage model for determining the optimal protective clothing system is developed for the purpose of its design and with aim to protect the health of people in extreme working conditions. Within this model the thermal manikin is the most useful measurement and test equipment. Thermal manikin is used for the determination of thermal and evaporative properties of the personal protective equipment.

The main objective of the proposed program, the development of an intelligent thermal manikin, is completed. It is capable of simulating the human body and using properly developed software to interact with working and living environment.

The three-part project is implemented through:

1) The construction of the manikin: 19 segments were constructed; each segment has an independent power and temperature control. It is made with modern methods of rapid prototyping, which in the process of making allow possible adaptation of the manikin shape and dimensions;

2) Temperature regulation of humans: A study of known characteristics of autonomously and behavioural temperature regulation. To understand the regional contribution too autonomously and behavioural response human testing was also performed. The studies of regional sensitivity of skin temperature in various areas of the body with the purpose of the thermal comfort / discomfort assessment were carried out;

3) Thermoregulatory model: The characteristics of autonomic and behavioural temperature regulation are implemented into a thermoregulatory model based on the neurophysiology of thermo reception. The developed software enables data processing and calculations of regional thermal insulation for 19 different segments of the manikin.

4) Anthropometry: The dimensions of the manikin were determined on the basis of a 79 anthropometric measurements on 501 male and female subjects

The functionality of the developed thermoregulatory manikin is evaluated from several perspectives. Developed manikin presents an essential tool in the design of optimal protective equipment for extreme working environments in order to increase safety at work, to avoid human overheating while working in extremely hot conditions, such as the work of fire-fighters is. Developed measuring manikin makes possible a potential collaboration with other research organizations. It will be in the areas of establishing the Biometeorology index for thermal climate, to assess the adequacy and internal threats (eg. offices, schools, retirement homes and damaged) and external (eg. winter and summer, rainy and dry) environment, as well as for the design of air conditioning control systems in transport vehicles.

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu²

Raziskovalna hipoteza, da je s pomočjo postopkov hitre izdelave možno optimalno in finančno učinkovito izdelati toplotni manikin je potrjena. Proučene so bile različne metode

Opis raziskovanja

Delo na projektu je potekalo od skic za razvoj in izdelavo toplotnega manikina do definiranja tehničnih podrobnosti za razvoj ustrezne programske opreme. To pomeni, da je bilo veliko aktivnosti izvedenih za študijo porazdelitve elementov za gretje po notranji površini manikina z namenom, da se doseže enakomerno ogrevanje zunanje površine toplotnega manikina. To je tudi uspešno izvedeno. Poleg vseh potrebnih aktivnostih, povezanih s konstrukcijo, tako telesa manikina, kot vgrajevanja elektro komponent, je bil zasnovan krmilni sistem za neodvisno regulacijo toplote po posameznih segmentih manikina. Za razumevanje končnih rezultatov, tj. udobja/neudobja skozi toplotno izolacijo različnih oblačilnih sistemov je bila izvedena študija, s katero smo dokumentirali regionalne prispevke k vedenjskim odzivom pri moških in ženskah ter študija s katero smo dokumentirali regionalne prispevke k avtonomnim odzivom testirancev (predvsem znojenje).

Rezultati

V okviru raziskovalnega projekta je razvit toplotni manikin, kontrolni sistem in ustrezna programska oprema za zajemanje in vrednotenje podatkov. Toplotni manikin je zgrajen iz 19 segmentov. Za posamezen segment je ločeno kontrolirana moč z namenom doseganja optimalno in konstantno ogrevane površine manikina. To je uspešno izvedeno, in merilni sistem dosega enakomerno temperaturo na površini manikina na 36,7 °C. Temperatura na površini manikina se beleži glede na zahtevano pogostost, tj. na 5 sekundni interval. Prav tako se beleži tudi moč grelcev za vsak ločen segment. 19 segmentov, ki določajo in opisujejo površine toplotnega manikina so razdeljeni glede na proučitev znanstvenih spoznanj o fiziologiji človeka. Pomeni, da smo segmente razdelili glede na

lokalna področja za katera je znano, da človeško telo na teh področjih proizvaja različno količino toplote med opravljanjem visoko intenzivnega dela. Tako razvit in zgrajen sistem omogoča natančno določanje regionalne toplotne izolacije za posamezen segment na toplotnem manikinu (za vsakega od 19-ih). Takšno določanje toplotne izolacije na regionalnem nivoju je prav tako zelo pomembno tako z vidika zavarovanja človeka v mrzlem okolju, kot tudi za preprečevanje toplotnih preobremenitev v vročem okolju. Izvedena so bila proučevanja vročega in hladnega ekstremnega okolja na regionalni ravni, kar opravičuje razdelitev površin toplotnega manikina na segmentalne površine. Izvedena so bila testiranja zaščitnih oblačilnih sistemov za reševanje (gasilska oblačila).

Razvoj programske opreme za nadzor in krmiljenje tako toplotnega manikina kot tudi izvajanja meritev je potekal vzporedno z določanjem in študijami razdelitve na segmente površin. Aplikacija je zasnovana tako, da na podlagi podatkov merjenih temperatur na površini kože kot rezultat dobimo izračunano toplotno izolacijo merjenega oblačilnega sistema za posamezne segmente, kot tudi za celotni oblačilni sistem. Za vsak posamezen segment so dobljeni podatki o temperaturi na površini manikina in o moči grelcev za posamezen segment in sicer se podatki beležijo vsakih 5 sekund. Merjeni podatki so shranjeni v bazi podatkov, ki je na voljo za nadaljnje analize in vrednotenje dobljenih rezultatov, tudi kasneje po izvedenem merjenju. Arhiviranje merjenih podatkov je potekalo v smislu gradnje podatkovne infrastrukture, ki bo dalje uporabna za numerično modeliranje termoregulacijskih odzivov ljudi s pomočjo termoregulacijskih modelov. Iz tega vidika je že zdaj zelo pomembno, kako bodo merjeni podatki združeni v celoto za nadaljnjo uporabo. Vzporedno z razvojem podatkovne infrastrukture se je razvijalo in določalo območja toplotne izolacije za različne okoljske pogoje. Prav tako tem področjem dodajamo podatke o količini proizvedene toplote, ko človek opravlja različno intenzivna dela.

Ključne ugotovitve se nanašajo na osnovno izpolnjeno zahtevo v projektu, tj. razviti in izdelati stabilen sistem za hitro določanje (merjenje) toplotne izolacije. To je izredno pomembno za uporabo, kjer je potrebno v fazi načrtovanja poznati lastnosti oblačilnih sistemov, predvsem tiste, ki se s spremembo sloja v oblačilnem sistemu spremenijo. Skozi izvedbo projektnih aktivnosti smo spoznali da je tehnologija hitre izdelava primerna tudi za razvoj merilnih orodij.

Znanstvena spoznanja kažejo na pomembnost združevanja znanstvenih in raziskovalnih področij, kot so strojništvo, tekstilna tehnologija, energetika, računalništvo. Prepričali smo se, da smo z združenimi znanji sposobni razviti merilno orodje, ki za testiranje pomeni doprinos tako na področju strojništva, na področju tekstilne tehnologije in na področju antropometrije in fiziologije.

Razvito merilno orodje je nepogrešljiva oprema slehernega oddelka za načrtovanje osebne zaščitne opreme. Na tem področju smo vzpostavili sodelovanje s Tekstilno tehnološko fakulteto iz Zagreba, kjer se v sodelovanju pripravljajo tudi skupne vsebine za objavljanje v znanstvenih publikacijah

Učinki raziskovalnega projekta

S konstrukcijskega vidika imamo izdelane tudi 3D modele toplotnega manikina, ki bodo v nadaljnjih raziskavah uporabni za proučevanje prenosa toplote skozi sloje oblačil ob poznavanju njihovih osnovnih fizikalnih lastnosti ter ob poznavanju toplotne izolacije. Prav tako so izdelani osnovni modeli s trdnostno in toplotno analizo posameznih segmentov, ravnih in sferičnih oblik.

Za področje tekstilne tehnologije imajo rezultati projekta pozitiven učinek ravno za razvoj osebne varovalne opreme. Pomeni, da bomo na tem področju vzpostavili sodelovanje tudi z gospodarstvom in jim nudili razvojno podporo. Razvito merilno orodje je v širši okolici edino tovrstno in s takšno sposobnostjo stabilnosti sistema med izvajanjem testiranja.

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

Realizacije je bila celo večja, kot je bilo planirano, saj so bila izvedena obsežna testiranja, ki niso bila planirana v takšnem obsegu, so se pa izkazala za potrebna za kompletiranje raziskovalne naloge.

Izvedene so bile obsežne antropometrične meritve (skupno 79) na 501 preiskovancev in preiskovank, ki v tem obsegu niso bile predvidene s planom dela.

Poleg tega sta bila izdelana 2 preizkusna toplotna manikina (planiran je bil samo eden).

Delovne aktivnosti na raziskovalnem projektu so izvedene v skladu z zastavljenimi cilji. Glede na raziskovalne in tehnološke aktivnosti je izdelan prototip toplotnega manikina ter ustrezna programska oprema za zajemanje in analizo podatkov. Najprej je potekalo vrednotenje vgrajenih toplotnih grelcev za doseganje optimalno ogrevane površine toplotnega manikina, kar je glavni pogoj za njegovo brezhibno uporabo. Dalje je razvoj programske opreme temeljil na zajemanju podatkov za vsakega od 19 posameznih segmentov. Segmenti povezujejo ogrevanje in zajemanje podatkov ter dalje tudi analizo merjenih podatkov.

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

Realizacija programa se je spremenila v naslednjem:

- izvedena so bila dodatna obsežna testiranja (v testnem centru Planica)
- razvit in izdelan je bil še dodatni toplotni manikin naslednje generacije,
- podana so bila izhodišča za nadaljni razvoj toplotnih manikinov

S tem smo realizacijo programa presegli, saj smo razvili in izdelali 2 toplotna manikina.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁵

		Znanstveni dosežek	
1.	COBISS ID	25114919	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Uporaba matematičnega modela toplotne regulacije pri človeku za ovrednotenje zaščitnih oblačil
		ANG	Using a mathematical model of human temperature regulation to evaluate the impact of protective clothing on wearer thermal balance
	Opis	SLO	V prispevku so opisani pomembni toplotni faktorji, ki vplivajo na to, ali je neko oblačilo primerno za uporabo v določenem okolju. Opisana je uporaba toplotnega manikina s katerim lahko napovemo počutje človeka.
		ANG	Thermal factors are often important in determining whether a given clothing ensemble is suitable for use under specified conditions. Although final approval of a particular ensemble often involves field trials, the need for such trials can be minimized by measuring the thermal properties of the garment using a heated manikin and then predicting human behavior using a mathematical human thermal model. While many laboratories are capable of measuring the properties of garments using manikins and several mathematical models exist, there have been very few published comparisons of actual human behavior with model predictions. Agreement between predicted and actual behavior was reasonable, although there were significant differences which could be attributed both to deficiencies in the model and to difficulties inherent in conducting field trials of this kind.
	Objavljeno v	Sage Publications; Textile research journal; 2011; Vol. 81, no. 20; str. 2149-2159; Impact Factor: 1.122; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.821; A': 1; WoS: QJ; Avtorji / Authors: Zavec Pavlinič Daniela, Wissler Eugene H., Mekjavić Igor B.	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		

2.	COBISS ID	26201639	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Vrednotenje interventnih oblačil za gasilce s pomočjo požarne lutke
		ANG	Evaluation of firefighters's flame retardant coverall using flame manikin
	Opis	SLO	V prispevku je opisano testiranje zaščitnih oblačilnih sistemov s pomočjo p ožarne lutke, ki se uporablja za določanje stopenj opeklin v primeru ognjevarnih oblačilnih sistemov. Opisana je tudi merilna oprema, kot je p ožarna lutka in njena uporabnost pri razvoju osebne zaščitne opreme. Predstavljen je ognjevaren zaščitni kombinezon, kjer je testiranje bilo izvedeno v kombinaciji s spodnjim perilom. Gre za sodelovanje s podjetjem Odjeća d.o.o.
		ANG	The paper presents the testing and evaluation of the fire retardant clothing systems using flame manikin. This equipment is used to predict the burn injuries for personal fire retardant protective equipment. The flame manikin was described as well, as a measuring tool for the development of the heat protective clothing. Introduced was the protective coverall with the protected underwear from the company Odjeća d.o.o.
	Objavljeno v	Veleučilište u Karlovcu = Karlovac University of Applied Sciences; Zbornik radova; 2012; str. 707-712; Avtorji / Authors: Zavec Pavlinič Daniela, Hursa Šajatović Anica, Mekjavić Igor B.	
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci		
3.	COBISS ID	75503873	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Funkcionalni razvoj izdelkov : napredna orodja in koncepti
		ANG	Functional products development : advanced tools and concepts
	Opis	SLO	V znanstveni monografiji avtorji poglobljeno obravnavajo področje proizvodnih sistemov in tehnologij v povezavi s področjem tekstilnih tehnologij, podrobneje področjem osebne zaščitne opreme. Predstavljena so izhodišča združevanja obeh področij, ki sta potrebni vzajemnega sodelovanja za razvoj funkcionalnih izdelkov za varovanje zdravja in zaščito ljudi. Izpostavljen je pomen prepletanja znanstvenih vsebin obeh področij za nadaljnje raziskovalne smernice in krepitev razvojnih strategij. Okoliščine, ki so privedle do prepletanja obeh znanstvenih ved segajo v področje osebne zaščitne opreme, podrobneje v razvoj merilnih in testnih orodij za njihovo načrtovanje. Na področju razvoja in optimizacije osebne zaščitne opreme avtorji raziskujejo že več let, nekateri modeli razvoja pa so rezultat večletnega dela na znanstveno raziskovalnem in razvojnem področju. Monografija zajema opis dejavnikov in parametrov, ki vplivajo na razvoj in načrtovanje osebne zaščitne opreme. Z vidika razvoja novega merilnega in testnega orodja, tj. razvoja toplotnega manikina pa obravnava opis metod inteligentne izdelave tega merilnega orodja. Monografija obsega 9 poglavij na 100 straneh.
		ANG	The most important purpose of this book is to incorporate diverse tools and principles within the development stages of functional products. The book was prepared with the aim of providing researchers from different fields with the basic principles and essential knowledge related to protection under lifethreatening conditions by means of textile and clothing engineering and production technologies. Another purpose of this book is to stress the importance of attaining knowledge from different research areas or work fields. For example, the optimal protective clothing ensemble is an important factor for protection and for survival, both in terms of the time required for a successful outcome. Instead of testing each clothing ensemble on human subjects under various conditions, it is preferable to use a thermal manikin for testing and to carry out the simulations using existing numerical models. On the other hand, researchers are always challenged by the developments of

		appropriate testing and modelling tools. As a basis, we hope that readers will be encouraged enough to evaluate, develop, and where necessary critique the functional products, no matter whether they were made according to the prescribed standards or not. When considering this, it is obvious that knowledge of this interdisciplinary field will increase, will stay connected, and only such a connection can result in the best functional products.
	Objavljeno v	DAAAM International; 2014; II, 131 str.; A'': 1;A': 1; Avtorji / Authors: Zavec Pavlinič Daniela, Balič Jože, Ficko Mirko
	Tipologija	2.01 Znanstvena monografija
4.	COBISS ID	26892839 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Sistem za ocenjevanje kvalitete ognjevarnih oblačil
		<i>ANG</i> A system for model-based quality assessment of burn-protective garments
	Opis	<i>SLO</i> V prispevku je opisan sistem ocenjevanja ognjevarnih tkanin, ki temelji na modelnem pristopu.
		<i>ANG</i> The article describe the system for modelbased quality assessment of burnprotective garments.
	Objavljeno v	Springer; Case studies in control; 2013; Str. 257-285; A': 1; Avtorji / Authors: Juričić Đani, Gašperin Matej, Musizza Bojan, Dolanc Gregor, Mekjavić Igor B.
	Tipologija	1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji
5.	COBISS ID	27999527 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Proučevanje konceptov ohlajanja človeka
		<i>ANG</i> Investigation of human cooling concepts
	Opis	<i>SLO</i> Članek obravnava testiranje funkcionalnih tekstilnih materialov z namenom ohlajanja človeka. Pomeni, da pripomore k ohranjanju normalne telesne temperature med intenzivnim delom, ko človeško telo proizvaja veliko toplote
		<i>ANG</i> The paper discuss the testing of the functional textile materials with the aim to cool the human. It means, the functional products maintain the normal human body temperature during the high intensive work, when human body generate heat.
	Objavljeno v	Zveza inženirjev in tehnikov tekstilcev; Splošno združenje tekstilne industrije; Tekstilec; 2014; Vol. 57, no. 3; str. 231-239; Avtorji / Authors: Zavec Pavlinič Daniela, Oder Andreja
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine⁶

	Družbeno-ekonomski dosežek	
1.	COBISS ID	15572246 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Tekstilije in oblačila vplivajo na počutje in sposobnost posameznika v bivalnih in delovnih okoljih
		<i>ANG</i> Influence of textile and clothes on human comfort
		Kvaliteto življenja si lahko izboljšamo s tekstilijami, ki nas vsakodnevno obkrožajo v naših bivalnih in delovnih okoljih in z oblačili, ki neposredno

Opis	SLO	vplivajo na zaznavo našega toplotnega in ergonomskega udobja. Udobje pogojuje naše počutje in posledično sposobnost opravljanja določenih aktivnosti. Počutje lahko izboljšamo s subjektivno zaznavo n aše osebnosti izražene z videzom oblačil, ki jih v danem trenutku nosimo. Od oblačil v katera smo oblečeni je odvisna tudi sposobnost opravljanja določenega dela, ki je seveda pogojena še z intenziteto dela, okoljskimi pogoji v delovnem prostoru, ter psihofizično sposobnostjo posameznika. V oblačilih oz. v oblačilnem sistemu osebne z aščitne opreme, se lahko počutimo dobro. Lahko pa oblačila zaradi neustreznega toplotnega ravnovesja v mikrookolju med sloji oblačil in človeško kožo in zaradi oviranja normalnega gibanja zaznavamo kot neudobna. Seveda obstajajo še drugi faktorji, ki omejujejo in vplivajo na izbiro tekstilij in oblačil za zagotovitev optimalnega udobja. Različna delovna okolja kot tudi različne populacije ljudi imajo različne zahteve, medtem ko so možnosti za dostopnost do njih in nabavo, kljub poplavi tekstilij na tržišču, še precej omejene. Nezadovoljstvo se še posebej izraža s strani starejše populacije, ljudi s posebnimi potrebami in invalidov	
	ANG	In this paper influence of textile and clothes on human is described.	
Šifra	F.08 Razvoj in izdelava prototipa		
Objavljeno v	Združenje Pomurska akademsko znanstvena unija; PAZU - prava ideja; 2011; Str. 8-10; Avtorji / Authors: Zavec Pavlinič Daniela		
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci		
2.	COBISS ID	25777191	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Delovno oblačilo: za zdravje, udobje ali za delovno učinkovitost?	
	ANG	Working clothing: for health, comfort or working performance?	
Opis	SLO	V prispevku je opisan pomen delovnih oblačil za zdravje na delovnem mestu. Izpostavljen je pomen udobja in vplivi na delovno učinkovitost.	
	ANG	The paper presents the purpose of the working clothing for human health at workplace. The meaning of the comfort and working performance impacted by working clothings were discussed.	
Šifra	F.02 Pridobitev novih znanstvenih spoznanj		
Objavljeno v	Štajerska gospodarska zbornica; Gospodarski izzivi; 2012; Letn. 5, št. 1; str. 16; Avtorji / Authors: Zavec Pavlinič Daniela		
Tipologija	1.05 Poljudni članek		
3.	COBISS ID	25776679	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Pogoji in potek testiranja uniformiranih oblačilnih sistemov ter testiranje nošenja oblačilnih sistemov v ekstremnih pogojih	
	ANG	Testing of clothe systems in extrem conditions	
Opis	SLO	Avtorica natisa je bila povabljen na Simpozij o uniformah kot strokovnjakinja s področja razvoja zaščitnih funkcionalnih oblačilnih sistemov. Udeležencem iz gospodarskih družb je predstavila koncepte testiranja in predstavila tudi merilno orodje toplotnega manikina delovni prototip.	
	ANG	Author has been invited to the Symposium of the uniform as the expert from the field of development of protective functional clothing system. To the participant from several companies she has presented the new concept of the testing as well the developed manikin (first prototype) like measuring tool.	
Šifra	F.01 Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin		
Objavljeno v	2012; Avtorji / Authors: Zavec Pavlinič Daniela		
Tipologija	3.15 Prispevek na konferenci brez natisa		

4.	COBISS ID	16946710	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Računalniško podprta obdelava pramodelov iz plastičnih mas za izdelavo peščenih livarskih orodij	
	ANG	CAaided manufacturing of plastic models	
Opis	SLO	V članku je predstavljena računalniško podprta obdelava pramodelov iz plastičnih mas. Cilj projekta je bil izdelava lutke iz aluminijeve zlitine, za preizkušanje zaščitnik oblačil za intervencijske službe. Uporabljena je bila najsodobnejša programska oprema za modeliranje in programiranje CNC obdelovalnih strojev. Pri snovanju strategij obdelave smo uporabljali programski paket UGS NX 7. Obdelava posameznih pramodelov za litje je potekala na CNC obdelovalnem centru Heller BEA 1. Zaradi dimenzijskih omejitev stroja smo posamezne pramodele morali razdeliti na več manjših segmentov. Posamezni pramodeli so bili izdelani iz umetnega materiala SikaBlockr M700. Sama izdelava pramodelov je bila zahtevna in obsežna. V projektu smo uspešno zajeli zahteve pri litju aluminijeve zlitine, na tej osnovi modeliranje objektov in izdelavo odlitkov.	
	ANG	The paper deals with development of CAaided method for manufacturing of plastic models with special attention on developing of manikins.	
Šifra	F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
Objavljeno v	Profidtp; Vir znanja in izkušenj za stroko; 2013; Str. 103-106; Avtorji / Authors: Pahole Ivo, Irgolič Tomaž, Šenveter Jernej, Paulič Matej, Ficko Mirko, Hrelja Marko, Valentan Bogdan, Balič Jože		
Tipologija	1.09	Objavljeni strokovni prispevek na konferenci	
5.	COBISS ID	26953255	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Gasilski oblačilni sistemi za zaščito pred toploto in plamenom	
	ANG	Fire fighters clothing ensembles for protection against heat and flame	
Opis	SLO	V prispevku so opisani gasilski oblačilni sistemi za zaščito pred toploto in plamenom. Obravnavani so predpisi s strani standardov ter lastnosti z aščitnih tekstilnih materialov. Predstavljen je pomen obstojnosti z aščitnih materialov.	
	ANG	The paper presents the fire fighters clothing ensembles for protection against heat and flame. The regulatives of the standards and properties of the protective materials have been discussed. The meaning of the resistance of protective materials is presented.	
Šifra	F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
Objavljeno v	Hrvatski inženjerski savez tekstilaca; Tekstil; 2013; Vol. 62, no. 3/4; str. 160-173; Avtorji / Authors: Hursa Šajatović Anica, Zavec Pavlinič Daniela, Dragčević Zvonko		
Tipologija	1.01	Izvirni znanstveni članek	

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁷

Dalje smo se člani projektne skupine iz laboratorija LIOS povezali v interdisciplinaren projekt z naslovom »Proučevanje ognjevarnosti zaščitnih materialov, njihova trpežnost in simulacije človeka v zaščitnih materialih« za delo s študenti strojništva in tekstilne tehnologije v okviru razpisa Sklada za razvoj kadrov - Po kreativni poti do praktičnega znanja. Zavedamo se pomena sodelovanja in prenašanja znanja na študente in skrbimo tudi za njihovo vpeljavo

na raziskovalno področje. Projekt je bil uspešno izveden v septembru 2014. Članica projektne skupine dr. Daniele Zavec Pavlinič skrbi tudi za delovanje in povezovanje z drugimi razvojnimi projekti z namenom razvoja Pomurske regije. S tem namenom deluje kot predsednica Pomurskega društva za kakovost in je bila sourednica zbornika »20. Letna konferenca DOBRE PRAKSE«, Murska Sobota, 27. november 2014. ZAVEC PAVLINIČ, Daniela (urednik), KOSI, Helena (urednik). Dobre prakse : [zbornik referatov]. Murska Sobota: Pomursko društvo za kakovost, 2014. ISBN 978-961-281-639-1. [COBISS.SI-ID 80263169]

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

V okviru realiziranega projekta smo uspeli povezati znanstvena področja strojništva, tekstilne tehnologije in fiziologije človeka. Na ta način smo uspešno razvili in izdelali uporabno merilno orodje, ki je ključnega pomena za nadaljnji razvoj na vseh področjih. Študije se bodo nadaljevale parcialno s poudarkom na izvajanju testiranj različnih tekstilnih materialov oz. oblačilnih sistemov, posledične analize in optimizacije določenih oblačilnih sistemov za specifične okoljske pogoje. Hkrati pa se bo razvita programska oprema nadalje razvijala v povezavi s podatki dobljenimi s testiranjem z ljudmi, z drugačnimi protokoli kot je bilo to izvedeno v okviru projekta.

ANG

Within the realized project, we managed to connect the scientific field of mechanical engineering, textile technology and human physiology. In this way, we have successfully developed and produced a useful measurement tool, which is crucial for further development in all areas. Studies will continue to focus on the partial implementation of the testing of textile materials respectively clothing systems, the resulting analysis and optimization of certain clothing systems for specific environmental conditions. At the same time, the software will be further developed in conjunction with data obtained from human tests and with different protocols as was done in the framework of the project.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Z realizacijo projektnih aktivnosti smo na nacionalnem nivoju dokazali, da je z ustrezno kombinacijo znanj z različnih področij možno uspešno razviti sistem merilnega orodja. Slednji, tj. toplotni manikin ni namenjen samo raziskovanju v laboratoriju, ampak bo kot orodje predstavljen industriji. Posebej panogam, ki se ukvarjajo z razvojem osebne varovalne opreme. Vzpostavili bomo sodelovanje z industrijo in študente že v zgodnji fazi visokošolskega izobraževanja poučili o pomenu razvitega merilnega orodja ter možnostih uporabe v različnih okoljih. Tudi v avtomobilski industriji in pri razvijalcih klimatskih naprav. Znanstveno sodelovanje imamo že sedaj vzpostavljeno s Tekstilno tehnološko fakulteto Zagreb. Dalje smo se iz te projektne tematike povezali s tujimi raziskovalnimi institucijami na Japonskem in v Turčiji. Prijavljena sta bilateralna projekta sodelovanja. Pozitivno ovrednoteni projektni vlogi bi omogočili prenos domačega znanja v tujino. V obratni smeri pa bomo vsekakor deležni tudi njihovih strokovnih izkušenj ob izmenjavi raziskovalcev.

ANG

With the realization of the project activities we have demonstrated at the national level that it is by appropriate mix of skills in various fields possible successfully develop a measuring system. The latter ie. thermal manikin is not just for research in the laboratory, but will be presented as a tool for the industry. Especially to the industries that are engaged in the development of personal protective equipment. We will establish cooperation with the industry and with the students at an early stage of higher education, all with the importance and possibilities of the use of the developed measuring tools in different environments. Even in the automotive industry and developers of air conditioners. Scientific cooperation has already been established by the Faculty of Textile technology Zagreb. Further, we have connected the project topics with foreign research institutions in Japan and Turkey. Declared are the bilateral cooperation projects. Positively evaluated

projects could enable the transfer of local knowledge into abroad. In the opposite direction of the researchers exchanges, we will certainly also receive their professional experience.

**10.Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!
Označite, katerega od navedenih ciljev ste si zastavili pri projektu, katere konkretne rezultate ste dosegli in v kakšni meri so doseženi rezultati uporabljeni**

Cilj		
F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE

	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Delno
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Delno
F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.19	Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")	

	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.20	Ustanovitev novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.21	Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.22	Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.25	Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.26	Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.28	Priprava/organizacija razstave	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	

F.29 Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete	
Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
Rezultat	<input type="text"/>
Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.30 Strokovna ocena stanja	
Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
Rezultat	Dosežen <input type="text"/>
Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih <input type="text"/>
F.31 Razvoj standardov	
Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih <input type="text"/>
Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih <input type="text"/>
F.32 Mednarodni patent	
Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih <input type="text"/>
Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih <input type="text"/>
F.33 Patent v Sloveniji	
Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
Rezultat	<input type="text"/>
Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.34 Svetovalna dejavnost	
Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
Rezultat	Dosežen <input type="text"/>
Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih <input type="text"/>
F.35 Drugo	
Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
Rezultat	Dosežen <input type="text"/>
Uporaba rezultatov	Delno <input type="text"/>

Komentar

--

**11.Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!
Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja**

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visokošolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo: Razvoj doktorskega študija	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	

G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01.	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.12.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.03.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01.	Dvig kvalitete življenja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.06.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete					
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj					
G.07	Razvoj družbene infrastrukture					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva					
G.09.	Drugo:					

Komentar

12. Pomen raziskovanja za sofinancerje¹¹

Sofinancer			
1.	Naziv	Biomed d.o.o.	
	Naslov	Stari trg 4, 1000 Ljubljana	
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	118.035,07	EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:	28	%
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		Šifra
	1.	Krmilni sistem za neodvisno regulacijo toplote v segmentih manikina.	F.08
	2.	Programska opremo za krmilni sistem, ki tudi izračuna regionalno toplotno in evaporativno upornost oblačilnega sistema.	F.06
	3.	Pridobljene karakteristike avtonomne regulacije	F.02
	4.	Študija vedenjskih odzivov	F.02
	5.	Študija avtonomnih odzivov testirancev	F.01
	Komentar	Delež sofinanciranja je bil direktno izveden za namene pridobivanja ustreznih realnih karakteristik v okviru obsežnega testiranja (in vivo) v testirnem centru Planica ter za dodaten razvoj in izdelavo 2. manikina.	
	Ocena	S tem je prispevek za sofinanciranje upravičen.	

13. Izjemni dosežek v letu 2014¹²

13.1. Izjemni znanstveni dosežek

Znanstvena monografija, izdana pri tuji založbi s seznama ARRS
ZAVEC PAVLINIČ, Daniela, BALIČ, Jože, FICKO, Mirko, KATALINIČ, Branko (urednik).
Functional products development : advanced tools and concepts, (DAAAM publishing series - Manufacturing technology). Vienna: DAAAM International, 2014. II, 131 str., ilustr. ISBN 978-3-901509-95-7. [COBISS.SI-ID 75503873]

Kot izjemen znanstveni dosežek štejemo tudi izvirni znanstveni članek (ZAVEC PAVLINIČ, Daniela et al.: Suvremeni koncept testiranja protupožarne zaščite odječe, Sigurnost, ISSN 03506886, 2013, vol. 55, no. 2, str. 97106.), kjer so proučevani protokoli za testiranje in vrednotenje osebne zaščitne opreme za gasilce. Obravnavani protokoli so primerno izhodišče in smernica za razvoj protokolov in vrednotenja z uporabo razvitega prototipa toplotnega manikina. V prispevku obravnavani rezultati bodo uporabni za povezovanje s podatki toplotne izolacije, ki se lahko določa s pomočjo toplotnega manikina.

13.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

MEKJAVIČ, I. B. (intervjuvanec). Fiziolog izjemnih okolij. National geographic, Slovenija, jan. 2013, letn. 1, št. 1, str. 64.
MEKJAVIČ, I. B.. Polet iz Planice na Luno : portretna oddaja o prof. dr. Mekjaviću. Ljubljana: RTV Slovenija 1, 17. dec. 2013
Sodelovanje članice projektne skupine na projektu Promocije zdravja na delovnem mestu, ki ga je razpisal Zavod za zdravstveno zavarovanje Slovenije z naslovom Spekter preventivnih ukrepov s poudarkom na osebni varovalni in delovni opremi
Članica projektne skupine skrbi tudi za delovanje in povezovanje z drugimi razvojnimi projekti z namenom razvoja Pomurske regije.
Člani projektne skupine iz laboratorija LIOS smo povezali v interdisciplinaren projekt z

naslovom »Proučevanje ognjevarnosti zaščitnih materialov, njihova trpežnost in simulacije človeka v zaščitnih materialih« za delo s študenti strojništva in tekstilne tehnologije v okviru razpisa Sklada za razvoj kadrov - Po kreativni poti do praktičnega znanja.

ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	L2-4283
Naslov projekta	Razvoj modela sistema za inteligentno podporo izbire ustreznega preaškastega materiala v procesu razvoja sintranih izdelkov
Vodja projekta	3014 Jože Flašker
Tip projekta	L Aplikativni projekt
Obseg raziskovalnih ur	8430
Cenovni razred	B
Trajanje projekta	07.2011 - 06.2014
Nosilna raziskovalna organizacija	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	106 Institut "Jožef Stefan" 237 TALUM, Tovarna aluminija d.d. Kidričevo 1978 UNIOR Kovaška industrija d.d. 2547 Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.11 Konstruiranje 2.11.02 Specialna konstrukcijska znanja
Družbeno-ekonomski cilj	06. Industrijska proizvodnja in tehnologija
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	2 Tehniške in tehnološke vede 2.11 Druge tehniške in tehnološke vede

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

2. Povzetek raziskovalnega projekta¹

SLO

Tekom raziskovalnega projekta so bile analizirane mehanske lastnosti sintranih kovinskih prahov. Preučene so bile komercialne aluminijaste prašne mešanice z različnimi deleži legiranih elementov in ugotovljen pomen atmosfere pri sintranju na končne mehanske lastnosti takšnih izdelkov. Izmed širokega nabora kovinskih prahov na osnovi železa pa je bila izbrana najustreznejša prašna mešanica, ki je bila obsežno analizirana pri različnih toplotnih obdelavah. Ker prašne mešanice na osnovi ostalih osnovnih elementov na trgu niso prisotne v tolikšnem deležu, niso bile posebej preučevane.

Primarni namen analize aluminijastih prahov je bila implementacija odpadnega aluminijevega prahu, ki nastaja kot posledica peskanja v podjetju Talum, v proizvodni proces metalurgije prahov, zato je bilo potrebno poznati stanje na trgu, oziroma mehanske lastnosti komercialno dobavljivih aluminijastih prašnih mešanic. Analiza komercialnih aluminijastih kovinskih prahov je pokazala, da je kemijska sestava odpadnega prahu podobna kemijski sestavi enega izmed komercialnih prahov, vendar je morfologija delcev drugačna. Po obsežnih analizah je bilo ugotovljeno še, da zgolj 0,01 % kisika v dušikovi atmosferi med sintranjem drastično vpliva na mehanske lastnosti in da je glavna težava odpadnega aluminijevega prahu morfologija in granulacija delcev, ki onemogočata tekočnost in povzročata plastne razpoke med stiskanjem v obliko. Podjetju Talum so bile predlagane alternativne rešitve uporabe odpadnega prahu.

Primarni namen analize izbranega kovinskega prahu na osnovi železa je bil trdnostni preračun zobnika iz sintranelega jekla, saj standardni postopki za preračun zobnikov ne predvidevajo takšnih gradiv. Čeprav so določene osnovne mehanske lastnosti komercialnih jeklenih prahov zapisane v katalogih proizvajalcev, običajno ne podajajo diagrama odvisnosti deformacije od napetosti ali diagrama odvisnosti števila ciklov od amplitudne obremenitve, kaj šele parametrov, ki bi opisovali širjenje razpoke. Zatorej je bila opravljena obsežna analiza vseh naštetih odvisnosti. Rezultati teh analiz pa so omogočili razvoj modela za izračun dobe trajanja sintranih zobnikov. Za verifikacijo modela je bilo izdelano prototipno preizkuševališče za zobnike, ki je bilo zasnovano tako, da bo v prihodnje zraven testiranja sintranih zobnikov omogočeno tudi testiranje plastičnih in jeklenih zobnikov. Preizkuševališče omogoča testiranje zobnikov pri obremenitvi do 50 Nm, ob obremenitvi elektromotorja zgolj 5 Nm. To je mogoče zaradi mehanske zanke momenta, ki omogoča visoke obremenitve testnih zobnikov, elektromotor pa pokriva zgolj izgube zaradi trenja med zobnimi boki, v ležajih, tesnilih in izgube zaradi hidrodinamičnega trenja. Prvi preizkusi sintranih zobnikov na omenjenem preizkuševališču so pokazali, da razvit model ustreza dejanskemu stanju.

ANG

In the project framework mechanical properties of sintered metal powders were analyzed. Commercial aluminum powder metal mixtures with different shares of alloying elements were studied and the effect of sintering atmosphere during sintering of such components on mechanical properties was determined. From wide range of iron based metal powders the most suitable powder mixture was chosen, which was then extensively analyzed after different heat treatments. As the share of powder metals with other base metals is low, such powder metal mixtures were not particularly studied.

Primary purpose of aluminum powder analysis was to implement waste aluminum powder, which is a byproduct of sanding in Talum, to production process of powder metallurgy. Therefore some commercial metal powders were analyzed in terms of chemical composition and mechanical properties. Results showed that the waste aluminum powder roughly resembles chemical composition of a commercial metal powder, but unfortunately individual particles are morphologically and dimensionally different. Some further research work also showed, that only 0.01 % of oxygen in otherwise nitrogen atmosphere during sintering causes severe oxidation, which drastically affects mechanical properties and that the main problem of the waste material is unsuitable shape and size of the metal powder particles.

The primary purpose of the analysis of the selected iron based metal powder was to calculate tooth root strength in a gear made of sintered steel, because standard procedures for tooth root strength calculation do not consider sintered materials. Although

some mechanical properties are given in the catalogues of metal powder producers, diagram of stress to deformation and diagram of amplitude stress to number of cycles are not given, let alone the parameters that describe the crack-growth rate. Therefore, the comprehensive analysis was made to fully understand the behavior of sintered steel when subjected to certain load. Obtained results enabled the development of a computational model for tooth root strength in a sintered gear and some rough estimation of service period. To verify developed model prototype test rig for gear testing was constructed, which has been designed so that next to sintered gears, also plastic and wrought steel gears can be tested in the future. Test rig allows testing of sintered gears up to 50 Nm while the load on the electric drive is only 5 Nm. This is achieved with closed mechanical loop, leaving only friction on tooth flanks, friction in bearings and seals and hydrodynamic friction to be compensated with electric drive. Preliminary results show good correlation between calculated and measured data.

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu²

V prvi fazi projekta je projektna skupina v splošnem izpolnila cilje, ki si jih je zastavila pri prijavi projekta. Takoj po sprejetju projekta v financiranje se je projektna skupina sestala v razširjeni sestavi. Na uvodnem sestanku je vodja projekta red. prof. dr. Jože Flašker še enkrat razložil temeljne cilje projekta, posamezni udeleženci na projektu pa so izpostavili svoja stališča in predloge, na kak način bi lahko sami prispevali k uspešni realizaciji ciljev projekta. Nato se je projektna skupina v ožji sestavi sestala s predstavniki podjetja Unior-Sinter. Skupaj smo se lotili analize uporabe ustreznih praškastih materialov pri izdelavi sintranih izdelkov v podjetju Unior. Raziskave so bile predvsem usmerjene v kvaliteto jeklenega prahu za stiskanje in kasnejše sintranje izdelkov, ki se največ uporabljajo v velikoserijski proizvodnji. Po podrobnejši strokovni študiji je projektna skupina prišla do zaključka, da bi bilo za doseg kvalitete izdelkov smiselno jekleni prah ustrezno presejati in na ta način izboljšati njegovo kvaliteto. V tem kontekstu smo predlagali izdelavo ustreznih sintranih preskušancev, ki bi jih izdelali na dva načina, in sicer:

- izdelava preskušancev iz jeklenega prahu, pridobljena po ustaljenem postopku,
- izdelava preskušancev iz presejanega jeklenega prahu.

S tako izdelanimi preskušanci smo izvedli ustrezne dinamične preskuse in na ta način sklepali o vplivu uporabljenega jeklenega prahu na dinamično trdnost preskušancev oziroma sintranih izdelku na splošno.

Vzporedno z zgoraj navedenimi raziskavami smo s podjetjem Talum analizirali možnosti uporabe aluminijastega prahu za izdelavo primerljivih sintranih izdelkov. Študija je bila usmerjena predvsem na poizvedbo pri proizvalcih aluminijastih prahov doma in v tujini. V nadaljevanju smo izdelali ustrezne preskušance tudi iz aluminijevega prahu ter rezultate dinamične trdnosti primerjali s sintranimi preskušanci iz jeklenega prahu.

V letu 2011 je projektna skupina namenila del raziskav tudi na področje konstruiranja izdelkov iz umetnih snovi. Predvsem smo želeli ugotoviti prednosti in slabosti le-teh v primerjavi s sintranimi izdelki iz jeklenega in aluminijevega prahu ter možnost takšne aplikacije v podjetjih, ki sodelujeta pri projektu. Nadalje je projektna skupina v tem letu veliko analizirala tudi možnost uporabe obstoječih programskih orodij za simulacijo stiskanja kovinskih prahov. Ugotovili smo, da obstaja razmeroma malo specifične programske opreme za tovrstne simulacije. Ena izmed možnosti je v okviru programskega paketa Abaqus.

Ker podjetje Unior izdeluje precej sintranih zobnikov, za katere pa ne pozna natančno njihovih lastnosti pri dinamičnih obremenitvah, se je projektna skupina pri izvajanju projekta lotila tudi zasnove preskuševališča za preskušanje zobnikov. Preskuševališče je zasnovano podobno kot standardno FZG-preskuševališče, vendar je ustrezno prirejeno za testiranje sintranih zobnikov.

V letu 2012 je projektna skupina nadaljevalo z delom, ki si ga je zastavila v prvem letu izvajanja projekta. primerno izpolnila cilje zastavljene v prijavi projekta. Ves čas se je vlagal napor za razvoj modela sistema za inteligentno podporo pri razvoju izdelkov iz sintranih materialov. Na začetku te faze je bilo na sestanku s predstavniki podjetja Unior d.d. dogovorjeno, da:

- a) bodo izdelane epruvete za testiranje sinter materiala
- b) bo izdelan model in statični preračun stiskalnega orodja za zobnik
- c) bo osnovni prah za stiskanje zobnika presejan na inštitutu IMT

Na naslednjem sestanku je bilo glede na izzive v proizvodnji sintranja predlagano, da se poskusi sintrati z bolj finim prahom, s čemer bi skušali reševati težave z neizpolnjenostjo prostora. Rezultati raziskave presejanja originalne prašne mešanice Distaloy AB z namenom določitve tehnoloških lastnosti fine in grobe frakcije so pokazali, da ima fina frakcija manjši nasipni volumen, slabšo tekočnost a boljšo stisljivost. Glede na boljšo stisljivost in bolj drobne delce fine frakcije lahko upravičeno pričakujemo, da bomo z industrijskimi preizkusi stiskanja dosegli pričakovan rezultat stiskanja na višjo gostoto, bolj enakomerno in pri nižjih tlakih.

Izdelani so bili preizkusi za določitev nateznih lastnosti kaljenega in nekaljenega sintranega materiala. V nadaljevanju so bili izvedeni preizkusi za določitev trajne dinamične trdnosti sintranega materiala (prašna mešanica Distaloy AB), pri čemer so nekateri preizkušanci prestali obremenjevanje tudi po 10^6 ciklov.

V okviru projekta je bilo zasnovano, preračunano in skonstruirano preizkuševališče za zobnike, katerega idejna zasnova temelji na standardnem FZG preizkuševališču. Preizkuševališče je prirejeno za potrebe preizkušanja sintranih in polimernih zobnikov. Za namene preizkušanja je bilo pridobljeno več različnih polimernih polizdelkov v obliki valja (PEEK, PA66, POM, PA12, PE, PP, ...), iz katerih so se izdelali zobniki za preizkušanje na novem preizkuševališču.

Na Institutu Josef Stefan so potekale raziskave možnosti prekritja zobnikov s tanko plastjo visokoodpornega polimera polietar-eter keton (PEEK) z namenom izboljšanja triboloških lastnosti zobnika. Kompleksnost oblike zobnika zahteva uporabo ustrezne tehnike, zato so poskusno uporabili nanašanje koloidne suspenzije PEEK prahu s pomočjo električnega polja. Glavni pogoj za uspešen nanos prevleke so primerne lastnosti delcev v suspenziji, čemur je bilo v prvi fazi namenili največ pozornosti. S pomočjo prilagajanja naboja na delcih (izbira medija, površinsko aktivne snovi in njihova količina) in parametrov nanašanja (gostota toka in čas) so bili uspešno pripravljene prvi vzorci s PEEK prevleko, ki pa zaenkrat še nima primernih lastnosti. Rezultati so pokazali, da je prevleka neenakomerna, kar je delno posledica posedanja delcev med nanašanjem in delno zastajanje suspenzije ob spodnjem robu. Poleg tega je bilo možno zaslediti drobne razpoke, ki so nastale v prevleki med termično obdelavo in jih je možno pripisati prevelikemu krčenju med segrevanjem. V nadaljevanju so raziskave potekale v smeri izboljšanja homogenosti in gostote nanosa ter izboljšanja lastnosti prevleke po termični obdelavi.

Med procesom zasnove preizkuševališča se je neprestano izvajala študija literature o sintranju, o kovinskih prahovih in o numeričnih simulacijah stiskanja kovinskih prahov. Ugotovljeno je bilo, da se lahko uporabi obstoječe materialne modele stiskanja prahov, ki so na voljo v programskem paketu Abaqus in se običajno uporabljajo za simulacije stiskanja zemljin. Na podlagi ugotovitev so bile izvedene preliminarne simulacije stiskanja praha tako v dvodimenzionalnem modelu kot tudi v tridimenzionalnem modelu. Namen teh simulacij je bil predvsem ugotoviti fizikalno pravilnost robnih pogojev in predpisanih kontaktov med prahom in matrico.

Na področju iskanja alternativnih materialov za sintrane zobnike je bil izdelan numerični model za določevanje napetosti v korenu zoba jeklenega in polimernega zobnika, ki je verificiran s standardom SIST ISO 6336. V teku je študija vpliva debeline venca na napetosti v okolici korena zoba zobnika in deformacijo zobnika izdelanega iz polimernega materiala.

S podjetjem Talum d.d. je projektna skupina iskala rešitev glede uporabe odpadnega Al prahu kot stranski produkt za različne aplikacije. Raziskava je pokazala, da je Al prah vsekakor odličen izhodni material za uporabo v končnih izdelkih metalurgije prahov, ker ima zanimivo kemijsko sestavo in ni pretirano oksidiran. Ugotovljeno je tudi bilo, da je morfološko Al prah iz Taluma sicer dokaj neugoden (fini ploščati delci), a se da njegove lastnosti izboljšati z dodatnimi postopki. Aplikacije, kjer bi se lahko uporabil Al prah iz Taluma so:

- a) štancanje rondelic za sintranje
- b) izdelava Al-pen
- c) termitsko varjenje
- d) izdelava embalaže
- e) elementi ambientalne razsvetljave.

Člani projektne skupine so obravnavali vsako področje posebej in ugotovili, da je izmed prvih treh aplikacij najbolj obetavna izdelava Al zaprto celičnih ali odprto celičnih pen. Prve se lahko uporabljajo kot izolator toplote v fasadnih panelih, druge pa kot material za izdelavo toplotnih izmenjevalcev ali v rotorjih kompresorjev. V ta namen se je projektna skupina sestala tudi s podjetjem Danfoss, da bi proučili možnost uporabe pen v njihovi proizvodnji. Na področju izdelave embalaže iz Al so raziskave potekale na zasnovi koncepta izdelave embalaže, na področju elementov ambientalne razsvetljave iz Al pa pri njihovem razvoju. Raziskave so bile tudi usmerjene v izdelavo Al pen z usmerjenimi lastnostmi, pri čemer se projektna skupina povezuje z drugimi domačimi in tujimi inštituti. V podjetju Talum so tudi naredili poskus izdelave pene z aktivatorji s Ti oksidom.

V letu 2013 je projektna primerno izpolnila cilje, zastavljene v prijavi projekta, pri čemer se je ves čas vlagal napor za razvoj modela sistema za inteligentno podporo pri razvoju izdelkov iz sintranih materialov. V letu 2013 so bili končani dinamični preizkusi jeklenih sintranih in dodatno kaljenih preizkušancev. Za oba seta preizkušancev sta bila določena parametra σ_f in b , ki povezujeta obremenitev s pričakovano dobo trajanja pri tej obremenitvi. Ti materialni parametri so bili uporabljeni v numeričnem modelu za prvo oceno življenjske dobe sintranih zobnikov. V tem letu je bila zaključena izdelava in sestava namenskega preizkuševališča za sintrane zobnike, ki je bila zasnovana po vzoru FZG preizkuševališča. Preizkuševališče je narejeno tako, da lahko na njem preizkušamo tudi zobnike iz drugih materialov (npr. polimerne zobnike). V nadaljevanju se je izvajalo obširno testiranje sintranih zobnikov z različnimi naknadnimi obdelavami po sintranju. Vzpostavljeno je bilo sodelovanje z nemškim podjetjem, ki se ukvarja s proizvodnjo aluminijastega prahu, namenjenega za sintranje. Vseskozi so vzporedno potekale študije uporabe že obstoječega modela za numerične analize stiskanja kovinskih prahov, s pomočjo katerih bi se dalo vnaprej določiti lokalne gostote po volumnu končnih izdelkov.

Teoretično smo preučevali vpliv »nečistoč« na strukturno in fazno obnašanje materialov. Raziskali smo vpliv naključnega nerada, vsiljenega preko »nečistoč«, na domenske vzorce struktur, ki so dosežene z zlomom zvezne simetrije. Pri tem smo uporabili tako mezoskopske kot semimikroskopske pristope. Pokazali smo, kako hitrost izvedenega faznega prehoda vpliva na velikost »protodomen«. Nadalje smo pokazali, kakšne so značilnosti domenskih vzorcev v odvisnosti od koncentracije »nečistoč«, jakosti njihove sklopitve z okoliško matriko in temperature vzorca. Na Institutu Josef Stefan so potekale raziskave v smeri izboljšanja homogenosti in gostote nanosa ter izboljšanja lastnosti prevleke iz PEEK materiala po termični obdelavi. Rezultati so pokazali, da je izjemno zahtevno izdelati prevleko ustrezne debeline. Na področju alternativnih materialov sintranim materialom smo raziskovali povese zoba zobnika izdelanega iz polimernega materiala. Glede na manjšo togost polimernih materialov napram sintranim materialom lahko večji povese zoba polimernega zobnika vodi k motnjam pri ubiranju zobnikov. Raziskava je bila izvedena v okviru metode končnih elementov. Ugotovljeno je bilo, da je pri uporabi klasičnih materialnih modelov (Hookov zakon) zelo pomembno natančno poznavanje modula elastičnosti, kar je še posebej pomembno, ko se le ta določa iz diagramov objavljenih v javno dostopni literaturi. V primeru je primerneje uporabiti hiperelastične materialne modele.

V zadnjem letu je projektna skupina zaključila z eksperimentalnim delom in se osredotočila na analizo rezultatov ter objavo le-teh na znanstvenih konferencah oziroma v znanstvenih revijah. V zvezi z obravnavano tematiko je nastajala tudi doktorska disertacija kandidata Marka Šorija.

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

Glede na poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu v prejšnji točki ocenjujemo, da je stopnja realizacije projekta v skladu z načrtovanim. Na osnovi postavljenih temeljev na eksperimentalnem področju v letu 2011 je bila v letu 2012 izdelana konstrukcija preizkuševališča za sintrane in polimerne zobnike, opravljene so bile analize lastnosti prahu za sintranje, določene trdnostne lastnosti sintranih materialov in možnost nanosa prevleke iz PEEK na sintran zobnik. Na osnovi postavljenih temeljev na računskem področju pa so bile izdelane prve analize tako na področju sintranja kot na področju alternativnih materialov, ki bi nadomestili sintranje. Določene so bile tudi možnosti uporabe odpadnega Al prahu v podjetju Talum za nadaljnjo uporabo. Tako smo predlagali določene tehnološke spremembe kakor tudi pokazali možnost izdelave novih izdelkov, kar omogoča podjetjema dodaten nadaljnji razvoj.

Dokončani so bili dinamični preizkusi jeklenih sintranih in dodatno kaljenih preizkušancev, ki so bili uporabljeni v numeričnem modelu za oceno življenjske dobe sintranih zobnikov. Izdelano in sestavljeno je bilo preizkuševališče za zobnike po vzoru FZG preizkuševališča. Teoretično je bil proučevan vpliv »nečistoč« na strukturno in fazno obnašanje materialov. Raziskan je bil vpliv naključnega nereda, vsiljenega preko »nečistoč«, na domenske vzorce struktur, ki so dosežene z zlomom zvezne simetrije. Potekale so tudi raziskave v smeri izboljšanja homogenosti in gostote nanosa ter izboljšanja lastnosti prevleke iz PEEK materiala po termični obdelavi.

Na področju alternativnih materialov, ki bi nadomestili sintrane materiale, smo izvedli raziskave povesa zoba zobnika izdelanega iz polimernega materiala in določili vpliv natančnosti določitve modula elastičnosti na povese zoba.

Na splošno velja v okviru projektne skupine mnenje, da je stopnja realizacije programa dokaj visoka. Obe sodelujoči podjetji (Unior in Talum) sta zadovoljni z doseženimi rezultati in bosta z znanstvenimi in strokovnimi aktivnostmi na tem področju nadaljevali tudi v bodoče, saj so tovrstne raziskave ključnega pomena za konkurenčnost podjetij na tem segmentu.

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

Za časa trajanja projekta ni prišlo do bistvenih odstopanj niti na nivoju programa niti glede sestave projektne skupine.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁵

		Znanstveni dosežek	
1.	COBISS ID	20050952	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Zlom simetrije v nematičnih tekočih kristalih : analogija s kozmologijo in magnetizmom
		ANG	Symmetry breaking in nematic liquid crystals: analogy with cosmology and magnetism
Opis	SLO	Na primeru nematičnih tekočih kristalov smo preučevali univerzalnostne mehanizme tvorbe domenskih struktur in vpliv nečistoč na njihovo stabilizacijo. Obravnavali smo tridimenzionalni mrežni model in uporabili metodo Brownove molekularne dinamike. Pri tem so molekule sodelovale z Lebwohl-Lasherjevo interakcijo. Preverili smo veljavnost teoremov, ki so bili originalno izpeljani v kozmologiji in magnetizmu. V prvem delu smo se osredotočili na vpliv hitrosti faznega prehoda na velikost t.i. protodomene. Ko je stopnja orientacijske urejenosti dovolj velika, se pojavijo dobro opredeljene protodomene, karakterizirane z značilno linearno dolžino. V drugem delu smo preučili vpliv zgodovine vzorca na domensko strukturo. Pokazali smo, da velja t.i. Imry-Mateorem samo za	

		določena začetna stanja sistemov
	ANG	Universal behavior related to continuous symmetry breaking in nematic liquid crystals is studied using Brownian molecular dynamics. A three-dimensional lattice system of rod-like objects interacting via the Lebwohl-Lasher interaction is considered. We test the applicability of predictions originally derived in cosmology and magnetism. In the first part we focus on coarsening dynamics following the temperature driven isotropic-nematic phase transition for different quench rates. The behavior in the early coarsening regime supports predictions made originally by Kibble in cosmology. For fast enough quenches, symmetry breaking and causality give rise to a dense tangle of defects. When the degree of orientational ordering is large enough, well defined protodomains characterized by a single average domain length are formed. With time subcritical domains gradually vanish and supercritical domains grow with time, exhibiting a universal scaling law. In the second part of the paper we study the impact of random-field-type disorder on a range of ordering in the (symmetry broken) nematic phase. We demonstrate that short-range order is observed even for a minute concentration of impurities, giving rise to disorder in line with the Imry-Ma theorem prediction only for the appropriate history of systems.
	Objavljeno v	IOP Publishing; Journal of physics, Condensed matter; 2013; Vol. 25, no. 40; str. 404201-1-404201-10; Impact Factor: 2.223; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 3.851; WoS: UK; Avtorji / Authors: Repnik Robert, Ranjkesh Siahkal Amid, Šimonka Vito, Ambrožič Milan, Bradač Zlatko, Kralj Samo
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
2.	COBISS ID	13722907 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Računski model za določitev upogibne trdnosti sintranih zobnikov ANG A computational model for bending fatigue analyses of sintered gears
	Opis	SLO V članku je predstavljen računski model za določitev upogibne trdnosti sintranih zobnikov. Model je zasnovan na napetostni metodi z upoštevanjem vpliva večsotnega napetostnega stanja, srednje napetosti, površinske hrapavosti in zarezne učinka na dobo trajanja sintranega zobnika. Potrebni materialni parametri (koeficient trdnosti pri utrujanju in eksponent trdnosti pri utrujanju) so določeni eksperimentalno z osnim natezno/tlkačnim preskusom pri obremenitvenem razmerju R=0. ANG A computational model for determination of the fatigue life of sintered gears in regard to bending fatigue in a gear tooth root is presented. The proposed model is based on the stress-life approach in which the multi-axial state of stress, the mean stress effect, the influence of surface roughness, and the notch effect are studied when determining the fatigue life of a treated gear pair. The required material parameters (the fatigue strength coefficient and the fatigue strength exponent b) are determined experimentally on a uni-axial tension/compression test machine with a load ratio of R = 0.
	Objavljeno v	Zveza strojnih inženirjev in tehnikov Slovenije [et al.] = Association of Mechanical Engineers and Technicians of Slovenia [et al.]; Strojniški vestnik; 2014; Vol. 60, no. 10; str. 649-655; Impact Factor: 0.776; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.275; WoS: IU; Avtorji / Authors: Glodež Srečko, Šori Marko, Verlak Tomaž
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	18068246 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO DSC/TG prahov na osnovi Al primernih za P/M uporabo ANG DSC/TG of Al-based alloyed powders for p/m applications

Opis	SLO	Legirani prahovi na osnovi Al, primerni za sinter postopek (P/M, metalurgija prahov), vsebujejo zlitinske elemente z veliko topnostjo v trdnem Al, kar omogoča reakcijsko sintranje v prisotnosti tekoče faze. Zaradi velike afinitete aluminija do kisika so na površini oksidirani. Poleg tega vsebujejo ti prahovi polimerno mazivo, ki zmanjšuje trenje na stenah orodja med avtomatskim stiskanjem prahu v končno oblikovan izdelek. To mazivo moramo v prvi fazi procesa sintranja počasi odstraniti, sicer bi lahko prišlo do nepopravljive deformacije ali celo pokanja izdelka. Zato je njihovo sintranje zelo zahtevno. Navadno se sintrajo v čisti dušikovi atmosferi z nizko temperaturo rosišča. Poleg fizikalno-kemijske karakterizacije sintranih izdelkov s svetlobno in elektronsko mikroskopijo je za določitev optimalnih pogojev sintranja zelo uporabna diferencialna vrstična kalorimetrija, kombinirana s termogravimetrijo (DSC/TG). Prva omogoča vpogled v endo- in eksotermne reakcije, ki potekajo med segrevanjem in ohlajanjem kompaktiranega kovinskega prahu, druga pa s temi procesi povezano izgubo (redukcija, odstranitev maziva itd.) ali prirastek (oksidacija) mase. V okviru naših raziskav smo izvedli DSC/TG treh komercialno dosegljivih prahov na osnovi Al, ugotovljene reakcije smo primerjali z napovedmi teoretične termodinamike in predlagali optimalne pogoje sintranja teh prahov.
	ANG	Al-based alloyed powders, appropriate for the sintering procedure (powder metallurgy, P/M) contain the alloying elements with a high solid solubility in Al, enabling reaction and liquid-phase sintering. They are surface oxidised because of a high affinity of Al to oxygen. Besides, this type of powders contains a polymeric lubricant (wax), which reduces the friction on die walls during automatic die compaction into the final compact shape of a product. This lubricant has to be removed slowly during the first stage of sintering in order to prevent deformations and cracking of the product. Consequently, its sintering is very complex. Generally, these powders are sintered in pure nitrogen with a low dew point. The optimum sintering conditions are generally determined on the basis of light and scanning electron microscopy. The investigation can also be completed very successively with differential scanning calorimetry and thermo gravimetry. The first one allows an insight into the endo- and exothermic reactions, taking place during the heating and cooling of a compacted metal powder, and the second one allows an insight into the processes, connected with the mass loss (a reduction, a lubricant removal, etc.) or mass increase (an oxidation). The DSC/TG of three commercial Al-based alloyed powders was performed in the frame of our investigations. The results were compared with the theoretical thermodynamic-based calculations and the optimum sintering conditions were proposed.
Objavljeno v	Inštitut za kovinske materiale in tehnologije; Materiali in tehnologije; 2014; Letn. 48, št. 4; Str. 531-536; Impact Factor: 0.555; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.554; WoS: PM; Avtorji / Authors: Šuštaršič Borivoj, Medved Jože, Glodež Srečko, Šori Marko, Korošec Albert	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
4.	COBISS ID	21045512 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Lastnosti sintranega kovinskega prahu DIN SINT-D30 pri utrujanju pred toplotno obdelavo in po njej
	ANG	Fatigue properties of sintered DIN SINT-D30 powder metal before and after heat treatment
Opis	SLO	Šlanek predstavlja določitev utrujenostnih parametrov sintranega materiala DIN SINT D30, kjer sta upoštevani dve toplotni obdelavi: (1) samo sintranje in (2) sintranje in dodatno kaljenje. Rezultati kažejo da dodatno kaljenje po sintranju znatno izboljša utrujenostne lastnosti

		obravnavega gradiva.
	ANG	Paper presents the determination of fatigue properties of sintered DIN SINT-D30 powder metal where two thermal treatment have been considered: (1) sintered specimen and (2) sintered and hardened specimen. The results show that additional hardening significantly improve the fatigue properties of treated sintered material.
Objavljeno v		Inštitut za kovinske materiale in tehnologije; Materiali in tehnologije; 2014; Letn. 48, št. 6; str. 837-840; Impact Factor: 0.555; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.554; WoS: PM; Avtorji / Authors: Šori Marko, Šuštaršič Borivoj, Glodež Srečko
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine⁶

	Družbeno-ekonomski dosežek					
1.	COBISS ID	20099848 Vir: COBISS.SI				
	Naslov	<table border="1"> <tr> <td>SLO</td> <td>Numerična simulacija stiskanja kovinskega prahu z Drucker-Prager-Cap modelom v večvišinski komponenti</td> </tr> <tr> <td>ANG</td> <td>Numerical simulation of powder metal compaction with Drucker-Prager cap model in a multi height component</td> </tr> </table>	SLO	Numerična simulacija stiskanja kovinskega prahu z Drucker-Prager-Cap modelom v večvišinski komponenti	ANG	Numerical simulation of powder metal compaction with Drucker-Prager cap model in a multi height component
SLO	Numerična simulacija stiskanja kovinskega prahu z Drucker-Prager-Cap modelom v večvišinski komponenti					
ANG	Numerical simulation of powder metal compaction with Drucker-Prager cap model in a multi height component					
	Opis	<table border="1"> <tr> <td>SLO</td> <td>V prispevku je predstavljena simulacija enosnega stiskanja kovinskega prahu v procesu sintranja. Numerični model je bil narejen v programu Abaqus z uporabo DruckerPragerCap (DPC) modela. Izvedena je bila simulacija stiskanja dvovišinskega cilindričnega kosa. Matrica in trni orodja so bili modelirani ko analitične toge površine, pozicija matrice je bila fiksna, medtem ko so se trni ustrezno pomikali v smeri stiskanja. S prilagajanjem gibov trnov je možno doseči optimalno porazdelitev lokalnih gostot po kosu, ki so različne zaradi trenja kovinskega prahu po stenah matrice in trnov. Rezultati so predstavljeni v aksialnem prerezu kot različne porazdelitve gostote pri ustreznih gibih orodja.</td> </tr> <tr> <td>ANG</td> <td>This paper presents numerical simulation for press compaction of the powdered metal in a sintering process. Numerical simulation was done in Abaqus, utilizing DruckerPragerCap (DPC) model. Compaction simulated sample was a two level cylindrical component. Die and punches were modeled as a 2D analytically rigid shell. Position of the die was fixed, while the lower two punches were allowed to move in a vertical direction (direction of the compaction). Optimal results can be achieved, by optimizing the stroke properties of punches. To obtain realistic results, surface friction has been taken into account. Results of the simulation are variable magnitude density areas, distributed over a vertically split cross section of the cylindrical component.</td> </tr> </table>	SLO	V prispevku je predstavljena simulacija enosnega stiskanja kovinskega prahu v procesu sintranja. Numerični model je bil narejen v programu Abaqus z uporabo DruckerPragerCap (DPC) modela. Izvedena je bila simulacija stiskanja dvovišinskega cilindričnega kosa. Matrica in trni orodja so bili modelirani ko analitične toge površine, pozicija matrice je bila fiksna, medtem ko so se trni ustrezno pomikali v smeri stiskanja. S prilagajanjem gibov trnov je možno doseči optimalno porazdelitev lokalnih gostot po kosu, ki so različne zaradi trenja kovinskega prahu po stenah matrice in trnov. Rezultati so predstavljeni v aksialnem prerezu kot različne porazdelitve gostote pri ustreznih gibih orodja.	ANG	This paper presents numerical simulation for press compaction of the powdered metal in a sintering process. Numerical simulation was done in Abaqus, utilizing DruckerPragerCap (DPC) model. Compaction simulated sample was a two level cylindrical component. Die and punches were modeled as a 2D analytically rigid shell. Position of the die was fixed, while the lower two punches were allowed to move in a vertical direction (direction of the compaction). Optimal results can be achieved, by optimizing the stroke properties of punches. To obtain realistic results, surface friction has been taken into account. Results of the simulation are variable magnitude density areas, distributed over a vertically split cross section of the cylindrical component.
SLO	V prispevku je predstavljena simulacija enosnega stiskanja kovinskega prahu v procesu sintranja. Numerični model je bil narejen v programu Abaqus z uporabo DruckerPragerCap (DPC) modela. Izvedena je bila simulacija stiskanja dvovišinskega cilindričnega kosa. Matrica in trni orodja so bili modelirani ko analitične toge površine, pozicija matrice je bila fiksna, medtem ko so se trni ustrezno pomikali v smeri stiskanja. S prilagajanjem gibov trnov je možno doseči optimalno porazdelitev lokalnih gostot po kosu, ki so različne zaradi trenja kovinskega prahu po stenah matrice in trnov. Rezultati so predstavljeni v aksialnem prerezu kot različne porazdelitve gostote pri ustreznih gibih orodja.					
ANG	This paper presents numerical simulation for press compaction of the powdered metal in a sintering process. Numerical simulation was done in Abaqus, utilizing DruckerPragerCap (DPC) model. Compaction simulated sample was a two level cylindrical component. Die and punches were modeled as a 2D analytically rigid shell. Position of the die was fixed, while the lower two punches were allowed to move in a vertical direction (direction of the compaction). Optimal results can be achieved, by optimizing the stroke properties of punches. To obtain realistic results, surface friction has been taken into account. Results of the simulation are variable magnitude density areas, distributed over a vertically split cross section of the cylindrical component.					
	Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci				
	Objavljeno v	European Powder Metallurgy Association; Euro PM2013 congress & exhibition; 2013; Str. 7-11; Avtorji / Authors: Šori Marko, Verlak Tomaž, Glodež Srečko				
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci				
2.	COBISS ID	19978760 Vir: COBISS.SI				
	Naslov	<table border="1"> <tr> <td>SLO</td> <td>Vabljen predavanja na temo ograjenosti in vpliva nanodelcev na fazno obnašanje dvokomponentnih mešanic</td> </tr> <tr> <td>ANG</td> <td>Liquid crystal phase transitions under nanoconfinement and role of nanoparticles</td> </tr> </table>	SLO	Vabljen predavanja na temo ograjenosti in vpliva nanodelcev na fazno obnašanje dvokomponentnih mešanic	ANG	Liquid crystal phase transitions under nanoconfinement and role of nanoparticles
SLO	Vabljen predavanja na temo ograjenosti in vpliva nanodelcev na fazno obnašanje dvokomponentnih mešanic					
ANG	Liquid crystal phase transitions under nanoconfinement and role of nanoparticles					
		Izvedena so bila številna vabljen predavanja na uglednih univerzah v				

	Opis	SLO	Angliji (Cambridge, Bath) na temo faznega obnašanja mešanic tekočih kristalov in nanodelcev.
		ANG	Several invited lectures were given in UK (University of Cambridge, University of Bath) about phase behavior of mixtures of liquid crystals and various nanoparticles.
	Šifra	F.18 Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Objavljeno v	2013; Avtorji / Authors: Kralj Samo	
	Tipologija	3.16 Vabljen predavanje na konferenci brez natisa	
3.	COBISS ID	18008598	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Analiza utrujanja delovnih valjev pri vročem valjanju pločevine
		ANG	Fatigue analysis of working rolls in hot strip mills
	Opis	SLO	V predloženi doktorski disertaciji je obravnavana analiza utrujanja delovnih valjev pri vročem valjanju pločevine. Poleg določevanja koeficientov za določevanje življenjske dobe delovnih valjev po metodi visoko-cikličnega utrujanja je bilo v sklopu doktorske disertacije narejeno še veliko eksperimentalnega dela. Prikazana je kemijska analiza preučevanega materiala ter mikrostruktura pred in po termični obdelavi. Prikazan je potek trdote v odvisnosti od globine delovne plast. Določitev nateznih in tlačnih trdnosti je potekalo pri različnih temperaturah glede na pogoje med valjanjem, ko sta v kontaktu delovni valj in valjanec. Prikazani so tudi rezultati upogibnih trdnosti in udarne žilavosti. Eksperimentalno so bili določeni parametri mehanike loma, kjer se je spremljala rast utrujenostne razpoke v preizkušancu. Izvedena je bila podrobna metalografska analiza preizkušancev za določevanje življenjske dobe valjev z uporabo elektronskega mikroskopa. Na koncu se je izvedla tudi analiza obrabne odpornosti na lastno izdelani preizkuševalni napravi.
		ANG	The fatigue analysis of working rolls in hot strip mills is presented in this doctoral thesis. Besides the determination of the high cycle fatigue, a lot of other experimental work was performed. Chemical composition with microstructure before and after special heat treatment is given. Also hardness distribution in depth through the whole working layer is presented. Monotonic tensile and compressive tests were done at different temperatures of the specimens, which correspond to the real situation in the rolling gap. Besides tensile and compressive tests, also bending and Charpy impact toughness tests were done. Fracture mechanics parameters and fatigue crack growth analysis was experimentally determined and moreover, a complete fracture investigation was performed by using scanning electron microscope. At the end of the thesis a result of wear is shown, where special testing device was developed for this purpose.
Šifra	D.09 Mentorstvo doktorandom		
Objavljeno v	M. Drobne]; 2014; [22], 145 str.; Avtorji / Authors: Drobne Matej		
Tipologija	2.08 Doktorska disertacija		
4.	COBISS ID	20920072	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Določevanje lomnomehanskih parametrov sintranega jekla SIST D30
		ANG	Determination of fracture mechanics parameters of SINT D30 sintered steel
	Opis	SLO	Prispevek obravnava določitev utrujenostnih in lomnomehanskih parametrov sintranega jekla SIST D30, ki so bili določeni eksperimentalno na preskuševališču "Cracktronic".
			The paper presents the fatigue and fracture parameters of SINT D30

	ANG	steel whic have been determined experimentally using "Cracktronic" testing device.
Šifra	B.03	Referat na mednarodni znanstveni konferenci
Objavljeno v	European Powder Metallurgy Association; Euro PM2014 proceedings, the Messezentrum Salzburg, Austria, 21-24 September 2014; 2014; Str. 1-5; Avtorji / Authors: Šori Marko, Vuherer Tomaž, Glodež Srečko	
Tipologija	1.08	Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁷

Med druge pomembne rezultate projektne skupine lahko štejemo zasnovo in izdelavo preskuševališča za testiranje zobnikov, kar je podrobneje opisano pod točko 13.2.

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Pridobljeni rezultati in osvojena znanja tekom projekta dajejo pomemben vpogled na proizvodne trende po Evropi in po svetu. Proizvodni proces metalurgije prahov zaradi cenovne ugodnosti, nizkega odpada med izdelavo, dobrimi tolerancami in vedno boljšimi mehanskimi lastnostmi končnega izdelka postaja vse bolj zanimiva tehnologija masovne proizvodnje za prihodnost. Predvsem avtomobilska industrija že nekaj časa posega po sintranih izdelkih, ko gre za manj obremenjene dele. Raziskava literature na tem področju pa je pokazala, da se obeta prodor sintranih izdelkov tudi v bolj obremenjene avtomobilске dele, npr. zobnike in ojnice.

Poglobljena kemijska analiza, diferenčna dinamična kalorimetrija in termogravimetrična analiza so dale pomemben vpogled pogoje med sintranjem in potek difuzije v aluminijastih kovinskih prahovih. Rezultati analiz so bili predstavljeni na »Mednarodni konferenci o materialih in tehnologijah« v Portorožu in objavljeni v znanstveni reviji »Materiali in tehnologije«, ki jo izdaja Inštitut za materiale in tehnologijo v Ljubljani. Doseženi rezultati so tudi vzbudili zanimanje podjetij v tujini, s katerimi je bilo vzpostavljeno uspešno sodelovanje.

Obsežno testiranje sintranega jekla pri različnih toplotnih obdelavah je prispevalo k poglobljenemu razumevanju odziva sintranega jekla na zunanjo obremenitev. Rezultati raziskav mehanskih lastnosti ob statični in dinamični obremenitvi so bili predstavljeni na mednarodni konferenci »21st International Conference on Materials and Technology« v Portorožu in na mednarodni konferenci »Materials Structure & Micromechanics of Fracture« v Brnu na Češkem in objavljeni v reviji »Materiali in tehnologije« in v reviji »Key Engineering Materials«. Rezultati lomno-mehanskih preizkusov so bili predstavljeni na mednarodni konferenci na tematiko metalurgije prahov »Euro PM 2014« v Salzburgu v Avstriji in bodo poslani v objavo v eno izmed priznanih mednarodnih znanstvenih revij na tem področju. Razvit računski model za preračun sintranih zobnikov je bil predstavljen na konferenci »International Conference on Gears« v Lyonu v Franciji in objavljen v reviji »Strojniški vestnik«.

ANG

Gained results and accomplished knowledge in the framework of the project give an important insight on production trends in Europe and also worldwide. Due to low price, low waste, tight tolerances and evermore improving mechanical properties powder metallurgy is becoming an interesting alternative mass production process for the future. Especially automotive industry has been using this technology to produce non-vital parts. Literature research on this field however concludes that sintered parts will enter the industry as vital automotive parts, such as transmission gears and connecting rods.

In-depth chemical analysis, differential scanning calorimetry and thermos-gravimetric analysis had given an important understanding of sintering conditions and diffusion process between aluminum powder particles. Results were presented at "International Conference on Materials and Technology" in Portorož, Slovenia and published in scientific journal

"Materials and Technology", which is published by Institute of Materials and Technology in Ljubljana, Slovenia. Results also sparked interest of abroad companies consequently a successful collaboration was established.

Extensive experiments on sintered steel after different heat treatments contributed to profound understanding of mechanical behavior of sintered steel. Results of static and dynamic tests were presented at "21st International Conference on Materials and Technology" in Portorož, Slovenia and at international conference "Materials Structure & Micromechanics of Fracture" in Brno, Czech Republic and published in journal "Materials and Technology" and in journal "Key Engineering Materials". Fracture mechanics results were presented at international conference on powder metallurgy "Euro PM 2014" in Salzburg, Austria and will be sent for publication to one of the recognized international journals in this field. Developed computational model for determination of tooth root strength was presented at "International Conference on Gears" in Lyon, France and published in "International Journal of Mechanical Engineering".

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Ker je v industriji vedno bolj pomembno izkazovanje znanja in seznanjenost s sodobnimi trendi je izvedba projekta ključno izboljšala znanstvene kompetence znotraj podjetij Talum in Unior, saj je sodelovanje s fakulteto za strojništvo na skupnem projektu omogočilo učinkovitejši prenos akademskih znanj v slovensko industrijo. Pregled znanstvenih prispevkov s vsega sveta in udeležba na mednarodnih znanstvenih konferencah sta slovenskim podjetjem Talum in Unior omogočila implementacijo vrhunske znanosti v industrijo v Sloveniji, saj slovenska podjetja običajno nimajo dostopa do vrhunskih znanstvenih prispevkov in se ne udeležujejo mednarodnih znanstvenih konferenc. Zraven tega so tekom projekta pridobljeni rezultati omogočili boljše razumevanje materialov, s katerimi se ukvarjata Talum in Unior.

Primerjava lastnosti odpadnega aluminijevega prahu in lastnosti komercialnega aluminijevega prahu namenjenega za stiskanje in sintranje je omogočila korak k rešitvi industrijskega problema v podjetju Talum. Kljub neustreznosti odpadnega prahu so bile predlagane alternativne rešitve, ki omogočajo učinkovitejšo porabo sicer odpadnega materiala.

Obsežna analiza mehanskih lastnosti sintranega jekla je omogočila boljše razumevanje pomena preprečevanja nastanka plastnih razpok med procesom stiskanja kovinskih prahov v podjetju Unior. Prav tako je analiza mehanskih lastnosti po različnih toplotnih obdelavah pokazala, da so pogoji med sintranjem in med naknadnimi toplotnimi obdelavami bistvenega pomena za mehanske lastnosti končnega izdelka, zato je redno vzdrževanje in stroga kontrola peči za sintranje in kaljenje izredno pomembna.

ANG

As demonstration of knowledge and awareness of most recent production trends is becoming increasingly more important in modern industry, realization of the project crucially improved scientific competences inside companies Talum and Unior, because collaboration in common project with Faculty of Mechanical Engineering has enabled quicker transfer of academic knowledge into Slovenian industry. Review of scientific papers from worldwide and participation in international scientific conferences had enabled Slovenian companies Talum and Unior to implement cutting edge science into Slovenian industry, because Slovenian companies usually do not possess access to latest scientific papers and do not participate in international scientific conferences. Additionally, results obtained during the project have given further understanding of materials that are the object of work in companies Unior and Talum.

Comparison of waste aluminum powder properties with commercial aluminum powder mix prepared for compaction and sintering made it possible to make a step towards solution of industrial problem in company Talum. Although waste aluminum powder is not suitable for compaction and sintering, alternative solutions to efficiently use otherwise waste material were proposed.

Comprehensive analysis of sintered steel mechanical properties enabled a better understanding of importance to prevent formation of layer cracks during metal powder compaction in company Unior. Analysis of mechanical properties with respect to heat treatment also showed that conditions during sintering and further heat treatment have enormous effect on mechanical properties of final part. Thus regular maintenance and strict

control of sintering and heat treatment furnaces is extremely important.

10. Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!
Označite, katerega od navedenih ciljev ste si zastavili pri projektu, katere konkretne rezultate ste dosegli in v kakšni meri so doseženi rezultati uporabljeni

Cilj		
F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Delno
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
	Uporaba rezultatov	Delno
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
	Uporaba rezultatov	Delno
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
	Uporaba rezultatov	Delno
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
	Uporaba rezultatov	Delno
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih

	Uporaba rezultatov	Delno
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
	Uporaba rezultatov	Delno
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
	Uporaba rezultatov	Delno
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.19	Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE

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

	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Delno
F.31	Razvoj standardov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.33	Patent v Sloveniji	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

Komentar

--

11. Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!
Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visokošolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02	Gospodarski razvoj					

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

Komentar

--

12. Pomen raziskovanja za sofinancerje¹¹

Sofinancer				
1.	Naziv	Unior d.d.		
	Naslov	Kovaška c. 10, 3214 Zreče		
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	102.841	EUR	
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:	38	%	
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		Šifra	
		1.	Uporaba finega prahu za sintranje	F.04
		2.	Konstruiranje in izdelava preskuševališča za zobnike	F.13
		3.	Izdelava numeričnega modela za stiskanje prahu	F.02
		4.	Možnost uporabe PEEK-prevlek na sintranih zobnikih	F.07
		5.	Računski model za določitev upogibne trdnosti sintranih zobnikov.	A.01
Komentar	Stopnja realizacije je v skladu z zastavljenimi cilji pri prijavi projekta.			
Ocena	Rezultati projekta bodo pomembno vplivali na razvoj sintranih produktov v podjetju Unior.			
2.	Naziv	Talum d.d.		
	Naslov	Tovarniška c. 10, 2325 Kidričevo		
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	60.400	EUR	
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:	22	%	
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		Šifra	
		1.	Določitev lastnosti Al-prahov	F.01
		2.	Uporaba odpadnega Al-praha za zaprte in odprte celične pene	F.06
		3.	Alternativne možnosti uporabe Al-prahu obliki P/M izdelkov	F.06
		4.	DSC/TG prahov na osnovi Al primernih za P/M uporabo	A.01
		5.	Morfološke in mikrostrukturne značilnosti kovinskih prahov na osnovi aluminija za izdelavo izdelkov po postopkih metalurgije prahov	A.01
Komentar	Stopnja realizacije je v skladu z zastavljenimi cilji pri prijavi projekta.			
Ocena	Rezultati projekta bodo pomembno vplivali na uporabo odpadnega Al-praha v podjetju Talum.			

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

--

13.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

--

Najpomembnejši dosežek raziskovalnega projekta je izdelano preizkuševališče za sintrane zobnike. Preizkuševališče omogoča preizkušanje zobnikov z obremenitvijo do 50 Nm pri 3000 vrtljajih na minuto, oziroma obratovanje testnega zobnika pri nazivni moči 15,7 kW. Pri tem pogonski elektromotor obratuje zgolj z močjo 1,5 kW. Tak način omogoča energetsko učinkovito preizkušanje zobnikov v dolgih časovnih intervalih, saj elektromotor pokriva le izgube nastale zaradi trenja med zobnimi boki, v ležajih, v tesnilih in izgube zaradi hidrodinamičnega trenja, ki je posledica mešanja olja. To je mogoče zaradi povratne mehanske zanke navora in zaradi torzijske elastičnosti gredi, ki omogočata, da se zobnik obremeni z relativnim torzijskim zasukom ene od gredi. Ta zasuk se ohrani s sklenitvijo mehanske sklopke z visoko torzijsko togostjo, kar ohrani notranji moment v zaprti zanki, elektromotor pa zagotovi rotacijsko gibanje.

ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	L2-4082
Naslov projekta	Modeliranje tokovnih in temperaturnih razmer v rotirajočih elementih
Vodja projekta	6428 Leopold Škerget
Tip projekta	L Aplikativni projekt
Obseg raziskovalnih ur	8430
Cenovni razred	B
Trajanje projekta	07.2011 - 06.2014
Nosilna raziskovalna organizacija	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	1995 CIMOS d.d. Avtomobilska industrija
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.13 Procesno strojništvo 2.13.02 Prenosnost v trdninah in tekočinah
Družbeno-ekonomski cilj	06. Industrijska proizvodnja in tehnologija
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	2 Tehniške in tehnološke vede 2.11 Druge tehniške in tehnološke vede

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

2. Povzetek raziskovalnega projekta¹

SLO

Namen raziskovalnega projekta je bil razvoj numeričnega modela za simulacijo toplotno-tokovnih razmer pri zračno hlajenih zavornih diskih z namenom natančnejšega napovedovanja učinkovitosti hlajenja diska med zaviranjem vozila oziroma vožnjo. S sodobnim pristopom, kot je RDT (Računska dinamika tekočin) je tako možno v

naprej, brez izdelave prototipa oziroma eksperimenta, oceniti primernost posamezne oblike zavornega diska, določiti primerno obliko lopatic oziroma hladilnih kanalov, število le-teh oziroma sam pretočni presek. Vendar je to možno le ob primernem numeričnem modelu, kateri zajame fiziko obravnavanega pojava. Ker so tokovne razmere znotraj, kot tudi zunaj hladilnega diska močno turbulentne je potrebno izbrati tudi primeren turbulentni model oziroma pristop modeliranja, kot je RANS, URANS in LES. Prenos toplote oziroma hlajenje diska je močno povezano s samimi tokovnimi razmerami oziroma so toplotno-tokovne razmere medsebojno odvisne, zaradi česar je postavitve primerne oziroma natančne numeričnega modela zahtevno. Ker se zavorni disk med močnim zaviranjem močno segreje, je pri tem potrebno upoštevati tudi spremenljive snovne lastnosti, tako materiala diska kot tudi okoliškega zraka. Zaradi zahtevnosti numeričnega modeliranja oziroma postavitve primerne numeričnega modela, izbire računskega območja, primernih robnih pogojev, je potrebno model tudi validirati. Tokovne razmere v hladnem so bile validirane s PIV (Particle Image Velocimetry) metodo, pri čemer je bila validirana porazdelitev izstopne radialna hitrost iz hladilnih kanalov, kot tudi hitrostna porazdelitev znotraj hladilnega kanala. Temperaturno obnašanje oziroma ohlajanje posameznega diska pa je bila ovrednotena iz strani podjetja Cimos d.d. na dinamometru, kjer lahko simulirajo realno vožnjo vozila. Tako smo lahko zagotovili podobnost obnašanja ohlajanja zavornega diska v realnem primeru in virtualni simulaciji.

Takšen pristop ovrednotenja učinkovitosti ohlajanja zavornega diska je za avtomobilsko industrijo še kako pomemben, saj nadomesti in preseže bolj robusten in manj natančen pristop z določitvijo koeficientov prestopa toplote, ki v sodobnem inženirstvu odpove.

V zadnjem delu raziskovalnega projekta je bila predlagana tudi izboljšana verzija zračno hlajenega zavornega diska, s spremenjenimi simetričnimi hladilnimi kanali. Omenjeni prototip se je izkazal za nekoliko boljšega od testiranega originalnega oziroma izvornega diska, tako v numerični simulaciji, kot potem v realnem testiranju na dinamometru. Tako lahko sklenemo, da je postavljeni izboljšani numerični model uspešno napovedal učinkovitost ohlajanja zavornega diska.

ANG

The aim of this research project was to develop the new numerical model for simulating the fluid flow and heat transfer of ventilated brake disc and to estimate the cooling efficiency of the disc during the vehicle breaking or driving. With contemporary approach as CFD (Computational Fluid Dynamics), it is possible to estimate the cooling efficiency of the brake disc in advance, without the prototype or experiment. This way it is possible to change the disc design, the shape of the cooling channels or how many channels there should be, and evaluate the efficiency of that design. However this is possible only if the numerical model can correctly describe the physics of the observed phenomena. Because the velocity field inside the cooling channels and outside of the disc is turbulent it is also important to choose the correct approach of simulating turbulence like RANS, URANS or LES. The connection between the heat transfer and velocity is strong, for which to develop new numerical model to evaluate

cooling efficiency of the disc is hard. The disc heats up enormously during the braking, for which the temperature gets up quite high, therefore it is needed to take into consideration the temperature dependence of disc material as well as the surrounding air. Due to the newly developed numerical model we had to evaluate its accuracy and correctness, if the computational domain or mesh, boundary conditions was correctly chosen. This has been done with comparing the results of numerical simulation and experiment. The velocity field has been compared with the results of PIV (Particle Image Velocimetry) measurement in cold. The validation of numerical model has been done on the radial exit velocity from the cooling channels as well as on the velocity field inside the channel. The validation of temperature distribution and cooling efficiency of the disc has been done on the dynamometer, owned by Cimos d.d., where they can simulate the real driving of the vehicle. This way we could assure the similarity between the real world data or cooling efficiency of the disc with virtual one.

The described approach of evaluating the cooling efficiency of the ventilated brake disc is very important for automotive companies as Cimos d.d., because it can outstand the less accurate but more robust method of evaluating the cooling efficiency based on the engineering coefficients as heat transfer coefficient.

In the last part of this research project we also propose the new and improved version of ventilated brake disc with changed symmetrical cooling channels. This prototype has proven to be more efficient as its predecessor, in numerical simulation, as well as in real testing conditions on dynamometer. This also shows that the newly developed numerical model is capable to predict the cooling efficiency of ventilated brake disc in the design stage.

3.Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu²

NUMERIČNI DEL

V prvem delu smo izvedli pregled strokovne in znanstvene literature na tem področju, na osnovi katerih smo lahko začeli graditi izboljšani numerični model za simulacijo toplotno-tokovnih razmer v zračno hlajenem zavornem disku. V prvem numeričnem modelu smo upoštevali tri hladilne kanale zavornega diska, skupaj s pestom in premnikom. Tako smo prišli do prvih stacionarnih numeričnih simulacij, pri katerih smo upoštevali konstantne snovne lastnosti materiala in zraka, toliko da smo lahko validirali primernost uporabljenih robnih pogojev (simetrija in odprt robni pogoj), fizike, RANS turbulentnih modelov, računskega območja in računske mreže. Pri tem smo prišli do ugotovitev, da ima največji vpliv računski mreža, katero smo primerno zgostili v okolici zavornega diska, zlasti v območju hladilnih kanalov, ter da je SST turbulentni model oziroma RANS SST pristop primeren, saj primerneje opiše separacijo toka znotraj hladilnih kanalov, kot tudi samo turbulenco.

V nadaljevanju smo numerični izračun nadgradili s časovno odvisnim. Cilj nadgradnje je bil simulirati oziroma napovedati temperaturo diska oziroma vroča območja pri standardiziranem testu večkratnega zaviranja, ki se izvaja na dinamometru. Numerični model je bil v prvem delu nadgrajen s predpisom vnesenega toplotnega toka med zaviranjem, kot povprečna ali časovno linearna funkcija. Zaradi

časovne obravnave problema je bilo narejenih kar nekaj različnih kombinacij časovno odvisnih izračunov hlajenja zavornega diska za čas enega cikla zaviranja. Prva kombinacije je bila stacionarna obravnava tokovnega polja okoliškega zraka (konstantna kotna hitrost diska) in časovno odvisna obravnava prenosa toplote tako v disku kot v zraku s ciljem doseganja čim krajšega računskega časa, ki je v industrijski praksi še kako pomemben. Naslednja kombinacija je bila časovna obravnava tako toplotnih kot tokovnih razmer v disku in zraku. Model je bil pri tem tudi nadgrajen z upoštevanjem sevanja zavornega diska preko sevalnega koeficienta prestopa toplote, kot tudi ob upoštevanju spremenljivih snovnih lastnosti materiala diska (siva litina) in okoliškega zraka kot idealnega plina.

Rezultati so pri tem pokazali, da hitrostna odvisnost vnesenega toplotnega toka nasproti konstantni vrednosti močno vpliva na temperaturo diska in njeno porazdelitev v disku zaradi česar jo je smiselno upoštevati. Podobno vplivajo tudi temperaturno odvisne snovske lastnosti materiala diska. Prav tako se je izkazalo, da časovna obravnava tokovnega polja oziroma spreminjanje le-tega zaradi spreminjanje vrtilne frekvence diska v večji meri ne vpliva na spremembo temperature diska ampak le na toplotne-tokovne razmere v njegovi okolici. Zato je poenostavitev obravnave simuliranja zaviranja diska s stacionarnim hitrostnim poljem in časovno odvisnim temperaturnim poljem primerno, saj daje kvantitativno dobre rezultate pri neprimerno krajših računskih časih. Upoštevanje sevanje pa se je izkazalo za pomembno le pri visoki temperatura diska. Se vedno pa prenos toplote s konvekcijo predstavlja bistveni mehanizem ohlajanja zračno hlajenega zavornega diska.

Z željo po čim boljšem opisu toplotno-tokovnih razmer v okolici zavornega diska oziroma znotraj hladilnih kanalov, je potrebno numerični model nadgraditi z naprednimi turbulentnimi modeli oziroma pristopi, kot je URANS in LES. Prej testirani RANS modeli so primerni le za stacionarne oziroma kvazi-stacionarne izračune.

Zaradi zahtevnosti LES in URANS simulacij je bilo potrebno izvesti detajlnejšo analizo vpliva območja reševanja in mreže. Tako so bile izdelane različne RANS numerične simulacije, z upoštevanjem različnega števila hladilnih kanalov, različnih velikosti območja in različne računske mreže. Pri tem smo prišli do celovitega vpogleda na vpliv in stabilnost numeričnih simulacij in do računske mreže, primerne tako za URANS kot LES simulacijo. Analiza je pri tem pokazala, da pri mreži, ki numerično ne duši turbulence, so rezultati toplotno-tokovnih razmer znotraj hladilnih kanalov neodvisni od števila hladilnih kanalov. Zato lahko modeliramo le en hladilni kanal. Drugačne pa so razmere na izstopu iz kanalov, kjer ima število modeliranih hladilnih kanalov velik vpliv.

Izvedene detajlnejše RANS analize smo tudi primerjali z eksperimentalnim delom oziroma PIV meritvijo izstopnega profila hitrosti iz hladilnih kanalov. Primerjava je pokazala dobro ujemanje v primeru primerljive računske mreže s PIV diskretizacijo in čim večjim številom modeliranih hladilnih kanalov. V primeru bolj goste računske mreže pa numerični rezultati detajlnejše opišejo recirkulacijo na izstopu, kot jo zazna PIV in posledično pride do večjega odstopanja. Tako smo potrdili primernost numeričnega modela oziroma pristopa. Pri tem se je uporabljen SST-RANS turbulentni model pokazal za primernega.

Na osnovi omenjenih analiz in ugotovitev smo izvedli podobne numerične analize tudi za druge izvedbe hladilnih diskov, ki jih je podjetje CIMOS d.d. testiralo na zavornem dinamometru z željo potrditve primernosti numeričnega pristopa. Tako je podjetje CIMOS d.d. izvedlo testiranje ohlajanja diskov pri različnih konstantnih vrtilnih hitrosti, s čimer smo pridobili ohlajevalne karakteristike posameznega diska. Primerjava ohlajevalnih krivulj in rezultatov izvedenih numeričnih simulacij je pokazala, da je numerični pristop dober, vendar ne opiše konvektivnega prestopa toplote najboljše. Tako je bilo potrebno nadgraditi fiziko numeričnega modela, tj. na upoštevanje zraka s spremenljivimi snovnimi lastnostmi v odvisnosti od temperature. Z ekspanzijo zraka v hladilnem kanalu, ki poglobitveno vpliva na tokovno-tokovne razmere smo prišli do dobrega ujemanja numeričnih rezultatov z eksperimentom za različne izvedbe zavornih diskov. Tako numerični model upošteva več fizike in boljše napove ohlajevalno karakteristiko posameznega dizajna zavornega diska.

V zadnjem delu so bile izvedene tudi URANS simulacije saj LES simulacije potrebujejo neprimerno gostejšo računsko mrežo kar neprimerno poveča sam računski čas. Pri URANS-SST pristopu smo testirali vpliv računske mreže in primernost časovnega koraka za konstantno temperaturo diska in vrtilno frekvenco. Kot kažejo rezultati je izbira primernega časovnega koraka pogojena z računsko mrežo oziroma Courantovim številom, ki mora biti blizu ena. Tako je možno opisati časovno nihanje prestopa toplote oziroma odlepljanje turbulentnih struktur znotraj hladilnega kanala, dobljena povprečna vrednost prestopa toplote pa se giblje blizu povprečne vrednosti kvazi-stacionarnih izračunov pri najbolj gosti mreži, s katero smo lahko zajeli manjše turbulentne strukture. Seveda se tukaj postavlja tudi vprašanje primernosti oziroma veljavnosti URANS pristopa, zaradi zelo majhnih časovnih korakov oziroma statistike.

S tako postavljenim SST-RANS modelom smo raziskali tudi možnosti izboljšanja oblike hladilnih kanalov, od prizmatičnih pa do novo spremenjenih simetričnih kanalov. Pri tem smo prišli do nove boljše oblike hladilnih kanalov z višjim koeficientom konvektivnega odvoda toplote, ki imajo predvsem prednost pri višjih vrtilnih frekvencah diska. Omenjena oblika se je tudi izdelala v praksi in potrdila izsledke numerične simulacije na dinamometru, zaradi česar je izdelan numerični model še kako pomemben za industrijo kot je Cimos d.d.

EKSPERIMENTALNI DEL

V prvem delu je bilo izvedenih nekaj eksperimentov oziroma spremljanje temperature na izvornem disku med večkratnim zaviranjem in ohlajanjem oziroma vožnji vozila iz strani Cimos d.d. na njihovem dinamometru, na katerem lahko simulirajo realno vožnjo vozila. Tako smo prišli do preliminarnih rezultatov porazdelitve temperature v disku oziroma časovnega poteka med segrevanjem/zaviranjem in vožnjo/ohlajanjem ter s tem do nekaj okvirnih podatkov za nadaljnje delo na numeričnem modelu.

Med tem časom se je tudi postavil PIV sistem za merjenje izstopne hitrosti zraka iz hladilnih kanalov diska in sicer v hladnem stanju. Pri tem je bilo potrebno razviti sistem za nastavitev časovnega zamika med prožilnim signalom in proženjem sistema PIV zaradi zajemanja slik na istem položaju diska oziroma hladilnega kanala. Prav tako je bil sistem PIV nameščen na koordinatni merilni sistem, ki omogoča

krajevno pozicioniranje in s tem tudi sestavljanje slik.

V nadaljevanju so se izvajale tudi meritve koeficienta emisivnosti za material oziroma ali je možno natančno meriti temperaturo diska s termokamero, pri čemer so bile meritve izvedene v laboratorijskem okolju. Izkaže se, da se koeficienta emisivnosti spreminja s temperaturo oziroma z oksidacijo površine, kar vpliva na določitev temperature diska s termokamero.

Na dinamometru v podjetju Cimos d.d., Koper je bilo izvedeno testiranje originalnega diska in dveh prototipnih diskov po standardu SAE J2522. Pokazalo se je, da prototipna diska ne pomenita izboljšanja. Ker testiranje ne poteka pri konstantni vrtilni frekvenci, omogoča samo kumulativno oceno. Zato smo izvedeli serijo testiranj pri katerih smo diske hladili pri konstantni vrtilni frekvenci (ekvivalentni hitrosti vozila 40, 60, 80 in 100 km/h).

Na UM-FS se je naredila analiza podatkov iz dinamometra in razvoj programa v LabVIEW za samo analizo. Večina aktivnosti je bila namenjena meritvam hitrostnih profilov s PIV in analizi pridobljenih meritev. Vse meritve s PIV so bile izvajane v hladnem in pri konstantni vrtilni frekvenci diska 15,7 Hz. Rezultat enega PIV posnetka je hitrostno polje v določenem trenutku, zaradi česar je bilo potrebno posneti več posnetkov in jih povprečiti. Iz pristopa je možno določiti volumski pretok zraka, kar je uporabno orodje za primerjavo različnih izvedb zavornih diskov. Na ta način smo primerjali originalno izvedbo in oba prototipa. Pokazalo se je, da ima originalna izvedba enakomerno porazdelitev hitrosti po kanalu, prototipni izvedbi pa imata volumski tok zgoščen na sredini kanala. S tem smo tudi določili vzrok za slabšo učinkovitost prototipnih diskov.

Originalni disk smo predelali tudi za meritve hitrostnega profila znotraj kanala. Določili smo povprečni profil hitrosti in definirali območje recirkulacije. Izvedeli smo tudi vizualizacijo toka ob vpihu megle, pri čemer se je pokazalo dobro ujemanje med vizualizacijo in poljem recirkulacije. Meritve so pri tem pokazale podobno porazdelitev tokovnega polja, kot sam numerični model – veliko recirkulacijsko območje na sesalni strani hladilnega kanala in močno obtekanje s tanko mejno plastjo na tlačni strani.

Na področju meritev je bila tudi izdelana metoda za zaznavanje deformacij pri vlivanju zavornih diskov oziroma zaznavanje nesimetrije s pomočjo mikrofona, ki deluje kot miniaturno tlačno tipalo. Tako je možno zaznati primernost izdelanega zavornega diska oziroma njegovo točnost.

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

Delo je potekalo v skladu s cilji. Izdelali smo numerični model zračno hlajenega zavornega diska za oceno njegove učinkovitosti hlajenja ob uporabi naprednih turbulentnih modelov. Z njim je možno simulirati tako RANS kot URANS simulacije z napovedjo konvektivnega odvoda toplote, sevanja, kot tudi temperature diska pri standardiziranem testu zaviranja. Med tem se je pokazalo, da ima mreža največji vpliv na pridobljene rezultate tako za RANS kot URANS pristop, saj je z manjšimi elementi možno opisati manjše turbulentne tokovne strukture. SST turbulentni model je pri tem primeren, pri čemer je potrebno izbrati dovolj majhne elemente ob

trdi površini za upoštevanje low-Re modela obravnave mejne plasti. Le-ta boljše opiše separacijo toka, kot zidne funkcije. Za dobro in bolj natančno simulacijo toplotnih-tokovnih razmer v kanalih zavornega diska pa je zelo pomembno upoštevanje spremenljivih snovnih lastnosti (od temperature), saj se temperatura diska močno poveča med samim zaviranjem. Tako je možno opisati ekspanzijo zraka v samih hladilnih kanalih, kar pa močno vpliva na tokovne kot tudi toplotne razmere. Numerični model je bil pri tem validiran s pomočjo PIV meritev izstopne hitrosti in tokovnega polja v notranjosti hladilnega kanala in sicer v hladnem ter kvantitativno z meritvijo temperature diska med ohlajanjem na dinamometru oziroma učinkovitost ohlajanja različnih diskov. Za potrebe industrije pa se izkaže, da je za oceno učinkovitosti hlajenja posameznega diska v razvojni fazi že dovolj SST-RANS simulacija pri dovolj fini računski mreži. Takšen pristop je neprimerno hitrejši od URANS ali LES pristopa, ljub temu pa daje zadovoljive kvazi-stacionarne rezultate. V zadnjem delu smo prav tako predlagali novo simetrično obliko hladilnih kanalov, katera se po numeričnih simulacijah izkaže za nekoliko boljšo od standardne oziroma originalne oblike. Omenjen dizajn je bil prototipno izdelan in tudi potrjen s testiranjem na dinamometru, kar samo še poveča vrednost postavljenega numeričnega modela.

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

/

6.Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁵

		Znanstveni dosežek	
1.	COBISS ID	16303894	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Simulacije tokovno-toplotnih razmer v zavornem disku
		ANG	Simulations of flow and heat conditions in a disc brake
	Opis	SLO	V članku so predstavljene simulacije tokovno-toplotnih razmer v zavornem disku. Skozi simulacije so bili analizirani različni parametri, ki vplivajo na tokovno polje zraka v okolici zavornega diska: velikost računskega območja, numerična mreža, robni pogoji in turbulentni model. Zraven tega so bili preizkušeni tudi različni načini vključevanja časovno odvisnega toplotnega izvora. Simulacije s stacionarnim tokovnim in nestacionarnim temperaturnim poljem so bile primerjane s celotno nestacionarno simulacijo. Rezultati kažejo, da se tokovne (in posledično toplotne) razmere v zraku v primeru stacionarnega in nestacionarnega izračuna relativno dobro ujemajo, vendar pa v stacionarnem izračunu ni vidno nastajanje in odlepljanje različnih vrtincev, do katerega prihaja v realnosti in zaradi katerega je dejanski prenos toplote z diska na zrak večji.
ANG		Simulations of flow and heat conditions in a disc brake are presented in the article. Through simulations different parameters that influence the air flow field were analysed: the size of calculated domain, mesh, boundary conditions and turbulent model. In addition, different ways of applying time-dependent heat source were tested. Simulations with stationary flow field and transient temperature field were compared to a totally transient simulation. Results show that flow (and consequently heat) conditions in air in case of stationary and transient flow field	

		calculation match relatively well. However in stationary calculation the formation and separation of vortices, that is happening in reality and because of which the actual heat transfer is greater, cannot be seen.
	Objavljeno v	Slovensko društvo za mehaniko; Zbornik del; 2012; Str. 9-16; Avtorji / Authors: Brglez Špela, Škerget Leopold
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
2.	COBISS ID	17432086 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Iskanje vzrokov za cviljenje zavornih bobnov
		<i>ANG</i> Research into the possible causes of squealing brake-drums
	Opis	<p><i>SLO</i> Prispjevke predstavlja inženirski pristop k iskanju rešitve problema cviljenja zavornih bobnov. Postopek je bil izveden v časovni stiski, kasneje pa so mu sledili tudi ukrepi za preprečitev podobnih težav v prihodnosti. Cimos TAM Ai je član skupine Cimos, ki je proizvajalec komponent za avtomobilsko industrijo. Proizvodnjo zavornih bobnov smo prevzeli v produkcijski fazi (prenos proizvodnje). Kmalu po zagonu proizvodnje je kupec sporočil, da ima težave s cviljenjem bobnov. Prejeli smo samo podatek, da do cviljenja prihaja na novih avtomobilih pri vsakodnevni uporabi. Naša naloga je bila, da odkrijemo glavni vzrok, ga odpravimo in sprejmemo nekatere preventivne ukrepe. Raziskava je temeljila na primerjavi Cimosovih bobnov (B) z bobni prejšnjega proizvajalca (A). Težišče raziskave je bilo na primerjavi lastnih frekvenc bobnov, za katero smo sklepali da ima največji vpliv na cviljenje. Najprej smo določili lastne frekvence bobnov A in B. Sledila je numerična analiza za določitev kritičnega mesta kjer prihaja do vibracij, ki povzročajo cviljenje. Odkrili smo pomanjkljivost v obliki, kjer na kritičnem mestu ni bila definirana debelina materiala. Na tem mestu so se pojavile velike razlike v debelini med posameznimi kosi, ker je na eni strani neobdelana površina. Problem smo odpravili s premaknitvijo obdelave glede na mere odlitka. Dodatno smo izvedli tudi detajlno analizo posvečeno modulu elastičnosti za sivo litino, da smo eksperimentalno določili vrednosti, ki nastopajo pri majhnih deformacijah značilnih za probleme v povezavi z zvokom. Pokazalo se je, da vrednost modula elastičnosti za majhne deformacije večja kot pri deformacijah, ki se upoštevajo pri trdnostnih preračunih.</p> <p><i>ANG</i> This paper presents a problem-solving procedure regarding brake-drum noise issues performed by engineers within a short time period and additional measures to be taken for avoiding similar issues in the future. Cimos TAM Ai company is a member of Cimos Group, which is a component producer in the automotive industry. We have taken the production of the rear brake-drums during the phase of the car manufacturing (transfer of production). Soon after the instigation of this production, the customer reported squealing issues with the brake-drums. No detailed information was received about the issue except that it occurred on new cars during everyday operation. It was our goal to find the root cause, fix the issue and take some preventive actions. Research was based on comparing the Cimos brake-drum (B) with the brake-drum of previous supplier (A). The research was focused on resonant frequency of the brake-drum as the most likely parameter connected to the squealing. First the natural frequency of drums A and B was determined by impact-hammer test. Then a numerical simulation was carried out with the goal of detecting the most problematic surface of the drum for causing the squealing. A weakness was found in the brake-drum design where no thickness tolerance was specified at the critical area, and large deviations existed between the finished brake-drums. The problem was solved by changing the machining parameters. Besides solving the noise problem, an in-depth investigation was conducted into the gray cast-iron modulus of elasticity, in order to find a representative value for those small deformations occurring in cases</p>

		dealing with noise-emission issues. This value proved to be higher than in the case of larger deformations as considered during mechanical and temperature behavior simulations.
	Objavljeno v	Sage Science Press; Journal of vibration and control; 2013; Vol. 20, no. 9; str. 1271-1278; Impact Factor: 4.355; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.275; A": 1; A': 1; WoS: AA, IU, PU; Avtorji / Authors: Bombek Gorazd, Pevec Miha, Vranešević Darko
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	15259158 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Izbira turbulentnega modela za vtočne bazene črpalk <i>ANG</i> Choice of a turbulence model for pump intakes
	Opis	<i>SLO</i> Članek je osredotočen na izbiro ustreznega turbulentnega modela za numerične simulacije industrijskih primerov vtočnih bazenov vertikalnih črpalk, in sicer z vidika natančnosti ter delno tudi porabljenega CPU časa. Narejenih je bilo dvanajst stacionarnih in nestacionarnih simulacij na gosti računski mreži. Uporabljeni so bili naslednji turbulentni modeli: model transporta strižne napetosti (shear stress transport, SST), model s prilagajanjem skal (scale-adaptive simulation, SAS), model Reynoldsovih napetosti (Reynolds stress model, RSM), eksplicitni algebrski model Reynoldsovih napetosti (Explicit algebraic Reynolds-stress model, EARSM), simulacija odlepljenih vrtincev (detached eddy simulation, DES) ter simulacija velikih vrtincev (large eddy simulation, LES). Ocenjena je bila uporaba korekcije ukrivljenosti (curvature correction, CC) v povezavi z modeloma SST in SAS. Rezultati so bili primerjani z LES in z razpoložljivimi eksperimentalnimi podatki za obravnavani primer. Čeprav so vsi obravnavani turbulentni modeli napovedali pojavljanje talnega vrtinca, so nekatere napovedi precej odstopale od drugih. Na podlagi izračunov lahko zaključimo, da se za tovrstne izračune lahko uporabi model SST-CC zaradi majhnega računskega časa in bolj točnih rezultatov, kot so bili dobljeni z modelom SST, ali pa model SAS-CC zaradi rezultatov, ki so primerljivi z LES. V drugem delu članka je prikazano dobro ujemanje daljšega izračuna z modelom SAS-CC z eksperimentalnimi rezultati. <i>ANG</i> This article is focused on the choice of a suitable turbulence model for simulations of an industrial pump's intake, from the perspective of accuracy and, partially, also the CPU time. Twelve steady-state and transient simulations were made on a fine computational mesh, using turbulence models such as: the shear stress transport (SST), the scale-adaptive simulation (SAS), the Reynolds stress model, the explicit algebraic Reynolds-stress model, the detached eddy simulation and the large eddy simulation (LES). The curvature-correction (CC) option was assessed for the SST and SAS turbulence models. The results were compared with the LES and with published experimental results. Although all the models could predict the main floor vortex, there were still some substantial differences. It can be able to conclude that it is better to use either the SST-CC turbulence model, due to its low-computational resources and far better results than the SST model, or the SAS-CC turbulence model, since its predictions are quite similar to the LES results. In the final step, good agreement with experimental results was shown for a longer simulation with the SAS-CC turbulence model.
	Objavljeno v	Mechanical Engineering Publications; Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Proceedings Part A, Journal of power and energy; 2011; Vol. 225, iss. 6; str. 764-778; Impact Factor: 0.700; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.056; WoS: IU; Avtorji / Authors: Škerlavaj Aljaž, Škerget Leopold, Ravnik Jure, Lipej Andrej

	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
4.	COBISS ID	18125590	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Izboljšan numerični model zračno hlajenega zavornega diska
		ANG	Improved numerical model of ventilated brake disc
	Opis	SLO	V članku je predstavljen izboljššan numerični model za stacionarno simulacijo toplotno-tokovnih razmer (RDT) pri zračno hlajenem zavornem disku z namenom ocenitve konvektivnega odvoda toplote oziroma njegove učinkovitosti hlajenja. Model je nadgrajen z upoštevanjem realnih snovnih lastnosti zraka, kar se izkažejo za pomemben faktor, saj imajo velik vpliv na toplotno-tokovne razmere. V članku je narejena primerjava dveh različnih diskov, pri čemer rezultati odražajo realno stanje oziroma ugotovitve eksperimentalnega dela iz strani podjetja Cimos d.d. Tako je numerični model primeren za validacijo posameznega dizajna diska, kar je za inženirsko prakso še kako pomembno v začetni oziroma razvojni fazi diska.
		ANG	This article represents the improved numerical model for steady-state simulation of heat transfer and fluid flow (CFD) at ventilated brake disc. The purpose of the model is to evaluate the convective heat flux and also the efficiency of the disc cooling. The model is upgraded with real air material properties, which shows to have a great impact on the result like heat flux etc. In this study we compare two different disc design and the results showed the realistic conditions, got from the experimental work made by the company Cimos d.d. This way the numerical model is suitable to evaluate different disc designs, which is very important for the industry in the early stage of the new disc design.
Objavljeno v	Slovensko društvo za mehaniko; Zbornik del; 2014; Str. 71-78; Avtorji / Authors: Iljaž Jurij, Bombek Gorazd, Škerget Leopold		
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci		
5.	COBISS ID	16304150	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Eksperimentalno raziskovanje nestacionarnega tokovnega polja v aksialnem ventilatorju
		ANG	Experimental investigation of unsteady flow field in an axial fan
	Opis	SLO	V članku je predstavljena eksperimentalna analiza delovanja aksialnega ventilatorja v širšem obratovalnem območju. Eksperimentalni podatki so bili zajeti s pomočjo tlačnih senzorjev in PIV (Particle Image Velocimetry) merilnega sistema. Dušilno krivuljo oziroma karakteristiko delovanja ventilatorja smo na podlagi opravljenih meritev razdelili na stabilno (stacionarno) področje in nestabilno (nestacionarno) področje. V nestabilnem področju smo določili mejo vrtiljivega zastoja. Prav tako smo določili področje nenadnega in globokega zastoja ter področje histereze. Delovanje aksialnega ventilatorja v karakterističnih obratovalnih točkah in pripadajoča tokovna polja v medlopatici kanal in tik pred lopatico smo posneli s PIV merilnim sistemom.
		ANG	An experimental study of an axial fan in different operating regimes was performed. The experimental data were acquired using pressure sensors and PIV (Particle Image Velocimetry). The axial fan characteristic curve was divided into its stable and unstable part area. In the unstable area, the rotating stall regime was determined. The location of sudden and deep stall on the characteristic axial fan's curve and the hysteresis area was also determined. Flow fields upstream of the axial fan's rotor and blade passage on three different spans were measured using PIV system.
Objavljeno v	Slovensko društvo za mehaniko; Zbornik del; 2012; Str. 33-40; Avtorji / Authors: Fike Matej, Bombek Gorazd, Hriberšek Matjaž, Hribernik Aleš		
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci		

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine⁶

	Družbeno-ekonomski dosežek		
1.	COBISS ID	17522966	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Numerična in eksperimentalna študija zračno hlajenega zavornega diska
		ANG	Numerical and experimental study of ventilated brake disc
	Opis	SLO	Prispevek prikazuje numerično in eksperimentalno delo na področju napovedovanja toplotno-tokovnih razmer pri zračno hlajenih zavornih diskih. Želja je izdelati zavorni disk z učinkovitim hlajenjem (čim nižjo temperaturo diska po zaviranju) in s tem podaljšati življenjsko dobo letga. V prispevku je predstavljena sama tematika oziroma problematika in cilji, postavljen numerični model za simuliranje toplotno-tokovnih razmer, PIV eksperiment in rezultati meritev ter primerjava numeričnih rezultatov z eksperimentalnimi. Pri numeričnem modelu se modelira le periodičen odsek diska, zanimajo pa nas stacionarne toplotno-tokovne razmere pri konstantni vrtilni frekvenci diska. Tako so bile izvedene RANS simulacije z upoštevanim SST turbulentnim modelom s čimer smo prišli do ocene konvektivnega odvoda toplote in samega tokovnega polja. S časovno povprečenim PIV eksperimentom smo prišli do izstopnega hitrostnega profila iz hladilnih kanalov, katerega smo kasneje primerjali z numeričnimi rezultati. Analiza pri primerjavi je pokazala dobro ujemanje v primeru modeliranja čim večjega števila hladilnih kanalov pri primerljivi računski mreži z PIV diskretizacijo. Tako smo pokazali da je metodologija simuliranja primerna in da je postavljen numerični model dober.
		ANG	The study shows the numerical and experimental work on the field of ventilated brake discs for the reason of predicting the thermal as well as velocity field of the disc and the surrounding cooling air, with the aim to design the most cooling efficient disc with lowest temperature as possible after the breaking, which helps to prolong the life time of the disc. In this study we are dealing with disc problematic, aims, how to build up the numerical model for simulating the thermal-velocity field of the disc, PIV experiment, the measurement results, as well as the comparison of the numerical and experimental results to validate the numerical approach. At numerical simulation we are dealing with the steady state RANS simulation, using the SST turbulence model, where we are modelling only the periodical section of the disc. This way we get the velocity field through and around the disc and the convective heat flux which is dominant in the cooling process. With the time average of the PIV experimental result of the velocity field we retrieve the velocity profile only for the exit section of the cooling channel, which we compare with the numerical results. The analysis for the comparison shows that the best fitting is achieved with modelling as much cooling channels as possible and at the comparing computational mesh with the PIV discretization field. This shows that the methodology for simulating velocity and thermal field of ventilated brake disc is appropriate and that the proposed numerical model is correct.
	Šifra	B.06	Drugo
Objavljeno v	2013; Avtorji / Authors: Škerget Leopold, Iljaž Jurij		
Tipologija	3.15 Prispevek na konferenci brez natisa		
2.	COBISS ID	17522454	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Modeliranje tokovnih in temperaturnih razmer v rotirajočih elementih

		ANG	Numerical modelling of the velocity and temperature field for the rotating elements
Opis		SLO	Gre za predavanje na predstavitvi izjemnih znanstvenih dosežkov za leto 2012 na področju tehniških ved, ki je potekalo na Gospodarski zbornici Slovenije. Predstavljeno je bilo raziskovalno delo na področju modeliranja toplotno-tokovnih razmer pri zračno hlajenih zavornih diskih ter eksperimentalnega dela namenjenega ovrednotenju numeričnih rezultatov oziroma numeričnega modela. Gre za raziskovalni projekt, katerega je sofinancer podjetje CIMOS d.d.
		ANG	This was a given lecture on the show of the exceptional scientific achievement for the year 2012 on the mechanical engineering field, which take place on the Chamber of Economy for Slovenia. The presentation covers the research work on the field of numerical modelling of thermal and velocity field for the air cooled ventilated brake disc, as well as the experimental work needed to estimate the correctness of the numerical results, as well as the simulation model. This is a research project which is so financed by the company CIMOS d.d.
Šifra	E.01 Domače nagrade		
Objavljeno v	2013; Avtorji / Authors: Iljaž Jurij		
Tipologija	3.25 Druga izvedena dela		
3.	COBISS ID	17159958	Vir: COBISS.SI
Naslov		SLO	Raziskovalni projekti Inštituta za Energetiko, Procesno in Okoljevarstveno inženirstvo, Fakultete za strojništvo, Maribor
		ANG	Research projects at the Institute of Power, Process and Environmental Engineering of the Faculty of Mechanical Engineering, Maribor
Opis		SLO	Gre za vabljen predavanje na A.N. Podgorny Inštitutu za strojništvo, kjer smo predstaviti naše raziskovalno delo na področju RDT (računske dinamike tekočin), zlasti zadnje raziskovalno delo na temo toplotnih-tokovnih razmer v rotirajočih elementih. Cilj je bil vzpostavitev sodelovanja.
		ANG	This was invited lecture on A.N. Podgorny Institute for Mechanical Problems, where we present our research work on the field of CFD (Computational Fluid Dynamics), especially our latest research work on the heat transfer and fluid flow of rotating elements. The aim was to attain some collaboration.
Šifra	B.05 Gostujoči profesor na inštitutu/univerzi		
Objavljeno v	2013; Avtorji / Authors: Iljaž Jurij		
Tipologija	3.14 Predavanja na tuji univerzi		

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁷

--

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Novi numerični model za določitev učinkovitosti ohlajanja zavornega diska omogoča ocenitev dizajna oziroma hladilnih kanalov že v razvojni fazi, s čimer se izognemo izdelavi nepotrebnih prototipov in eksperimentov. Ker pa so toplotne-tokovne razmere v takšnih rotirajočih elementih zelo kompleksne je tudi njih zelo težko modelirati oziroma simulirati.

Kot prvo je potrebno poznati fiziko problema oziroma vezanost toplotnih-tokovnih razmer, katero želimo zajeti z numeričnim modelom. Tako na prvem mestu predstavlja pomemben prispevek na področju znanosti, razumevanje fizike oziroma dogajanja znotraj hladilnih kanalov, pri čemer je potrebno vzeti v obzir ekspanzijo zraka, katerega disk črpa zaradi razlike v obodni hitrosti oziroma tlaku skozi hladilne kanale, saj se zrak pri tem močno segreje zaradi visoke temperature diska. To pa pomembno vpliva tako na tokovne kot toplotne razmere, ki jih želimo zajeti. Prav tako je tokovno dogajanje močno turbulentno, zlasti v okolici diska, katerega pa je možno opisati le s primernim turbulentnim modelom. Intenzivnost turbulence je neprimerno večja v območju na izstopu iz zavornega diska oziroma hladilnih kanalov kot znotraj njih. Kljub temu pa prihaja znotraj kanalov do separacije toka oziroma recirkulacije, katero je za dober opis toplotnih razmer oziroma stopnjo konvekcije potrebno zajeti. Pri tem klasični inženirski $k-\epsilon$ RANS turbulentni model odpove. Za opis takšnega režima je ustrezneje izbrati SST model s primerno obravnavo mejne plasti. Kljub temu pa je turbulentni tok v takšnih rotirajočih elementih izrazito nestacionaren, kar se odraža v stabilnosti RANS izračuna z zgoščevanjem računske mreže. Za natančnejši opis toplotnih-tokovnih razmer znotraj hladilnih kanalov je potrebno problem obravnavati nestacionarno oziroma z naprednejšimi turbulentni modeli kot je URANS, LES ali hibridni. Tako predstavlja obravnavo te problematike nov prispevek k razvoju znanosti, tako na področju zračno hlajenih zavornih diskov, kot tudi na širokem področju rotirajočih elementov, kot so radialno-aksialne črpalke.

Prispevek k razvoju znanosti predstavlja tudi meritev kvazi-stacionarnega hitrostnega polja, tako na izstopu iz hladilnih kanalov, kot tudi znotraj njega s pomočjo PIV merilne metode (Particle Image Velocimetry) oziroma optičnega merjenja hitrosti. Rezultate meritev je pri tem potrebno primerno obdelati oziroma nastaviti PIV napravo, z željo po čim manjšem raztrosu meritev. Prednost PIV metode pa je v tem, da je možno zajeti hitrostno polje tekočine v določenem trenutku po celotni opazovani površini oziroma preseku in ne samo v določeni točki. Meritve hitrostnega polja so bile primerjane tudi s hitrostnim poljem numeričnih simulacij za samo validacijo modela in tako predstavlja pomemben prispevek na tem področju.

Novejši pristop k reševanju problema z uporabo RDT (računska dinamika tekočin) omogoča detajlnejši vpogled v samo dogajanje toplotno-tokovnih razmer znotraj rotirajočih elementih in tako vpogled v fiziko problema. Omenjeni pristop predstavlja tudi prispevek znanosti na področju določitve kumulativnega odvoda toplote, saj je pristop natančnejši od starejšega analitičnega določevanja koeficientov prestopa toplote, ki v takem primeru za natančnejšo določitev učinkovitosti ohlajanja odpove.

ANG

With newly developed numerical model for estimation of cooling efficiency of ventilated brake disc it is possible to estimate the efficiency of the cooling channels in the development stage. This way it is possible to avoid of making expensive and unnecessary disc prototypes and experiments. Because the fluid flow and heat transfer in rotating elements is very complex, it is also very complex to simulate these phenomena virtually. As first we had to know the physics of the problem or the connection between the fluid flow and heat transfer, which we would like to capture in our numerical simulation. Therefore, at first the scientific contribution represents the knowledge and understanding of physics or phenomena inside the ventilated brake disc, especially to incorporate the air expansion inside the cooling channels due to the high temperature of the disc. The ventilated disc pumps the cool air through the cooling channels, where it heats up, due to the difference between the circumferential velocity or pressure. Also we are dealing with strong unsteady turbulent flow, especial around the disc or at the exit of the cooling channels, which we had to describe it with appropriate turbulence model. The intensity of the turbulence is greater on the outside of the cooling channels than inside. However there is a separation of the flow inside of the cooling channel, which we had to simulate it to get good results on heat convection. At this the classical engineering approach with $k-\epsilon$ turbulence model gives up. To describe this behaviour it is more appropriate to choose SST turbulence model incorporating low-Re approach of dealing with boundary layer. Because the fluid flow in such rotating elements is very unstable and therefore time dependent, this can be also seen from the convergence of RANS simulations using finer meshes. To describe the fluid flow and heat transfer more accurately it is needed to treat problem as time dependent with advance turbulence models like URANS, LES and other hybrid models. Therefore one scientific contribution can be also found in dealing or threatening the described problem of modelling

turbulence, not only on the field of ventilated brake disc but also on the field of other rotating elements as radial-axial pumps, ventilators etc.

The scientific contribution also represents the experimental work of measuring semi-stationary velocity field on the exit region, as well as inside the cooling channel, using PIV (Particle Image Velocimetry) measurement technique, which is one of the optical methods. The results of this kind of measurement had to be treated adequately to achieve low scatter of the values. The advantage of this PIV method is that you can get the velocity values or velocity field in the observation plane at once not only in one point. The measurement of the velocity field has also been compared with numerical simulations to validate the model and therefore represents a high contribution in this field.

The new approach of treating the problem using CFD (Computational Fluid Dynamics) can give the detail description of physics and phenomena inside the rotating elements like brake discs. This approach also represents the contribution to the science on the field of determination the cumulative heat transfer from the ventilated brake disc, especially the convection part, because it is more accurate than the old analytical approach using a heat transfer coefficient, which gives up in the determination of the efficiency of the ventilated brake disc.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Raziskovalni projekt z razvojem novega numeričnega modela in eksperimentalno podprtega razvoja ima tako neposreden kot posreden vpliv na razvoj Slovenije.

Neposredni vpliv je viden v direktni podpori avtomobilski industriji na področju zavornih sistemov, saj je mogoče z novim numeričnim modelom oceniti učinkovitost hlajenja zračno hlajenih zavornih diskov že v razvojni fazi. Ena izmed takšnih industrij v Sloveniji je podjetje Cimos d.d., ki je tudi sofinancer projekta, saj je del raziskovalne skupine Cimos d.d. usmerjena v razvoj novih zavornih diskov za različne avtomobilske proizvajalce. Tako predstavlja uspešnost raziskave tudi možnost novih zaposlitev iz strani podjetja.

Neposreden vpliv je tudi viden v prilagoditvi optičnih merilnih metod, kot je PIV za merjenje hitrostnega polja, tako na področju zavornih diskov, kot tudi na širokem področju rotirajočih elementov, ko so ventilatorji, črpalke itd. in s tem možnost uporabe omenjenih metod tudi v drugih industrijskih panogah.

Posreden vpliv pa predstavlja prenos ustvarjenega novega znanja tako na študente dodiplomskega in podiplomskega študijskega programa Strojništva, kot tudi na raziskovalce znotraj omenjenih industrij.

ANG

This research project with development of the new numerical model and experimental support has the direct as well as indirect impact on the development of Slovenia. Direct impact is visible with support to an automotive industry, especially on the field of ventilated brake disc, because it is possible to determine the cooling efficiency of design ventilated brake disc in the development stage using this newly developed numerical model. One of these companies in Slovenia is Cimos d.d., which is also a co-financer of this project. One part of the Cimos d.d. is focused on the development and testing of new brake discs for a different car manufacturers. This can also have an impact on the new free jobs offered from the company.

Direct impact can also be found in the field of optical measurement techniques, like PIV for measuring velocity fields, and their adaptability. Not only on the field of brake disc but also on the wide field of rotating elements like ventilators, pumps etc. This opens the doors not only in automotive companies, but in other industry as well.

And the indirect influence is visible in transferring the knowledge not only to students of mechanical engineering in Slovenia but also to the researchers inside the mentioned industries.

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

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

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

	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.11	Razvoj nove storitve	

	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.19	Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.20	Ustanovitev novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>

	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.21	Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.22	Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.25	Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.26	Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.28	Priprava/organizacija razstave	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.29	Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE

	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.31	Razvoj standardov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.33	Patent v Sloveniji	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

Komentar

--

11. Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!
Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visokošolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.12.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01	Dvig kvalitete življenja	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.06.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete					
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj					
G.07	Razvoj družbene infrastrukture					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva					
G.09.	Drugo:					

Komentar

--

12.Pomen raziskovanja za sofinancerje¹¹

	Sofinancer		
1.	Naziv	Cimos d.d. Avtomobilska industrija	
	Naslov	Cesta Marežganskega upora 2, 6000 Koper, Slovenija	
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	113.107	EUR

Odstotek od utemeljenih stroškov projekta: 30		%
Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		Šifra
1.	BOMBEK, Gorazd, PEVEC, Miha, VRANEŠEVIĆ, Darko. Research into the possible causes of squealing brake-drums. Journal of vibration and control, ISSN 1077-5463. [Tiskana izd.], Jul. 2014, vol. 20, no. 9	A.01
2.	PEVEC, Miha, POTRČ, Iztok, BOMBEK, Gorazd, VRANEŠEVIĆ, Darko. Prediction of the cooling factors of a vehicle brake disc and its influence on the results of a thermal numerical simulation. Internationa	A.01
3.	PEVEC, Miha, ODER, Grega, POTRČ, Iztok, ŠRAML, Matjaž. Detailed analysis of drum brake squeal using complex eigenvalue analysis. Journal of vibroengineering, ISSN 1392-8716, Sep. 2013, vol. 15, iss. 3	A.01
4.	PEVEC, Miha, VRANEŠEVIĆ, Darko, ODER, Grega, POTRČ, Iztok, ŠRAML, Matjaž. Analysis of thermal and deformation behaviour of the passenger car front brake disc. V: EuroBrake 2012, 15-17 April	B.03
5.	PEVEC, Miha, VRANEŠEVIĆ, Darko. Predlog ventiliranega zavornega diska z izboljšanimi termalnimi in deformacijskimi lastnostmi. 10. konferenca in razstava Inovativna avtomobilska tehnologija, Novo Mest	B.03
Komentar	Raziskave vezane na projekt so dopolnjevale razvojno raziskovane aktivnosti v zvezi z zavornimi sistemi in aktivnosti vezane na doktorat mladega raziskovalca iz gospodarstva. V laboratorijih Cimos d.d. smo nudili eksperimentalno podporo (testiranja na dinamometru, določanje materialnih lastnosti na MTS, nekatere meritve vibracij, izdelava prototipov...) in v sklopu tega osvojili tudi nekatere postopke merjenja.	
Ocena	Rezultati projekta so uporabni za sofinancerja. Vzporedno smo razvili in validirali nove oblike zavornih diskov in bobnov z izboljšanim hlajenjem. Načrtujemo, da bo ta zasnova uporabna pri pridobivanju novih kupcev, saj še ni objavljena ali patentirana. Z objavo članka v Journal of Vibration and Control (A''=183,7) smo pokazali, da lahko rešujemo tudi kompleksne probleme na visokem strokovnem nivoju.	

13. Izjemni dosežek v letu 2014¹²

13.1. Izjemni znanstveni dosežek

13.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	L2-4212
Naslov projekta	Tehnologija izdelave Au nano-delcev
Vodja projekta	14335 Rebeka Rudolf
Tip projekta	L Aplikativni projekt
Obseg raziskovalnih ur	8430
Cenovni razred	
Trajanje projekta	07.2011 - 06.2014
Nosilna raziskovalna organizacija	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	206 Inštitut za kovinske materiale in tehnologije 1716 ZLATARNA CELJE družba za proizvodnjo in promet s plemenitimi kovinami d.d. 2334 Univerza v Mariboru, Medicinska fakulteta 3063 TERNIK PRIMOZ - zasebni raziskovalec
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.10 Proizvodne tehnologije in sistemi 2.10.02 Izdelovalna tehnologija
Družbeno-ekonomski cilj	06. Industrijska proizvodnja in tehnologija
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	2 Tehniške in tehnološke vede 2.11 Druge tehniške in tehnološke vede

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

2. Povzetek raziskovalnega projekta¹

SLO

(1) Različne velikosti in oblike nanodelcev (kroglaste, valjaste, trikotne in okrogle) so bile izdelane s sintezo zlata z ultrazvočno razpršilno pirolizo (USP). Eksperimentalne raziskave sinteze so bile opravljene z ultrazvočnim virom med 0,8 in 2,5 MHz, ki je deloval na vodno raztopino HAuCl₄. Na ta način je bil mogoč nastanek aerosolov z mikrometrsko velikostjo kapljic, ki so odvisne od lastnosti raztopine in frekvence ultrazvoka. Kasnejši termični razpad aerosolnih kapljic je bil izveden v atmosferi vodika med 260°C in 500°C.

(2) Presevna elektronska mikroskopija (TEM) z uporabo konvencionalne preseвне elektronske mikroskopije (CTEM), visoko ločljivostne preseвне elektronske mikroskopije (HRTEM), elektronske difrakcije (ED), energijsko disperzijske rentgenske spektroskopije (EDS) in vrstične preseвне elektronske mikroskopije (STEM) je rešila vprašanja povezana z velikostjo in obliko (morfologijo) različnih nano-delcev, sintetiziranih po postopku USP, kar je povezano s ključnimi parametri rasti nano-delcev. Poleg tega je pojasnila, kakšna je kristalna struktura nano-delcev, katere so smeri rasti nano-kristalov in kakšna je njihova kemijska sestava. Rezultati so bistveno prispevali k razumevanju procesa USP sinteze pri nastanku nano-delcev in pojasnili nekatere mehanizme sinteze.

(3) Za določitev parametrov USP sinteze smo koristili rezultate numeričnih simulacij. Za te potrebe smo numerično analizirali tokovne in toplotne razmere pri naravni in prisilni konvekciji v newtonskih in nenevtonskih nanotekočinah v ravninskih in prostorskih geometrijah. Vsi postopki numeričnega modeliranja so bili izvedeni ob predpostavkah, da med nosilno tekočino in nanodelci vlada termodinamsko ravnotežje, da med njimi ne prihaja do zdrsa, da je nanotekočina nestisljiva in da prenos gibalne količine in toplote potekata laminarno. Vodilne diferencialne enačbe smo reševali s standardno metodo končnih prostornin, pri čemer sta hidrodinamično in temperaturno polje sklopljena z Boussinesqovo aproksimacijo.

(4) Izvedli smo preiskave citotoksičnosti nanodelcev skupaj z njihovimi imuno-modulatornimi lastnostmi. Pri tem smo koristili Con –canvalin A(ConA) obdelan s splenociti podgan kot model aktiviranih imunskih celic. Rezultati raziskav so pokazali, da je obseg znižanja citotoksičnosti in kasnejše proizvodnje citokinov, kot tudi način celične smrti, odvisen od sestave nanodelcev. Na ta način smo potrdili, da USP omogoča sintezo nanodelcev zlata, ki bi bili primerni za različne biološke aplikacije.

Zlati nanodelci (GNP) se smatrajo kot izjemno biomedicinsko orodje za diagnosticiranje in foto-termalno terapijo rakavih obolenj, za katere pa še niso popolnoma znani morebitni škodljivi imunološki učinki. Z uporabo modela s človeškimi dendritskimi celicami (DC) smo pokazali da so 10- in 50-nanometrski GNP (GNP10 in GNP50) vstopili v celice pretežno preko dynamin-mehanizmov.

ANG

(1) Different sizes and shapes of nanoparticles (spherical, cylindrical, triangular and round) were prepared during the synthesis of gold by ultrasonic spray pyrolysis (USP). The experimental investigations were performed by an ultrasonic source of 0.8 and 2.5 MHz, acting on the water solution of the HAuCl₄ forming aerosols with micron droplet sizes, which depend on the characteristics of the solution and the frequency of the ultrasound. Subsequent thermal decomposition of the aerosol droplets was performed in a hydrogen atmosphere between 260°C and 500°C.

(2) Transmission electron microscopy (TEM) with conventional transmission electron microscopy (CTEM), high resolution transmission electron microscopy (HRTEM), electron diffraction (ED), energy dispersive X-ray spectroscopy (EDS) and scanning transmission electron microscopy (STEM) resolved issues related to the size and shape (morphology) of different nanoparticles, synthesized by means of USP, which is associated with the key parameters of the growth of the nanoparticles. Moreover, it was explained what is the crystal structure of nanoparticles, which are the growth directions of nanocrystals, and what is their chemical composition. The results contributed significantly to the understanding of the synthesis process in the formation of nanoparticles and explain some of the mechanisms of the USP synthesis.

(3) To determine the parameters of USP synthesis, we benefit the results of numerical simulations. We have numerically analyzed the momentum and heat transfer conditions during the natural and forced convection in Newtonian and non-Newtonian nanofluids in both, planar and spatial geometries. All numerical analyses procedures were carried out under the assumption that the base fluid and nanoparticles are in thermodynamic equilibrium, there is no slip between the, nanofluid is an incompressible and that the momentum as well as heat transfer are laminar. Governing differential equations were solved with a standard finite volume method and the hydrodynamic and thermal fields were coupled together using the Boussinesq approximation.

(4) We performed the cytotoxicity study of the Au nanoparticles along with their immunomodulatory properties, using Concanavaline A (ConA)-treated rat splenocytes as a model of activated immune cells. The extent of cytotoxicity and subsequent reduction of cytokine production, as well as the mode of cell death, depended on their composition. In conclusion, we showed that USP enables the synthesis of gold nanoparticles, which could be suitable for various biological applications.

Gold nanoparticles (GNPs) are claimed as outstanding biomedical tools for cancer diagnostics and photothermal therapy, but without enough evidence on their potentially adverse immunological effects. Using a model of human dendritic cells (DCs), we showed that 10 nm- and 50 nm-sized GNPs (GNP10 and GNP50, respectively) were internalized predominantly via dynamin-dependent mechanisms.

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu²

(1) V okviru projekta smo z USP metodo sintetizirali zlate (Au) nanodelce. Poudarek je bil osredotočen na optimizacijo osnovne naprave, ki je sestavljena iz: ultrazvočnega generatorja, cevne peči in iz sistema za zbiranje nanodelcev. Da bi dobili vpogled v proces sinteze smo v drugi stopnji eksperimente USP sinteze izvedli z dvema ločenima ogrevalnima sistemoma (izhlapevanje kapljic aerosola + območje reakcij) in z uvedbo redukcijskega plina takoj za fazo izhlapevanja. Na ta način smo zastavili nov koncept, ki je omogočal boljši nadzor posameznih stopenj faz sinteze in posledično smo lahko določili verjeten mehanizem nastanka Au nanodelcev. Kasnejša uvedba redukcijskega plina je omogočala ločitev procesov izhlapevanja kapljic aerosola od nastajanja nanodelcev (toplotna dekompozicija in redukcija z H₂) in od procesa zgoščevanja (sintranja) nanodelcev. Pri sintezi nanodelcev ima namreč velik vpliv na končno morfologijo izhlapevanje kapljice aerosola. Za zagotovitev pogojev izhlapevanja kapljic, ki omogočajo nastanek sferičnih nanodelcev, smo v modificiranem procesu USP ločili stopnjo izhlapevanja od območja reakcij za nastanek nanodelcev. S tem smo podaljšali čas izhlapevanja, kar je omogočilo boljše pogoje za difuzijo topljenca do središča kapljice in večjo verjetnost nastanka sferičnih nanodelcev.

Au nanodelci so bili pripravljani v ultrazvočnem generatorju iz razredčene raztopine perkurzorja H₂AuCl₄ z različnimi koncentracijami. Uporaba pristopa ločenega izhlapevanja in kasnejša uvedba plina v reakcijsko komoro, kjer potekata toplotna dekompozicija in redukcija, je odpravila tudi nekatera tehnološka vprašanja, s katerimi smo se srečevali v prejšnjih poskusih enostopenjske sinteze nanodelcev z USP: tvorba nanodelcev na steni reakcijske komore znotraj ultrazvočnega generatorja, nastanek ne-sferičnih nanodelcev, nizka stopnja

produktivnosti (sintetiziranih manj kot 60 mg Au nanodelcev v 6 h).

(2) S presevno elektronsko mikroskopijo (TEM) smo z Jeol JEM-2100, Jeol JED-2300 in EM-24511SIOD pri pospeševalni napetosti elektronov 200 kV preiskovali prahove Au in TiO_2 nano-delcev ter mešanice delcev Au- TiO_2 z uporabo konvencionalne presevne elektronske mikroskopije (CTEM) in visoko ločljivostne presevne elektronske mikroskopije (HRTEM), s katerima smo delce opazovali in slikali pri nizki in srednji povečavi ter na nivoju atomske ločljivosti, energijsko disperzijske rentgenske spektroskopije (EDS), s katero smo določili kemijsko/elementno sestavo nano-delcev oz. njihovih mešanic, vrstične presevne elektronske mikroskopije (STEM) z linijsko ter ploskovno analizo s preiskavami v svetlem in temnem polju, s katero smo določili porazdelitev posameznih elementov v/po vzorcu, in elektronske difrakcije (ED), s katero smo iz uklonskih slik ter njihovih simulacij določili kristalno strukturo, smeri rasti nano-delcev oz. njihovih ravnin in poskušali ugotoviti morebitno preferenčno orientiranost. Študirali smo tudi povprečno velikost in obliko sintetiziranih nano-delcev, kar je povezano s ključnimi parametri rasti.

V prvem sklopu preiskav smo ugotovili povprečno velikost in obliko sintetiziranih Au nano-delcev. Poleg tega smo raziskovali ali je na površini delcev prisotna tanka oksidna plast. Povprečna velikost nanodelcev je bila od 20 nm do 70 nm. Delci so bili ali okrogle (predvsem manjši delci, do okoli 20 nm premera), šestkotne ali večkotne nepravilne oblike. Z analizami EDS in STEM z uporabo detektorja v svetlem polju (bright-field) smo ugotovili, da je na površinah nanodelcev prisoten tanek sloj, ki vsebuje kisik, ocenjene debeline okoli nekaj nm. Prav tako je linijska in površinska analiza STEM potrdila prisotnost kisika na večini analiziranih Au nano-delcev.

V nadaljevanju smo študirali povprečno velikost in obliko novo sintetiziranih Au nano-delcev oziroma mešanice delcev Au- TiO_2 in Ag- TiO_2 . Povprečna velikost Au nano-delcev je bila od 7 nm do 40 nm. Delci so bili ali okrogle (predvsem manjši delci, do okoli 7 nm premera), šestkotne ali večkotne nepravilne oblike. Preiskava je potrdila prisotnost tudi nekaj večjih Au delcev, okoli 200 nm do 350 nm. Vzorec Au- TiO_2 so sestavljale tako imenovane micide TiO_2 in delci Au, razporejeni po površini micel. V tem vzorcu je bila povprečna velikost Au delcev med 7 nm in 50 nm. Nekaj večjih delcev okoli 100 nm je bilo prav tako prisotnih. Večina delcev je bila velikosti okoli 10 nm. Micide so bile velikosti okoli 50 nm do 700 nm. Povprečna velikost Ag delcev v mešanici Ag- TiO_2 je bila v območju okoli 20 nm do 80 nm. Ag nano-delci bili prisotni v matrici oz. miceli TiO_2 . Micide so bile sferične in različnih velikosti, med 150 nm in 300 nm. Nano-delci so bili okrogle, šesterokotne ali poligonarne oblike. Poleg tega smo raziskovali ali je na površini Au delcev prisotna tanka oksidna plast. Z analizami EDS in STEM z uporabo detektorja v svetlem polju (bright-field) smo ugotovili, da je na površinah Au nano-delcev prisoten tanek sloj, ki vsebuje kisik, ocenjene debeline okoli nekaj nm. Prav tako je tudi v tem primeru linijska in površinska analiza STEM potrdila prisotnost kisika na večini analiziranih Au nano-delcev.

V tretjem sklopu smo preiskovali novo sintetizirane nano-delce Au in TiO_2 oziroma mešanice delcev Au- TiO_2 z izboljšanimi parametri sinteze ter študirali njihovo povprečno velikost in obliko. Povprečna velikost Au nanodelcev je bila od 7 nm do 20 nm. Preiskava je potrdila prisotnost tudi nekaj večjih Au delcev, okoli 200 nm do 350 nm. Delci so bili ali okrogle (predvsem manjši delci, do okoli 7 nm premera), trikotne, šestkotne ali večkotne nepravilne oblike. Vzorec nanodelcev TiO_2 so sestavljale micide velikosti med 60 nm in 400 nm. Nekaj micel je bilo tudi precej večjih, do okoli 800 nm. V miceli so bili delci veliki okoli 10-20 nm. Vzorec Au- TiO_2 so prav tako sestavljale micide TiO_2 in Au delci, razporejeni po površini micel. V tem vzorcu je bila povprečna velikost večine Au delcev med 7 nm in 40 nm. Nekaj večjih delcev okoli 200 nm je bilo prav tako prisotnih. Micide so bile velikosti okoli 100 nm do 800 nm. Zanimalo nas je ali so delci Au porazdeljeni po površini micide TiO_2 ali tudi po volumnu.

(3) Naravna konvekcija nanotekočin v dvo-dimenzionalni pravokotni kotanji z različno gretima stranicama in adiabatnima trdnima stenama: Numerično smo analizirali lastnosti prenosa gibalne količine in toplote pri pojavu naravne konvekcije v dvo-dimenzionalni kotanji kotanji napolnjeni z Au, Cu, Al_2O_3 in TiO_2 nanodelci suspendirani v newtonski in nenewtonski nosilni tekočini. Pri tem smo obravnavali dva primera kvadratne kotanje: kotanja z različno gretima navpičnima stenama, kotanja z različno gretima vodoravnima stenama (pogoji Rayleigh-Benardove naravne konvekcije). Natančni rezultati so predstavljeni v obliki porazdelitve brezdimenzijske temperature in hitrosti, srednje vrednosti Nusseltovega števila in razmerja prenosa toplote. Pokazali smo, da: dodajanje nanodelcev v nosilno tekočino (newtonsko in nenewtonsko) zmanjšuje vrednost Prandtlovega kot tudi Rayleighjevega števila nanotekočine in posledično zakasni pričetek pojava naravne konvekcije; takoj za pojavom naravne konvekcije dodajanje nanodelcev zmanjšuje vrednost srednjega Nusseltovega števila za katerokoli vrednost Rayleighjevega števila nosilne tekočine.

Naravna konvekcija nanotekočin v tro-dimenzionalni kvadratni kotanji, podvrženi temperaturni razliki na nasprotnih navpičnih stenah: Numerično smo analizirali lastnosti prenosa gibalne količine in toplote pri pojavu naravne konvekcije v tro-dimenzionalni kotanji kotanji napolnjeni z Au, Cu, Al_2O_3 in TiO_2 nanodelci suspendirani v newtonski in nenewtonski nosilni tekočini. Kotanja je greta na navpični in hlajena na priležni steni, medtem ko so ostale stene adiabatne. Podobno kot za primer naravne konvekcije v dvo-dimenzionalni kotanji, smo za naravno konvekcijo v tro-dimenzionalni kotanje pokazali, da: dodajanje nanodelcev v nosilno

tekočino (newtonsko in nenevtonsko) zakasni pričetek pojava naravne konvekcije; takoj za pojavom naravne konvekcije dodajanje nanodelcev zmanjšuje vrednost srednjega Nusseltovega števila za katerokoli vrednost Rayleighjevega števila newtonske tekočine.

Prisilna konvekcija nanotekočin v tro-dimenzionalni geometriji: Izvedli smo numerično analizo vpliva volumske koncentracije nanodelcev v newtonski in nenevtonski nosilni tekočini na toplotne lastnosti pri pojavu prisilne konvekcije v nestisljivih nanotekočinah. Diferencialne enačbe ohranitve gibalne količine in energije smo reševali z metodo končnih prostornin. Natančni numerični rezultati so prikazani za lokalne in srednje vrednosti Nusseltovega števila ter razmerja prenosa toplote. Pokazano je, da na rezultirajoče temperaturno polje vplivajo vrednost Reynoldsovega števila nosilne tekočine, volumska koncentracija ter termo-fizikalne lastnosti analiziranih nanodelcev (Au, Al₂O₃, Cu in TiO₂). Kljub temu, da dodajanje nanodelcev zmanjšuje vrednost srednjega Nusseltovega števila, pa njihova uporaba povečuje prenos toplote glede na čisto nosilno tekočino.

(4)

Citotoksičnost zlatih nanodelcev je bila preverjena s standardno metodo za merjenje aktivnosti mitohondrijske sukcinat-dehidrogenaze (SDH) v podganjih timocitih in L929 mišjih fibroblastih. Timociti so bili izolirani iz timusov samcev podgan Albino Oxford (AO), starih 10 tednov, vzrejenih v Inštitutu za medicinske raziskave, VMA, Beograd, Srbija. Uporaba živali za eksperimente je bila v skladu z Navodili za uporabo poskusnih živali, odobrene z strani Etičnega komiteja vojaške medicinske akademije, Beograd, Srbija (282-12/2012), ki je v skladu z smernicami Evropske skupnosti (EEC Directive of 2012; 86/609/EEC). Enojne celice timocitov so se pripravile z draženjem timusov v RPMI mediju, skozi jekleno mrežo. Po spiranju, se je timocite preštelo in uporabilo za celične kulture.

Test citotoksičnosti je bil na osnovi določitve aktivnosti sukcinat-dehidrogenaze (SDH) v timocitih in L929 celicah. Po inkubaciji celic je medij bil pazljivo odstranjen in mesta so bila zapolnjena z 100 ml 3-[4,5-dimetiltiazol-2-yl]-2,5 difenil tetrazolium bromid (MTT) (Sigma, Munich, Germany) (1 mg/mL), raztopljen v RPMI mediju. Mesta z frakcijami Au nanodelcev brez celic, napolnjena z 100 ml MTT-ja so služila kot kontrolni vzorci. Mesta samo z MTT-jem pa so služila kot slepa kontrola. Po triurni inkubacijski dobi (37°C, 5% CO₂), se je dodalo 100 ml/mesto 10% natrijevega dodecil sulfata (SDS) -0.1N HCL (Serva, Heidelberg, Nemčija), da je znotrajcelično shranjen formazan postal topen. Plošče so bile inkubirane čez noč pri sobni temperaturi. Optična gostota barve je nato bila izmerjena pri 570 nm v spektrofotometru (Behring ELISA Processor II, Heidelberg, Nemčija). Rezultati so bili izraženi kot odstotek optične gostote (metabolične aktivnosti) v primerjavi z kontrolo (kulture brez zlatih nanodelcev):

Apoptoza se je odkrivala z uporabo propidium iodida (PI)(Sigma) in pretočno citometrijo. Ta metoda sloni na detekciji DNA fragmentacije, ki jo odkrije kvantifikacija hipodiploidnega jedra. Tako so timociti (2×10^5) bili zbrani iz plošče s pipeto, nato so bili oprani s PBS in inkubirani z 500 μ l PI-ja (10 μ g/ml) razredčenega v hipotonični raztopini (0.1% natrijev citrat + 0.1% Triton-X raztopina v destilirani vodi). Celice so 4 ure bile gojene z PI pri sobni temperaturi in nato analizirane s pretočno citometrijo. L929 celice so bile odstranjene s plastične površine z uporabo 0,25% tripsinom (Serva, Heidelberg, Nemčija) pred obarvanjem s PI, kot pri timocitih.

Smrt celic se je določila z obarvanjem timocitov in L929 celic z 1% Trypan Blue. Pozitivne celice, identificirane s svetlobno mikroskopijo, so se upoštevale kot mrtve, pretežno zaradi nekroze. Odstotek mrtvih celic se je določil na osnovi vsaj 500 celic iz enega mesta. Prav tako se je potrdila nekroza celic z uporabo protokola za obarvanje z PI brez celične permeabilizacije in pretočne citometrije.

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

(1)

Predstavljeni rezultati kažejo, da smo v okviru projekta uspeli sintetizirati Au nanodelce z USP, ki spada med bottom-up metode z relativno enostavnim nadzorom nad morfologijo in velikostjo nanodelcev. Ta metoda

omogoča sintezo s cenovno dostopnimi prekurzorji. Eksperimenti so pokazali, da USP omogoča izdelavo nanodelcev iz starega zlata (t.i. lom) kot tudi sintezo nanodelcev z vsebnostjo različnih legirnih elementov. V teh okvirih se je pojavila ideja o recikliranju zlatega nakita, ki lahko v prihodnosti predstavlja pomemben del donosne proizvodnje nakita, ne glede ali gre za velike tovarniške obrate, ali majhne delavnice.

(2) Rezultati preiskav prahov Au in TiO₂ nano-delcev in mešanice delcev Au-TiO₂ s TEM so pripomogli k boljšemu razumevanju sinteze s prirolizo z ultrazvočnim razprševanjem (USP) teh nanodelcev in s tem kontrole njihove morfologije. Z raziskavami s TEM/EDS, STEM/EDS in ED s simulacijami smo dosegli dobre rezultate, saj so se metode izkazale za ustrezne pri tovrstnih preiskavah. Prav tako je bilo delo na raziskovalnem projektu Au nano-delcev v okviru presevne elektronske mikroskopije opisano v prispevku z naslovom 'Controlled synthesis of gold nanoparticles with USP' (avtorji: Peter Majerič, Darja Jenko, Bojan Budič, Bernd Friedrich in Rebeka Rudolf), ki je bil poslan za objavo v mednarodni publikaciji (v revijo 'NANO') in bo predvidoma objavljen v letu 2015.

(3) V celotnem obdobju izvajanja projekta smo izvedli vse zastavljene aktivnosti. S primerjavo numeričnih rezultatov s tujimi avtorji smo potrdili pravilnost numerične metode, z uporabo primernih računskih mrež (zadostno število elementov) pa zagotovili zelo natančne rezultate numerične analize prenosa gibalne količine in toplote v newtonskih in nenewtonskih nanotekočinah.

(4) Z raziskavami na področju biokompatibilnosti, imuno-modularnih lastnosti in interakcijami s človeškimi dendritskimi celicami smo pokazali, da imajo Au nanodelci pripravljene z USP velik potencial za uporabnost v medicini za različne bolezni. Čeprav je veliko metod za diagnozo in zdravljenje bolezni, lahko zlati nanodelci predstavljajo izboljššan in bolj učinkovit pristop k zdravljenju bolezni v prihodnosti. Zdravljenje na tak način pomeni, da ni nujno ogroziti pacientovega imunskega sistema, kot je to v veliko primerov zdravljenja bolezni danes. Nanodelce lahko usmerimo in ciljamo na specifične celice v telesu, na primer maligne celice pri zdravljenju raka, kjer se bodo nanodelci z njimi ustrezno spopadli. Zlati nanodelci so lahko odlično sredstvo v moderni medicini, tako za diagnozo kot zdravljenje bolezni, ki zagotavlja visoko-kvalitetno nego za paciente.

Na osnovi predstavljenih rezultatov in ocenjene stopnje realizacije na raziskovalnem projektu po posameznih točkah, ki so bile prijavljene v planu, lahko zaključimo, da smo dosegli vse zastavljene cilje.

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

Na projektu L2-4212 ni prišlo do morebitnih sprememb programa, kljub zmanjšanju finančnih sredstev s strani agencije ARRS v letu 2012 zaradi interventnega zakona.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁵

		Znanstveni dosežek	
1.	COBISS ID	27671847	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Vpliv velikosti zlatih nanodelcev na dozorevanje in antitumorske funkcije človeških dendritskih celic in vitro
		ANG	Size-dependent effects of gold nanoparticles uptake on maturation and antitumor functions of human dendritic cells in vitro
Opis	SLO	Zlati nanodelci (GNP) se smatrajo kot izjemno biomedicinsko orodje za diagnosticiranje in foto-termalno terapijo rakavih obolenj, za katere pa še niso popolnoma znani morebitni škodljivi imunološki učinki. Z uporabo modela s človeškimi dendritskimi celicami (DC) smo pokazali da so 10- in 50-nanometrski GNP (GNP10 in GNP50) vstopili v celice pretežno preko dynamin-mehanizmov. Oboji so poslabšali zorenje celic s pomočjo LPS in alostimulatorno kapaciteto dendritskih celic, čeprav je bil učinek GNP10 bolj viden. Vendar so GNP10 zavirali nastanek IL-12p70 z DC, povzročen z LPS, in potencirali kapaciteto polarizacije s Th2. GNP50 so spodbudili polarizacijo s Th17. Učinki GNP10 imajo korelacijo z močnejšim zaviranjem sprememb, povzročenih z LPS, in oscilacij s Ca ⁺ , z njihovim povečanim številom glede na DC, in pogostejšo zunaj-endozomsko lokalizacijo, kar je potrdilo slikanje živih celic, ter protionska in	

		elektronska mikroskopija. Tudi, ko so GNP10 bile sproščene iz nekrotičnih HEp-2 celic, so oslabili zorenje in funkcije DC, povzročene z nekrotičnimi rakastimi celicami, ojačali njihovo kapaciteto za polarizacijo s Th2/Th17, in s tem oslabilizmožnosti DC-jev za sprožanje T-celično posredovanje citotoksičnosti in vitro. GNP10 tako potencialno sprožijo več škodljivih DC imunoloških učinkov, v primerjavi z GNP50.
	ANG	Gold nanoparticles (GNPs) are claimed as outstanding biomedical tools for cancer diagnostics and photo-thermal therapy, but without enough evidence on their potentially adverse immunological effects. Using a model of human dendritic cells (DCs), we showed that 10 nm- and 50 nm-sized GNPs (GNP10 and GNP50, respectively) were internalized predominantly via dynamin-dependent mechanisms, and they both impaired LPS-induced maturation and allostimulatory capacity of DCs, although the effect of GNP10 was more prominent. However, GNP10 inhibited LPS-induced production of IL-12p70 by DCs, and potentiated their Th2 polarization capacity, while GNP50 promoted Th17 polarization. Such effects of GNP10 correlated with a stronger inhibition of LPS-induced changes in Ca ²⁺ oscillations, their higher number per DC, and more frequent extraendosomal localization, as judged by live-cell imaging, proton, and electron microscopy, respectively. Even when released from heat-killed necrotic HEp-2 cells, GNP10 inhibited the necrotic tumor cell-induced maturation and functions of DCs, potentiated their Th2/Th17 polarization capacity, and thus, impaired the DCs' capacity to induce T cell-mediated anti-tumor cytotoxicity in vitro. Therefore, GNP10 could potentially induce more adverse DC-mediated immunological effects, compared to GNP50.
	Objavljeno v	Public Library of Science; PloS one; 2014; Vol. 9, no. 13; str. e96584-1-e96584-12; Impact Factor: 3.534; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.663; A': 1; WoS: RO; Avtorji / Authors: Tomić Sergej, Ogrinc Potočnik Nina, Rudolf Rebeka, Pelicon Primož, Anžel Ivan, Rupnik Marjan, Đokić Jelena, Đokić Jelena, Đokić Jelena
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
2.	COBISS ID	18016790
		Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Laminarna naravna konvekcija ne-newtonskih na-notekočin v kvadratni kotanji z različno gretima stranskima stenama
		ANG Laminar forced convection heat transfer characteristics from a heated cylinder in water based nanofluids
	Opis	SLO Prispvek obravnava naravno konvekcijo v kvadratni kotanji z različno gretima stranskima stenama in napolnjeni s homogenimi nanotekočinami (0,4% vodna raztopina karboksimetil celuloze (CMC)-Au, Al ₂ O ₃ , Cu ter TiO ₂ nanodelci), katerih reološko obnašanje je opisano s potenčnim zakonom. Vodilne diferencialne enačbe smo reševali s standardno metodo končnih prostornin, pri čemer sta hidrodinamično in temperaturno polje sklopljena z Boussinesqovo aproksimacijo. Glavni cilj prispevka je raziskati vpliv prostorninskega deleža nanodelcev na značilnosti prenosa toplote nenewtonskih nanotekočin za široko območje vrednosti Rayleighjevega števila nanotekočine. Natančni rezultati so predstavljeni v obliki porazdelitve brezdimenzijske temperature in hitrosti, izoterm, srednje vrednosti Nusseltovega števila in razmerja prenosa toplote. Pokazali smo, da so lastnosti prenosa toplote in gibalne količine odvisne le od vrednosti Rayleighjevega števila nanotekočine, medtem ko tip nanodelcev in njihov prostorninski delež vplivata le na povečanje prenosa toplote.
		Forced convection heat transfer from a heated circular cylinder to incompressible water-based nanofluids in the steady cross-flow regime has been investigated numerically. The momentum and thermal energy differential equations have been solved by the standard finite volume

		ANG	method on the non-uniform Cartesian grid. Accurate numerical results are presented in the form of the local and mean Nusselt number and the heat transfer enhancement. The results indicate clearly that the heat transfer characteristics are affected by the base-fluid Reynolds number, volume fraction and the thermo-physical properties of nanoparticles. Although those nanofluids reduce the mean Nusselt number values, they enhance the heat transfer rate.
	Objavljeno v		DAAAM International Vienna; International journal of simulation modelling; 2014; Vol. 13, iss. 3; str. 312-322; Impact Factor: 2.125; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.345; A': 1; WoS: IJ, IK; Avtorji / Authors: Ternik Primož, Rudolf Rebeka
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	14359830	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Citotoksičnost zlatih nanodelcev izdelanih z ultrazvočno razpršilno pirolizo
		ANG	Cytotoxicity of gold nanoparticles prepared by ultrasonic spray pyrolysis
	Opis	SLO	Članek opisuje sintezo Au-nano delcev pripravljenih s pirolizo preko ultrazvočnega razprševanja (USP) ostankov zlata. Študijo smo opravili na ciljnih celicah, ki so bili timociti podgan, kot vrsta neproliferirajočih celic, ter L929 fibroblasti miši, kot vrsta kontinuirano proliferirajočih celic. Frakciji 1 in 2, sestavljeni iz čistih nanodelcev zlata - določeni z vrstično elektronsko mikroskopijo s kombinacijo EDS analize- nista toksični za timocite, vendar zmerno reducirata proliferacijsko aktivnost L929 celic. Inhibicijski učinek frakcije 2, ki vsebuje delce manjših velikosti kot frakcija 1, je bil izrazitejši. Frakcija 3, sestavljena iz Au in do 3 m.% Cu je bila necitotoksična za timocite, vendar citotoksična za L929 celice. Frakcija 4, sestavljena iz Au in Ag kakor tudi frakcija 5, sestavljena iz Au ter sledi elementov Cu, Ni, Zn, Fe, in In, sta bili citotoksični tako za timocite kot tudi za L929 celice. Dobljeni rezultati kažejo, da USP omogoča sintezo čistih nanodelcev zlata z nadzorovano velikostjo, tudi iz ostankov zlata. V prihodnosti bodo potrebne mikrostrukturne analize in testi biokompatibilnosti pri delcih z višjo čistostjo Au primerjalno glede na citotoksične nano delce zlata, ki vsebujejo druge elemente.
			ANG
	Objavljeno v		Technomic Pub.; Journal of biomaterials applications; 2012; Vol. 26, no. 5; str. 595-611; Impact Factor: 2.640; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.961; A': 1; WoS: IG, QE; Avtorji / Authors: Rudolf Rebeka, Friedrich Bernd, Stopić Srečko, Anžel Ivan, Tomić Sergej, Čolić Miodrag
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek

4.	COBISS ID	15970838	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Imunomodulatorne lastnosti nanodelcev izdelanih z ultrazvočno pirolizo iz ostankov zlata
		<i>ANG</i>	Immunomodulatory properties of nanoparticles obtained by ultrasonic spray pyrolysis from gold scrap
	Opis	<i>SLO</i>	Pripravili smo 5 različnih frakcij nanodelcev iz ostankov zlata z uporabo nove tehnologije t.i. ultrazvočne razpršilne pirolize (USP). Cilj te raziskave je bila karakterizacija mikrostrukture in citotoksičnosti nanodelcev skupaj z njihovimi imuno-modulatornimi lastnostmi. Pri tem smo koristili Con -canvalin A(ConA) obdelan s splenociti podgan kot model aktiviranih imunskih celic. Frakciji 1 in 2 sta bili sestavljeni iz čistih zlatih nanodelcev in sta bili ne-citotoksični, a sta kljub temu zmanjšali celično proliferacijo. Frakcija 2, ki je vsebovala manjše delce, ki so bili tudi manj aglomerirani kot delci frakcije 1, je povzročila »up in down« uravnavanje proizvodnje IL-2 in IL-10 oziroma posledično aktivacijo splenocitov. Frakcija 3, ki je vsebovala nanodelce sestavljene iz Au in Cu do 3 at.%, je bila tudi necitotoksična, a je vseeno povzročila redukcijo IL-2 proizvodnje in celično proliferacijo. Frakciji 4 in 5, ki sta bili kontaminirani z legirnimi elementi iz ostankov zlata, sta bili citotoksični. Rezultati raziskav so pokazali, da je obseg znižanja citotoksičnosti in kasnejše proizvodnje citokinov, kot tudi način celične smrti, odvisen od sestave nanodelcev. Na ta način smo potrdili, da USP omogoča sintezo nanodelcev zlata, ki bi bili primerni za različne biološke aplikacije, in da ConA-obdelani splenociti predstavljajo zanesljiv model za hitro in natančno oceno imuno-toksikoloških profilov teh delcev. Pri tem je potrebno izpostaviti, da bo predstavljeno USP tehnologijo potrebno izboljšati in podrobneje raziskati nekatere imuno-modulatorne mehanizme z uporabo specifičnejših imunoloških testov.
		<i>ANG</i>	We prepared 5 different fractions of nanoparticles from the gold scrap, by using a new technology, Ultrasonic Spray Pyrolysis (USP). The aim of this study was to characterize the microstructure and cytotoxicity of the nanoparticles along with their immunomodulatory properties, using Concanavaline A (ConA)-treated rat splenocytes as a model of activated immune cells. Fractions 1 and 2, composed of pure gold nanoparticles, although non-cytotoxic, reduced cellular proliferation. Fraction 2, containing particles smaller in size and lesser agglomerated than fraction 1, up- and down-regulated the production of IL-2 and IL-10, respectively, by activated splenocytes. Fraction 3, containing nanoparticles composed of Au and up to 3 at.% Cu, was non-cytotoxic, but reduced IL-2 production and cell proliferation. Fractions 4 and 5, contaminated with alloying elements from the gold scrap, were cytotoxic. The extent of cytotoxicity and subsequent reduction of cytokine production, as well as the mode of cell death, depended on their composition. In conclusion, we showed that USP enables the synthesis of gold nanoparticles, which could be suitable for various biological applications, and that ConA-treated splenocytes represent a reliable model for fast and accurate evaluation of the immunotoxicological profiles of these particles. However, it is necessary to improve this technology and investigate further some of the immunomodulatory mechanisms using more specific immunological tests.
	Objavljeno v	American Scientific Publishers; Journal of biomedical nanotechnology; 2012; Vol. 8, no. 3; str. 528-538; Impact Factor: 5.256; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 3.075; A ¹ : 1; WoS: NS, QA; Avtorji / Authors: Đokić Jelena, Rudolf Rebeka, Tomić Sergej, Stopić Srećko, Friedrich Bernd, Budič Bojan, Anžel Ivan, Čolić Miodrag	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
5.	COBISS ID	16722966	Vir: COBISS.SI

Naslov	SLO	Povečanje prenosa toplote pri naravni konvekciji toka nanofluidov na osnovi vode v kvadratni kotanji
	ANG	Laminar natural convection of non-Newtonian nanofluids in a square enclosure with differentially heated side walls
Opis	SLO	<p>V prispevku smo numerično analizirali prenos toplote v koloidnih disperzijah Au, Al₂O₃, Cu in TiO₂ nanodelcev v vodi. Pri tem smo obravnavali dvodimenzionalno kotanjo pod pogoji naravne konvekcije za izbrane vrednosti Rayleighevega števila in volumske koncentracije nanodelcev.</p> <p>Vodilne enačbe smo rešili z metodo končnih prostornin, pri čemer sta hitrostno in temperaturno polje povezana z Boussinesqovo aproksimacijo. Prikazani so izredno natančni rezultati za povprečno Nusseltovo število in povečan prenos toplote.</p> <p>Rezultati analize kažejo, da je srednje Nusseltovo število naraščajoča funkcija obeh, tako Rayleighevega števila kot volumskega deleža nanodelcev. Prikazani rezultati nakazujejo, da lahko prenos toplote izboljšamo z uporabo nanotekočin namesto običajnih tekočin, kar void do kompaktnejših (manjših) prenosnikov toplote. Pri tem pa je pozitiven učinek na prenos toplote izrazitejši pri nižjih vrednostih Rayleighevega števila.</p>
	ANG	<p>The present work deals with the laminar natural convection in a square cavity with differentially heated side walls subjected to constant temperatures and filled with homogenous 0,4 wt. % aqueous solution of carboxymethyl cellulose (CMC) based Au, Al₂O₃, Cu and TiO₂ nanofluids obeying the Power law rheological model. The governing differential equations have been solved by the standard finite volume method and the hydrodynamic and thermal fields are coupled together using the Boussinesq approximation. The main objective of this study is to investigate the influence of the nanoparticles f volume fraction (0 % =< fi =< 10 %) on the heat transfer characteristics of CMC based nanofluids over a wide range of nanofluid Rayleigh number (10³ =< Ranf =< 10⁶). Accurate numerical results are presented in the form of dimensionless temperature and velocity variations, isotherms, mean Nusselt number and heat transfer enhancement. The results indicate clearly that the heat and momentum transfer characteristics are affected only by the nanofluid Rayleigh number, while the type of nanoparticles (i.e. thermo-physical properties) and their volume fraction have effect only on the heat transfer enhancement.</p>
Objavljeno v	DAAAM International Vienna; International journal of simulation modelling; 2013; Vol. 12, iss. 1; str. 5-16; Impact Factor: 2.125; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.345; A': 1; WoS: IJ, IK; Avtorji / Authors: Ternik Primož, Rudolf Rebeka	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine⁶

	Družbeno-ekonomski dosežek	
1.	COBISS ID	16906774
	Vir: COBISS.SI	
Naslov	SLO	Zlati nanodelci - lastnosti, sinteza in uporaba
	ANG	Gold nanoparticles - properties, synthesis and application
	<p>Nano-strukturirani materiali in njihove aplikacije so pritegnile veliko pozornosti v zadnjih nekaj desetletjih. Zaradi razširjenega raziskovanja na tem področju so danes znani različni takšni materiali in njihove aplikacije. To je vodilo v višje povpraševanje po metodah, ki so primerne za proizvodnjo nano-materialov v velikem obsegu, še posebej ko je</p>	

Opis	SLO	potrebno ugoditi zahtevam po morfologiji, zapleteni kompoziciji, multi-komponentnih in prevlečenih materialih. V tem prispevku je predstavljeno poročilo o prvih rezultatih povečanja proizvodnje s procesom Ultrazvočne Razpršilne Piroлизe (Ultrasonic Spray Pyrolysis - USP), ki je relativno poceni in zelo vsestranska tehnika za proizvodnjo Au nanodelcev s temelji na predelavi aerosolov. S tem procesom je možno dobiti fine kovinske, oksidne in kompozitne nanodelce, z natančno kontrolirano morfologijo in kemijsko sestavo, dobljene iz vodne raztopine z različnimi kovinskimi solmi in njihovimi zmesmi.	
	ANG	Nanostructured materials and their application have been attracted much attention in the last decades. Due to extended research in this area, various nanomaterials and endless application of them is known today. This led to rising demand for methods suitable for big scale nanomaterials production, especially when it comes to ones with target morphology, complex composition, multicomponent and coated materials. In this paper a report of first results on scale up of Ultrasonic Spray Pyrolysis (USP) process is presented, which is relatively inexpensive and quite versatile technique for Au nanoparticle production based on an aerosol process. It is possible to produce fine metallic, oxidic, composite nanoparticles of precisely controlled morphology and defined chemical compositions from water solution using different metal salts and their mixtures.	
Šifra	B.04 Vabljen predavanje		
Objavljeno v	Association of Metallurgical Engineers of Serbia (AMES) = AMES; Proceedings and book of abstracts; 2013; Str. 25-34; Avtorji / Authors: Rudolf Rebeka, Anžel Ivan, Stopić Srečko, Friedrich Bernd, Čolić Miodrag		
Tipologija	1.06 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci (vabljen predavanje)		
2.	COBISS ID	18301462	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Sinteza oksidnih in kovinsko/oksidnih nanodelcev z ultrazvočno razpršilno pirolizo	
	ANG	Synthesis of the oxide and metal/oxide nanoparticles by the Ultrasonic Spray Pyrolysis	
Opis	SLO	Nanodelci obravnavani v tej doktorski disertaciji spadajo v precej dobro raziskano skupino nanomaterialov, sintetiziranih z različnimi metodami in številnimi aplikacijami. Nekatere najbolj tipične uporabe kompleksnih kovinskih in oksidnih nanostruktur so na primer v katalizi in fotokatalizi. Pomembno je upoštevati, da so karakteristike in morfologija nanodelcev odvisne od metode sinteze. Tako lahko pričakujemo, da manjše spremembe v procesu vodijo do drugačnih karakteristik končnega proizvoda, zlasti glede mikrostrukture in funkcionalnosti. Zaradi tega se nove metode sinteze razvijajo in testirajo že desetletja. Zato, da oblikujemo in nadziramo karakteristike končnega proizvoda, je potrebno poznati mehanizme nastanka nanodelcev za vsako metodo sinteze. Poseben doprinos v okviru disertacije so nanodelci v tem prispevku je nova metoda za izboljšanje triboloških in električnih lastnosti, ter življenjske dobe galvanskih zlatih plasti z uporabo nanodelcev.	
	ANG	The nanoparticles investigated in this work are the very good studied nanomaterials, synthesized with various methods and with the numerous applications. Some of the most typical applications of the complex metal/oxide structures are for example, the catalysis and photocatalysis. Important is to notice that the characteristics and the morphology of the nanoparticles are dependent on the synthesis method. For this reason, it is to expect that a slight process differences can lead to the different final product characteristics, especially microstructure and functionality. Due to this, new synthesis methods are developed and tested for decades. In order to design and control the	

		end product characteristics, for each synthesis method, the nanoparticle formation mechanism has to be understood. The special application for the nanoparticles studied in this work is the novel method for the improvement of the tribological and the electrical properties and the life time of the galvanic gold layers by the incorporation of the nanoparticles.
	Šifra	D.09 Mentorstvo doktorandom
	Objavljeno v	J. Bogovic]; 2014; V, 135 f.; Avtorji / Authors: Bogovic Jelena
	Tipologija	2.08 Doktorska disertacija
3.	COBISS ID	17118230 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Zlati nanodelci- lastnosti, uporaba, sinteza in raziskave biokompatibilnosti
		<i>ANG</i> Gold nanoparticles - properties, applications, synthesis and biocompatibility investigations
	Opis	<i>SLO</i> Izvedba predavanj: 1. Novi pristopi pri proizvodnji "core shell" nano-materialov in težave pri njihovi karakterizaciji 2. Vloga Au nanodelcev v medicini, biologiji in farmaciji 3. Rhodium plating (with support of the company Zlatarna Celje d.d. Slovenia)
		<i>ANG</i> Realization of lectures: 1. New approaches by the production of core shell nano-materials and problems of their nano-structural characterization 2. The role of gold nano-particles in medicine, biology and pharmacy 3. Galvanizacija z rodijem (v sodelovanju s podjetjem Zlatarna Celje d.d. Slovenia)
	Šifra	B.05 Gostujoči profesor na inštitutu/univerzi
	Objavljeno v	2013; Avtorji / Authors: Rudolf Rebeka, Tomić Sergej, Anžel Ivan, Čolić Miodrag, Stopić Srečko, Friedrich Bernd
	Tipologija	3.14 Predavanja na tuji univerzi
4.	COBISS ID	18253590 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Ultrazvočna razpršilna piroliza za proizvodnjo nano-materialov
		<i>ANG</i> Ultrasonic Spray Pyrolysis for production of nano-materials
	Opis	<i>SLO</i> Prijava inovacije na agenciji Spirit Slovenija je bila uvrščena med najboljše, s čimer je bila pridobljena pravica do predstavitve inovacije na 9. Slovenskem forumu inovacij. Ta forum je osrednji nacionalni poslovni dogodek na temo inovativnosti in podjetništva, ki je potekal med 12. in 13. novembrom 2014 v Cankarjevem domu v Ljubljani. Predstavitev inovacije: Avtorja skupaj s partnerji načrtujeta postavitve pilotne prototipne ultrazvočne razpršilne pirolize (USP) naprave, ki bo delovala v nadzorovanem industrijskem okolju. Naprava bo namenjena izključno študiju procesa za proizvodnjo nanodelcev zlata, kar bo omejilo možnosti kontaminacije materiala. Predvidena je vertikalna geometrija, s čimer naj bi bil omogočen boljši nadzor nad posameznimi fazami procesa. Cilj je pridobiti sferične nanodelce zlata. Inovacija je v ločenem vnosu plina, ki omogoča sušenje kapljic pred reagiranjem s plinom in s tem pridobivanje nanodelcev zlata enake geometrije.
		<i>ANG</i> The announcement (report) of the innovation at the Spirit Agency Slovenia has been ranked amongst the best, which was acquired right before the presentation of the innovations at the 9th Slovenian Innovation Forum. This Forum is a central national event on the topics of Innovation and Enterprise, which took place on the 12th and 13th November 2014 in the Cankarjev Dom in Ljubljana. The authors, together with their partners, plan to set up a pilot

	ANG	prototype Ultrasonic Spray Pyrolysis (USP) device that will operate in a controlled industrial environment. The device is intended exclusively for the study process for the production of the nanoparticles of gold, which will limit the possibility of the contamination of the material. The vertical geometry was expected and thereby we enabled a better control over the phases of the process. The aim is to obtain spherical gold nanoparticles. The innovation is in the separate entry of the gas, which allows the drying of the drops prior to reacting with the gas thereby producing nanoparticles of gold with the same geometry.	
Šifra	E.01 Domače nagrade		
Objavljeno v	SPIRIT Slovenija; Javna agencija Republike Slovenije za spodbujanje podjetništva, inovativnosti, razvoja, investicij in turizma; Z idejo do odruva; 2014; Str. 11; Avtorji / Authors: Rudolf Rebeka, Majerič Peter		
Tipologija	1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci		
5.	COBISS ID	17945878	Vir: COBISS.SI
Opis	Naslov	SLO	Možnosti za izdelavo nanodelcev zlata
		ANG	Options for making gold nanoparticles
		SLO	<p>Raziskave na področju nanodelcev postajajo čedalje bolj obširne. Površinska adhezija, kemijska reaktivnost, prevodnost, tališče, plazmonska resonanca in druge lastnosti materialov se pri velikostih pod 100 nm spremenijo. To daje nanodelcem potencialno uporabo v najrazličnejših panogah, od elektronike do medicine. Za izdelavo nanodelcev smo tako v sodelovanju z Inštitutom za recikliranje kovinskih materialov - RWTH Aachen Nemčija izkoristili tehnologijo, imenovano ultrazvočna razpršilna piroliza (USP). Ultrazvočna piroliza deluje na principu ustvarjanja nanodelcev iz mikronskih kapljic raztopljenega materiala. Želeni material za nanodelce najprej raztopimo v kislini, raztopino pa nato razredčimo z vodo. Na površino tako pripravljene raztopine usmerimo ultrazvok, ki povzroči visokofrekvenčno valovanje. Zaradi intenzitete vibracij ultrazvoka se vrhovi valov odtrgajo in tako nastanejo kapljice velikosti nekaj mikronov. Pojav vidimo v obliki nastajanja meglice oziroma aerosola. Ustvarjeni aerosol nato s pomočjo inertnega plina pošljemo v reakcijsko peč, kjer se pri primerni temperaturi kapljice najprej izsušijo, nato pa reagirajo z dodanim reducirnim plinom. Rezultat je en novonastali nanodelec želenega materiala iz ene kapljice začetne raztopine. Odvisno od tega, s kakšno koncentracijo raztopljenega materiala smo začeli in kakšne velikosti je bila kapljica, dobimo nanodelec velikosti od nekaj deset do nekaj sto nanometrov.</p> <p>Možnih je več konfiguracij USP naprave: (i) vertikalna ali horizontalna postavitev peči, (ii) s potopljenim ultrazvokom ali z ultrazvočno šobo, (iii) z različnimi načini zbiranja nanodelcev: preko elektrostatičnega filtra, zbiralnih steklenic, nalaganje nanofilmov na izbranem substratu idr.</p>
		ANG	<p>Research in the field of nanoparticles is becoming increasingly extensive. Surface adhesion, chemical reactivity, conductivity, melting point, plasmon resonance, and other properties of the materials are different at sizes below 100 nm. This gives nanoparticles potential use in various industries, from electronics to medicine. In cooperation with the Institute for the recycling of metallic materials - RWTH Aachen, Germany we produced nanoparticles with a technology called ultrasonic spray pyrolysis (USP). Ultrasonic spray pyrolysis operates on the principle of generating nanoparticles from micron droplets of dissolved material. The preferred material for the nanoparticles is first dissolved in acid and the solution is then diluted with water. An ultrasound is focused on the surface of the prepared solution, which causes high-frequency waves. Due to the intensity of the ultrasonic vibration, peaks of the waves tear off and thus droplets of a few microns are created. This is seen in the</p>

		<p>form of a formation of mist or aerosol. The generated aerosol is then sent to a reaction furnace at a suitable temperature by means of an inert gas, where the droplets are first dried and then reacted with an added reduction gas. The result is one newly created nanoparticle of the desired material from one drop of the initial solution. Depending on what the concentration of dissolved material we started with was, and of what size the droplet was, we obtain a nanoparticle in sizes from a few ten to a few hundred nanometers.</p> <p>Several configurations of the USP apparatus are possible: (i) with a vertical or horizontal furnace layout, (ii) with a submerged ultrasound, or an ultrasonic nozzle, (iii) different methods of nanoparticle collection: through an electrostatic filter, with collection bottles, nanofilm deposition on a selected substrate and others.</p>
Šifra	F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja
Objavljeno v	Profidtp; IRT 3000; 2014; Letn. 9, št. 3 (51); str. 30-31; Avtorji / Authors: Majerič Peter, Rudolf Rebeka	
Tipologija	1.04	Strokovni članek

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁷

<p>Recenzent:</p> <ul style="list-style-type: none"> - International journal of nanomedicine. Rudolf, Rebeka (recenzent 2014). [Online ed.]. Auckland, NZ: Dove Medical Press. ISSN 1178-2013. - JOKANOVIĆ, Vukoman. Instrumentalne metode : ključ za razumevanje nanotehnologija i nanomedicine. Beograd: Inženjerska akademija Srbije: Institut za nuklearne nauke "Vinča", 2014. XLIV, 812 str., ilustr. ISBN 978-86-7306-123-8. Rudolf, Rebeka <p>Mentor doktorskega usposabljanja (R. Rudolf):</p> <ul style="list-style-type: none"> - TOMIĆ, Sergej, Biocompatibility and immunomodulatory properties of gold nanoparticles prepared by ultrasonic spray pyrolysis : final report : study project September/01. 2010-March/8. 2011, (Biocompatibility of gold nanoparticles). Maribor. <p>Predstavitve (R. Rudolf):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Analysis of gold nanoparticles internalization by antigen-presenting cells: Annual Meeting of SPIRIT, Guildford, Surrey/U.K., on January 2013. - Gold nanoparticles : lecture presented at the ICMAT 2013, 7th International Conference on Materials for Advanced Technologies, 30 June to 6 July 2013, Suntec Singapore. 2013. <p>Predavanja na tuji univerzi (R. Rudolf):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Synthesis of Au-nanoparticles: lectures (6 hours), presented at the RWTH Aachen, IME Metallurgische Prozesstechnik und Metallrecycling, 06.07.2012. - Biocompatibility testing: 8 hours of lectures, presented at Aristotle University of Thessaloniki, High School of Dentistry, Department of Removable Prosthodontics. Thessaloniki, 2012. - Gold nanoparticles: predavanje na RWTH Aachen, IME Metallurgische Prozesstechnik und Metallrecycling RWTH Aachen, Nemčija. 2013 - Uticaj nanočestica zlata na sazrevanje i antitumorske funkcije humanih dendritskih ćelija IN VITRO: Svetski dan imunologije - 2014, predavanje na SANU, utorak 29. april 2014, [Beograd]
--

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Dandanes se v moderni medicini vedno bolj omenja Au nanodelce. To so nanodelci z dimenzijami pod 100 nm. Kot taki imajo številne lastnosti, po katerih se ločijo od materialov

z večjimi dimenzijami. Te lastnosti so: kemijska reaktivnost, absorpcija energije in biološka mobilnost. Glede na to drugačnost se lahko uporabljajo kot kontrastna sredstva v medicini oziroma za nosilce genov za njihovo dostavo v posamezne celice. V nekaterih primerih Au nanodelci omogočajo analize in terapije, ki se jih drugače ne da izvesti. Preiskave s presežno elektronsko mikroskopijo (TEM) različnih Au nano-delcev so uspešno pripomogle k razumevanju njihove sinteze s pirolizo z ultrazvočnim razprševanjem (USP) in kontrole njihove morfologije. Prav tako so preiskave in njihovi rezultati pripomogli k boljšemu razumevanju strukture Au nano-delcev. Rezultati naših raziskav so bili predstavljeni na mednarodnih znanstvenih srečanjih in objavljeni v mednarodnih znanstvenih publikacijah. V okviru projekta pridobljeni in v številnih znanstvenih člankih predstavljeni rezultati izkazujejo izvirnost pri obravnavi lastnosti prenosa toplote v nanotekočinah. V nasprotju z mnogimi tujimi avtorji smo (verjetno prvi) pokazali, da:

- dodajanje nanodelcev zakasni nastop mehanizma konvektivnega prenosa toplote pri naravni konvekciji;
- dodajanje nanodelcev zmanjšuje vrednost srednjega Nusseltovega števila.

Omenjeno se (deloma) izkazuje tudi s čistimi citati izvirnih znanstvenih člankov, nastalih v obdobju raziskovalnega projekta L2-4212.

Opravili smo obsežne študije citotoksičnosti Au nanodelcev skupaj z imuno-modulatornimi lastnostmi, kar predstavlja pionirsko delo na znanstvenem področju biomaterialov.

ANG

Nowadays, Au nanoparticles are increasingly being mentioned in modern medicine. These are nanoparticles with dimensions below 100 nm. As such, they have several properties that distinguish them from materials with larger dimensions. These properties are: chemical reactivity, energy absorption and biological mobility. Because of these characteristics, they can be used as contrast agents in medicine, or as carriers of genes for delivery to individual cells. In some cases, the Au nanoparticles allow analyses and therapies, which can not be performed otherwise.

Investigations by means of transmission electron microscopy (TEM) of different Au nanoparticles have successfully contributed to the understanding of their synthesis by ultrasonic spray pyrolysis (USP) and control of their morphology. Further, investigations and their results contribute to a better understanding of the structure of Au nanoparticles. The research results were presented at international scientific meetings and published in international scientific journals.

Results, gained during the project and presented in many scientific papers, indicate the original approach in analysing the nanofluids' heat transfer characteristics. In contrast to most (if not all) authors we have shown the following:

- adding of nanoparticles in a base fluid delays the onset of the convective heat transfer mechanism during the natural convection
- adding of nanoparticles in a base fluid reduces the mean Nusselt number value

Aforementioned is (partly) proved by the pure citations of original scientific papers incurred during the period of the research project L2-4212.

We performed the cytotoxicity study of the Au nanoparticles along with their immunomodulatory properties - what represents pioneer work in the scientific area of biomaterials.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

V okviru projekta pridobljeni raziskovalni rezultati narekujejo nadaljnje možnosti za raziskave na področju nanotehnologije, npr.:

- primerjava teoretičnih modelov za opis termo-fizikalnih lastnosti nanotekočin in analiza njihove primernosti;

- analiza izhlapevanja kapljic aerosola, difuzije topljenca in določitev najugodnejših temperaturnih pogojev pri kontinuirni proizvodnji nanodelcev za medicinske namene.

V okviru raziskav se danes intenzivno preučujejo učinki Au nanodelcev na zdravje. Au nanodelci tako predstavljajo edinstvene okoljske in družbene izzive, predvsem v povezavi s toksičnostjo.

Raziskave v okviru projekta 'Tehnologija izdelave nanodelcev' so prispevale k dodatnemu razvoju in nadgradnji proizvodnje Au nano-delcev, še posebej v podjetjih Zlatarna Celje d.d. in Tren d.o.o., kar jima je prineslo nove potenciale pri razvoju in proizvodnji Au nano-delcev. Projekt je prav tako povezal raziskovalce iz evropskih (Slovenija, Nemčija) in balkanskih

držav (Srbija) in s tem pripomogel k pridobiti in prenosu novih znanj.

ANG

Project's research results clearly dictate the need for further numerical analyses in the field of nanotechnology, e.g.:

- comparison of theoretical models for thermo-physical properties of nanofluids and analysis of their suitability/ appropriateness;
- analysis of the evaporation of aerosol droplets, solvent diffusion and determination of the optimal temperature conditions during the continuous production of nanoparticles for medical use.

Consequently, Au nanoparticles are being intensively studied for their effects on health. Nanoparticles also represent unique environmental and social challenges, particularly in relation to toxicity.

Research in the framework of the project 'Production technology of Au nanoparticles' has contributed to the further development and upgrading of the production of Au nanoparticles, especially in Slovenian industrial companies Zlatarna Celje d.d. and Tren d.o.o., and this brought new potentials in the development and production of Au nanoparticles to both companies. The project also connected researchers from Europe (Slovenia, Germany) and the Balkan countries (Serbia) and thus contributed to acquire and transfer of new knowledge.

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

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

Cilj		
F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen

	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE

	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	V celoti <input type="text"/>
F.19	Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.20	Ustanovitev novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.21	Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.22	Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.25	Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.26	Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev	

	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.28	Priprava/organizacija razstave	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.29	Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	V celoti <input type="text"/>
F.31	Razvoj standardov	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih <input type="text"/>
F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.33	Patent v Sloveniji	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

Komentar

Industrijska partnerja Zlatarna Celje d.d. in Tren d.o.o. sta na osnovi projekta L2-4212 okrepila svoje "inovacijske zmogljivosti" in evidentno prispevala k razvoju lastnih novih izdelkov na osnovi novih nano-tehnologij in izdelkov (Au-nano delci kot primer medicinskih izdelkov z visoko dodano vrednostjo). Sofinancerja projekta sta namreč pomembna dobavitelja različnih izdelkov iz plemenitih kovin, delujeta pa tudi na področju trajnostnih tehnologij. Industrijska partnerja želita na osnovi realiziranega aplikativnega projekta raziskati svoje potencialne pri nadaljnjem razvoju in proizvodnji Au nano-delcev, ter primerjati lastnosti teh proizvodov z lastnostmi izdelkov konkurentov. Na podlagi teh raziskav sta pridobila informacije, s katerimi bo možno ustrezno informirati kupce/porabnike o smotrnosti (ne)uporabe Au-nano delcev v različnih aplikacijah.

11.Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva! Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visokošolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo: specializacija	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.12.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.03.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01	Dvig kvalitete življenja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.06.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07	Razvoj družbene infrastrukture					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.04.	Drugo: Recikliranja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.09.	Drugo: Toksičnost Au nanodelcev	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	

Komentar

Zelo pomembna naloga tega projekta je bila namenjena "ne-komercialnemu" izkoriščanju, torej razširjanju rezultatov in spoznanj projektnih aktivnosti. Posebni cilji so tako bili spodbujanje izmenjave znanja, večja ozaveščenost javnosti, preglednost in izobraževanje o nanotehnologijah. Učinkovit pretok informacij in obveščanje javnosti o ciljih in rezultatih našega dela, prispevki za nacionalno kot tudi evropsko znanje in znanstveno odličnost, vrednost sodelovanja na evropski ravni in koristi za državljane EU, so prikazani v številnih:

- Poročilih, sporočilih za javnost;
- Izvedenih izobraževanjih in konferencah
- Znanstvenih člankih, zbornikih konferenc.

12.Pomen raziskovanja za sofinancerje¹¹

		Sofinancer		
1.	Naziv	Zlatarna Celje d.d.		
	Naslov	Kersnikova ulica 19, 3000 Celje		
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	87.474	EUR	
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:	21	%	
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja			Šifra
		1.	RUDOLF, R, MAJERIČ, P. Ultrazvočna razpršilna piroliza za proizvodnjo materialov = Ultrasonic spray pyrolysis in materials production : ID 862. V: METERC, Irena (ur.). Z idejo do odriava. 2014	E.01
	2.	MAJERIČ, Peter, RUDOLF, Rebeka, ČOLIĆ, Miodrag, FRIEDRICH, Bernd. Zlati nanodelci - orodje prihodnosti. IRT 3000, ISSN 1854-3669, feb. 2013, letn. 8, št. 43 (1), str. 32-33.	F.06	
	3.	TOMIĆ, OGRINC, RUDOLF, PELICON, ANŽEL, RUPNIK, ĐOKIĆ, et al. Size-dependent effects of gold nanoparticles uptake on maturation and antitumor functions of human dendritic cells in vitro. PloS one, ISS	A.01	

	4.	RUDOLF Rebeka, DAAD usposabljanje A/13/03555 na RWTH Aachen IME Institute- oktober 2013	F.13
	5.	BOGOVIC, Jelena. Synthesis of the oxide and metal/oxide nanoparticles by the Ultrasonic Spray Pyrolysis: degree of doctor of engineering. [Aachen: J. Bogovic], 2014. V.	D.09
Komentar	<p>Zlatarna Celje d.d. kot sofinancer aplikativnega projekta L2-4212: "Tehnologija izdelave Au nanodelcev" izjavlja, da je delo na projektu potekalo skladno s programom. Podjetje je na osnovi pridobljenih znanj v okviru projekta prijavilo inovacijo (Ultrazvočna razpršilna piroliza za proizvodnjo materialov) na agencijo Spirit Slovenija, katera je bila uvrščena med najboljše, s čimer je bila pridobljena pravica do predstavitve inovacije na 9. Slovenskem forumu inovacij. Ta forum je osrednji nacionalni poslovni dogodek na temo inovativnosti in podjetništva, ki je potekal med 12. in 13. novembrom 2014 v Cankarjevem domu v Ljubljani.</p> <p>Predstavitev inovacije: Zlatarna Celje d.d. skupaj z avtorji (vodja projekta doc.dr. Rebeka Rudolf in MR Peter Majerič) in drugimi partnerji načrtuje postavitev pilotne prototipne ultrazvočne razpršilne pirolize (USP) naprave, ki bo delovala v nadzorovanem industrijskem okolju. Naprava bo namenjena izključno študiju procesa za proizvodnjo nanodelcev zlata in drugih plemenitih kovin, kar bo omejilo možnosti kontaminacije materiala. Predvidena je vertikalna geometrija, s čimer naj bi bil omogočen boljši nadzor nad posameznimi fazami procesa. Cilj je pridobiti sferične nanodelce. Inovacija je v ločenem vnosu plina, ki omogoča sušenje kapljic pred reagiranjem s plinom in s tem pridobivanje nanodelcev zlata enake geometrije.</p>		
Ocena	<p>Ocena realizacije projekta je pozitivna in skladna s pričakovanji. Na osnovi pridobljenega znanja smo v podjetju pristopili k strateškemu razvoju, ki se tiče uvajanja nanotehnologije kot nov proizvodni program Zlatarne Celje d.d. Podjetje se bo skupaj s partnerji prijavilo tudi na evropski razpis: Call for Nanotechnologies, Advanced Materials and Production - Nanomedicine therapy for cancer, kjer so predvideni nosilci zdravil prav v tem projektu razviti Au nanodelci.</p>		
2.	Naziv	Primož Ternik zasebni raziskovalec	
	Naslov	Bresterniška ulica 163, 2354 Bresternica	
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	22.875	EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:	5	%
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja	Šifra	
	1.	Ternik, P., Rudolf, R. Heat transfer enhancement for natural convection flow of water-based nanofluids in a square enclosure.	A.01
	2.	Ternik, P., Rudolf, R., Žunič, Z. Numerical study of Rayleigh-Bénard natural-convection heat-transfer characteristics of water-based Au nanofluids.	A.01
	3.	Ternik, P., Rudolf, R. Laminar natural convection of non-Newtonian nanofluids in a square enclosure with differentially heated side walls.	A.01
	4.	Ternik, P., Rudolf, R. Conduction and convection heat transfer characteristics of water-based Au nanofluids in a square cavity with differentially heated side walls subjected to constant temperatures.	A.01
		Ternik, P., Rudolf, R. Laminar forced convection	

	5.	heat transfer characteristics from a heated cylinder in water based nanofluids.	A.01
Komentar	<p>Ternik Primož-Zasebni raziskovalec, kot sofinancer aplikativnega projekta "Tehnologija izdelave Au nanodelcev" izjavlja, da je delo na projektu potekalo skladno z zastavljenim programom. V sodelovanju s projektnimi partnerji smo numerično obravnavali prenos gibalne količine in toplote v newtonskih kot tudi nenewtonskih nanotekočinah. Multidisciplinarna interpretacija numeričnih rezultatov nakazuje, da dodajanje nanodelcev v nosilno (tako newtonsko kot nenewtonsko) tekočino zakasni nastop konvektivnega prenosa toplote in da, v nasprotju s trditvami ostalih avtorjev, uporaba nanotekočin lahko tudi zmanjša prenos toplote.</p> <p>Z multidisciplinarno obravnavo tokovnih in toplotnih pojavov v nanotekočinah smo dosegli izredno kvalitetne znanstvene rezultate, kar izkazujemo s 6 izvirnimi znanstvenimi članki (objavljenimi v obdobju 01.07.2011-30.06.2014) ter 17 čistimi citati le-teh.</p>		
Ocena	<p>Ocena realizacije projekta je pozitivna in skladna s pričakovanji. Na osnovi pridobljenega znanja in opravljenega dela celotne projektne skupine smo še povečali mednarodno prepoznavnost ter dosegli aplikativen prenos rezultatov dela. V okviru projekta pridobljeni raziskovalni rezultati tako narekujejo nadaljnje možnosti oz. potrebe za numerične raziskave na področju nanotehnologije, npr.:</p> <p>(a) primerjava teoretičnih modelov za opis termo-fizikalnih lastnosti nanotekočin in analiza njihove primernosti;</p> <p>(b) analiza izhlapevanja kapljic aerosola, difuzije topljenca in določitev najugodnejših temperaturnih pogojev pri kontinuirni proizvodnji nanodelcev za medicinske namene.</p>		
3.	Naziv	RWTH Aachen, IME Institute	
	Naslov	Intzestr. 3, 52072 Aachen, Germany	
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	17.577	EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:	4	%
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja	Šifra	
	1.	R RUDOLF, B FRIEDRICH Size-dependent effects of gold nanoparticles uptake on maturation and antitumor functions of human dendritic cells in vitro. PloS one, ISSN 1932-6203, 2014, vol. 9, no. 13.	A.01
	2.	MAJERIČ, Peter, RUDOLF, Rebeka, FRIEDRICH, Bernd. Možnosti za izdelavo Au nanodelcev. IRT 3000, ISSN 1854-3669, jun. 2014, letn. 9.	F.01
	3.	RUDOLF, Rebeka. New approaches by USP synthesis V: Book of abstracts. Belgrade, Serbia: Balkan Stomatological Society - BaSS: 2014.	B.04
	4.	MAJERIČ P, ANŽEL I, STOPIĆ S, FRIEDRICH B, RUDOLF R. Controlled nanoparticle synthesis with USP. V: 14th International Foundrymen Conference, Opatija, 15.-16.5.2014	B.03
	5.	TEACHING STAFF MOBILITY« /STA/ ERASMUS 2013/2014: RUDOLF R, MAJERIČ P, BOGOVIĆ J	F.17
		RWTH Aachen, IME Institute kot sofinancer aplikativnega projekta "Tehnologija izdelave Au nanodelcev" izjavlja, da je bilo delo na projektu skladno z njihovimi pričakovanji. Na osnovi mednarodnega sodelovanja je bilo v letih 2011-2014 izvedenih več mednarodnih	

	Komentar	izmenjav med raziskovalci projektnih skupin Slovenije in Nemčije. V okviru doktorskega usposabljanja je MR Peter Majerič opravil del raziskav v terminu od 15.6.-15.9.2014 na IME Aachen; kot somentor je predviden tudi prof.dr. Bernd Friedrich. V novembru 2014 pa je uspešno ubranila svoj doktorat Jelena Bogović na RWTH Aachen, kjer je bila komentor dr. R. Rudolf.		
	Ocena	Ocena projekta je glede na to, da partner RWTH Aachen ni bil predviden v začetni fazi kot aktiven sofinancer, odlična. Obeta se nadaljevanje skupnih raziskovalnih projektov na temo sinteze nanodelcev z USP metodo. V tem trenutku tečejo priprave projektne dokumentacije za postavitev prve - pionirske linije USP sinteze na scale-up nivoju v Zlatarni Celje d.d.		
4.	Naziv	Magneti Ljubljana d.d.		
	Naslov	Stegne 37, 1000 Ljubljana		
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	8.640	EUR	
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:	2	%	
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		Šifra	
		1.	TOMIĆ,S., RUDOLF,R., BRUNČKO,M., ANŽEL,I., SAVIĆ,V., ČOLIĆ,M. Response of monocyte-derived dendritic cells to rapidly solidified nickel-titanium ribbons with shape memory properties. Eur.cells 2012.	A.01
		2.	BRUNČKO, Mihael, RUDOLF, Rebeka, KOSEC, Borut, ANŽEL, Ivan. Vacuum carburizing of steels. TTEM. Tech. technol. educ. manag., 2012, vol. 7, no. 4, str. 1516-1521.	A.01
		3.	BRUNČKO, M., KOLAR, D., RUDOLF, R., KNEISSL, AC., ANŽEL, I. Metallographic examinations of oxidation products formed during high temperature oxidation of X12Cr13 stainless steel. 46. Metallographie-Ta	B.03
		4.	Uvedba nano-tehnologije na področju izdelave magnetov	F.02
		5.	Prenos znanja karakterizacije kovinskih nanomaterialov za uporabo na industrijskem nivoju (elektronska mikroskopija, meritev električne prevodnosti idr.)	F.17
	Komentar	Podjetje Magneti Ljubljana d.d. kot sofinancer aplikativnega projekta "Tehnologija izdelave Au nanodelcev" izjavlja, da je delo na projektu L2-4212 potekalo skladno s programom. Na osnovi pridobljenih znanj bo podjetje v naslednjem obdobju poskušalo prenesti del znanja iz nanotehnologije na sorodna področja dosedanjega delovanja (magneti, idr.).		
	Ocena	Ocena projekta je pozitivna in dobra ter daje osnovo za nadaljnje sodelovanje.		
5.	Naziv	Tren d.o.o.		
	Naslov	Vodovodna ulica 30B, 2000 Maribor		
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	13.500	EUR	
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:	3	%	
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		Šifra	
			RUDOLF, R., ANŽEL, I., STOPIĆ, S., FRIEDRICH, B.,	

	1.	ČOLIĆ, M.. Gold nanoparticles - properties, synthesis and application. (1 MME SEE 2013), Belgrade, Serbia.	B.04
	2.	MAJERIČ, Peter, RUDOLF, Rebeka, ČOLIĆ, Miodrag, FRIEDRICH, Bernd. Zlati nanodelci - orodje prihodnosti. IRT 3000, ISSN 1854-3669, feb. 2013, letn. 8, št. 43 (1), str. 32-33.	A.01
	3.	MAJERIČ, Peter, RUDOLF, Rebeka. Možnosti za izdelavo nanodelcev zlata. IRT 3000, ISSN 1854-3669, okt. 2014, letn. 9, št. 3 (51), str. 30-31.	F.07
	4.	RUDOLF, R. Priprava dokumentacije za uspešno pridobitev nepovratnih sredstev na razpisih za razvojne projekte: predavanje, delavnica (PAZU), 2013 Murska Sobota	F.34
	5.	RUDOLF, Rebeka. Predavanje, konferenca "Transfer tehnologija i znanja iz naučno-istraživačkih organizacija u mala i srednja preduzeća", V Savetovanje - Vrtnik - 28.VIII - 1.IX 2012	B.04
Komentar	Podjetje Tren d.o.o. kot sofinancer aplikativnega projekta "Tehnologija izdelave Au nanodelcev" izjavlja, da je delo na projektu v letih 2011-2014 potekalo skladno s programom. Podjetje je na ta način dobilo potrebna nova znanja s področja nanotehnologij, ki jih bo s pridom uporabilo pri širjenju svoje dejavnosti pri izdelavi avtomobilskih delov.		
Ocena	Ocena projekta je pozitivna in dobra.		
6.	Naziv	Gorenje d.d.	
	Naslov	Partizanska 12, 3320 Velenje	
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	1.708	EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:	1	%
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja	Šifra	
	1.	TERNIK, Primož, RUDOLF, Rebeka, ŽUNIČ, Zoran. Numerical study of Rayleigh-Bénard natural-convection heat-transfer characteristics of water-based Au nanofluids.	A.01
	2.	MAJERIČ, Peter, RUDOLF, Rebeka, ČOLIĆ, Miodrag, FRIEDRICH, Bernd. Zlatne nanočestice - alat budućnosti. IRT 3000, ISSN 1846-5951, ožujak 2013, god. 7, št. 22 (1), str. 100-102.	F.06
	3.	HAO, J., STOPIĆ, Srečko, FRIEDRICH, Bernd, RUDOLF, Rebeka, et al. Mechanism of gold nanoparticle formation by reduction from aqueous solutions. V: European Metallurgical Conference, Emc 2013.	B.03
	4.	RUDOLF Rebeka, DAAD usposabljanje A/13/03555 na RWTH Aachen IME Institute- oktober 2013	B.05
	5.	RUDOLF, R., TOMIĆ, S., ANŽEL, I., ČOLIĆ, M.. Gold nanoparticles: lecture presented at the ICMAT, 7th International Conference on Materials for Advanced Technologies, 30.6.- 6.7.2013, Singapore	B.04
	Gorenje d.d. kot sofinancer aplikativnega projekta "Tehnologija izdelave Au nanodelcev" izjavlja, da je delo na projektu potekalo skladno s programom. Na ta način je podjetje pridobilo prepotrebna		

Komentar	znanja za sintezo nanodelcev, ki vstopajo na različna polja uporabnosti. Za izdelavo nanodelcev obstaja več tehnik izdelav v odvisnosti od končnih zahtevanih lastnosti produkta. S spreminjanjem kemijske sestave izhodne surovine (t.i. prekursorja) in parametrov procesa (v tem primeru USP- ultra zvočna piroliza) je možno enostavno spreminjati končne strukture izdelanih nanodelcev. To nam daje možnost preučevati morfologijo delcev, zato da dosežemo optimalne parametre izdelave zahtevanih nanodelcev za določene aplikacije. Prav tako nam ta proces omogoča povečanje proizvodnje iz laboratorijske na industrijsko raven.
Ocena	Ocena realizacije projekta je pozitivna in skladna s pričakovanji. Na osnovi pridobljenega znanja smo v podjetju pristopili k strateškemu razvoju, ki se tiče uvajanja nanotehnologije tudi na širšem področju delovanja Gorenja d.d.

13. Izjemni dosežek v letu 2014¹²

13.1. Izjemni znanstveni dosežek

Objava rezultatov v reviji American Scientific Publishers; Journal of biomedical nanotechnology; 2012; Vol. 8, no. 3; str. 528-538; z Impact Factor: 5.256

št. citatov (TC): 8, čistih citatov (CI): 6, normirano št. čistih citatov (NC): 2, Scopus do 4. 3. 2015: št. citatov (TC): 9, čistih citatov (CI): 6, normirano št. čistih citatov (NC): 2]

Povzetek:

Pripravili smo 5 različnih frakcij nanodelcev iz ostankov zlata z uporabo nove tehnologije t.i. ultrazvočne razpršilne pirolize (USP). Cilj te raziskave je bila karakterizacija mikrostrukture in citotoksičnosti nanodelcev skupaj z njihovimi imuno-modulatornimi lastnostmi. Rezultati raziskav so pokazali, da je obseg znižanja citotoksičnosti odvisen od sestave nanodelcev. Na ta način smo potrdili, da USP omogoča sintezo nanodelcev zlata, ki bi bili primerni za različne biološke aplikacije. V teh okvirih je bil razvit zanesljiv model za hitro in natančno oceno imuno-toksikoloških profilov teh nanodelcev.

13.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

Prijava inovacije Ultrazvočna piroliza za proizvodnjo nano-materialov na agenciji Spirit Slovenija je bila uvrščena med najboljše, s čimer je bila pridobljena pravica do predstavitve inovacije na 9. Slovenskem forumu inovacij -osrednji nacionalni poslovni dogodek na temo inovativnosti in podjetništva, ki je potekal med 12. in 13. novembrom 2014 v Cankarjevem domu v Ljubljani.

Predstavitev inovacije: Avtorja skupaj s partnerji načrtujeta postavitev pilotne prototipne USP naprave, ki bo delovala v nadzorovanem industrijskem okolju. Naprava bo namenjena izključno študiju procesa za proizvodnjo nanodelcev zlata, kar bo omejilo možnosti kontaminacije materiala. Predvidena je vertikalna geometrija, s čimer naj bi bil omogočen boljši nadzor nad posameznimi fazami procesa. Cilj je pridobiti sferične nanodelce zlata. Inovacija je v ločenem vnosu plina, ki omogoča sušenje kapljic pred reagiranjem s plinom in s tem pridobivanje nanodelcev zlata enake geometrije.

ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	L2-4101
Naslov projekta	Razvoj naprednih procesov za doseganje visoko učinkovitih nano modificiranih tekstilnih materialov
Vodja projekta	7814 Karin Stana Kleinschek
Tip projekta	L Aplikativni projekt
Obseg raziskovalnih ur	8429
Cenovni razred	
Trajanje projekta	07.2011 - 06.2014
Nosilna raziskovalna organizacija	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	106 Institut "Jožef Stefan" 276 Cinkarna, metalurško-kemična industrija, d.d. 1679 Industrijski razvojni center slovenske predilne industrije - IRSPIN 1942 JULON Proizvodnja poliamidnih filamentov in granulatov d.o.o.
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.14 Tekstilstvo in usnjarstvo 2.14.02 Tekstilna kemija
Družbeno-ekonomski cilj	13.02 Tehnološke vede - RiR financiran iz drugih virov (ne iz SUF)
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	2 Tehniške in tehnološke vede 2.05 Materiali

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

2. Povzetek raziskovalnega projekta¹

SLO

Veliko pozornost v zadnjih desetletjih na področju nanotehnologije je pritegnil titanijev dioksid (TiO_2), predvsem zaradi njegovih odličnih fizikalno-kemijskih lastnosti, netoksičnosti in visoke odpornosti na toploto. Tekom projekta smo preučili in podrobno analizirali različne TiO_2 kristalne oblike, primerne za: i) trajno površinsko modifikacijo vlaknotvornih polimerov in ii) vključevanje v poliamidni filament, prednostno PA6 sodelujočega podjetja Julon. V podjetju Cinkarna Celje so sintetizirali anatazne in rutilne TiO_2 nanodelce, ki so jih oplaščili z različnimi anorganskimi oksidi (shell), z namenom povečanja adhezije in zmanjšanja fotokatalitične aktivnosti TiO_2 . Pripravili so več stabilnih vodnih disperzij z vključenimi TiO_2 -hibridi, pri čemer so uspešno rešili več problemov in sicer, kako zmanjšati aglomeracijo delcev ter na kakšen doseči enakomerno oplaščenje s siliko v vodnem mediju. Strukturo in velikost optimalnih TiO_2 -hibridov smo preučevali s SEM, TEM, DLS, FTIR in XPS analizami ter določanjem zeta potenciala. V Cinkarni so pripravili tudi več različnih polimernih koncentratov s TiO_2 nanodelci (masterbatch-e), ki so jih v Julonu vključili v predilno maso na sodobni predilni liniji. Preučili smo lokacijsko porazdelitev nanodelcev v preji (prečni in vzdolžni prerez), določili vsebnost TiO_2 , mehanske lastnosti in indeks porumenitve. V nadaljevanju smo razvili različne postopke površinske modifikacije surovinsko različnih tekstilnih materialov s TiO_2 -hibridi in tako izdelali več-funkcionalne tekstilije z izboljšanimi fizikalnimi, kemijskimi in specialnimi lastnostmi. Izbrane materiale smo predobdelali s plazmo z namenom povečanja vezave med nanodelci in materialom. Na sistemu smo variiirali razelektritveno moč, frekvenco generatorja, temperaturo in čas obdelave. Preučili smo tudi kompatibilnost aplikacije posameznih koloidnih disperzij s standardnimi postopki barvanja. Materiale smo natančno okarakterizirali pred in po različnih obdelavah z metodami kot so SEM, FTIR, difuzna refleksijska spektroskopija, merjenje beline in barve, merjenjem fizikalno-mehanskih lastnosti, merjenjem stičnega kota s tenziometrijo in goniometrijo, itd. Preučili smo trajnost nanosa (učinkovitost vezanja) TiO_2 -hibridov po večkratnem pranju tekstilij, kakor tudi vpliv UV svetlobe na spremembo barve in morebitne poškodbe površine zaradi katalitičnega učinka TiO_2 . Nazadnje smo analizirali še UV zaščitne lastnosti (zelo dobra UV absorpcijska sposobnost nano TiO_2), protioksidativne, protimikrobne in samočistilne lastnosti tekstilnih materialov (bledenje madežev rdečega vina in pese, zaradi nastanka hidroksilnih radikalov pod vplivom intenzivnega UV obsevanja ali sončne svetlobe) modificiranih s TiO_2 core-shell nanodelci kakor tudi njihovo biorazgradljivost.

ANG

Significant attention in the past decades on the field of nanotechnology has attracted to the titanium dioxide (TiO_2), because of its excellent physicochemical properties, non-toxicity and good heat resistance. During the project, a wide variety of TiO_2 crystalline structures were studied and fully analyzed, suitable for: i) permanent surface modification of fibre-forming polymers and ii) admixture into polymer filament, preferentially polyamide 6 of the Julon collaborating company. Various anatase and rutile TiO_2 nanoparticles were synthesized in company Cinkarna Celje, and which were furthermore coated with different inorganic oxides (shell) with an aim to enlarge adhesion and to reduce TiO_2 photo-catalytic activity. They prepared several stable water dispersions including TiO_2 -hybrides and herein, successfully solved different problems, i.e. how to minimize agglomeration and to obtain uniform silica layers in aqueous environment. The structure and size of the optimal TiO_2 -hybrids were studied by SEM, TEM, DLS, FTIR and XPS analyses, and determination of zeta potential. Also, several polymeric concentrates with TiO_2 nanoparticles (masterbatch) were prepared by Cinkarna, and they were added into polymer spinning mass on contemporary spinning line. Herein, the local distribution of nanoparticles in the yarn was investigated (transverse and longitudinal section), the content of TiO_2 determined as well as yarns' mechanical properties and yellowing index. Additionally, different procedures were developed for surface modification of structurally-diverse textile materials by TiO_2 -hybrides and thus, developing multi-functional textiles with improved physical, chemical and special properties. Selected materials were pre-treated with plasma in order to increase bonding ability between nanoparticles and materials. On the plasma system, several parameters were varied, i.e. the discharge power, generator frequency, temperature and treatment time. In addition, the compatibility of individual colloid dispersion application with standard dyeing procedures was carried-out. Materials were fully characterized before and after treatment with different techniques such as SEM, FTIR, diffuse reflectance spectroscopy, measurement of whiteness degree and colour, measurement of physical-mechanical properties, measurement of water contact angle using tensiometry and goniometry, etc. Also, the durability of TiO_2 -hybrides after several launderings was evaluated as well as the influence of UV light on colour changes and possible surface damages on account of TiO_2 catalytic effect. Finally, UV protective properties (superior UV absorption ability of nano TiO_2), antioxidative, antimicrobial and self-cleaning capacity of textile materials (fading of red wine and red bed stains on account of hydroxyl radicals generated under intensive UV or solar irradiation) modified by TiO_2 core-shell nanoparticles, as well as its biodegradability.

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu²

Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega projekta (12000 znakov)

Globalni trendi v tekstilni industriji so usmerjeni v razvoj in proizvodnjo tekstilnih materialov z visoko dodano vrednostjo, ki imajo **večfunkcionalne lastnosti** kot so dobre mehanske lastnosti, protibakterijske lastnosti, odpornost proti umazaniji, antistatične in UV-zaščitne lastnosti, samočistilne lastnosti, itd., ki so povezane z zdravjem ljudi in njihovim udobjem.

Namen projekta je bil v sintetizirati TiO_2 oplaščene nanodelce ter razviti in optimizirati primerno tehnologijo za:

- i) trajno površinsko modifikacijo različnih vlaknotvornih polimerov in
- ii) vključevanje v poliamidni filament, prednostno PA6 sodelujočega podjetja Julon, ne da bi vplivali na poslabšanje fizikalno-mehanskih lastnosti (pretržna trdnost, elastičnost, zračna prepustnost, otip, itd.) in sorpcijskih lastnosti.

Izvedba projekta je potekala skladno s predvidenimi štirimi delovnimi sklopi po posameznih aktivnostih glede na zastavljene cilje programa raziskovalnega projekta.

Na osnovi pregleda relevantne znanstvene in strokovne literature ter analize obstoječega stanja na področju funkcionalizacije tekstilnih materialov s TiO_2 nanodelci, so strokovnjaki podjetja Cinkarna Celje (v **prvem delovnem sklopu**), v industrijskem merilu sintetizirali TiO_2 nanodelce po postopku sol-gel iz meta-titanove kisline, ki je stranski proizvod sulfatnega sinteznega postopka pri proizvodnji TiO_2 pigmenta. Za modifikacijo tekstilnih materialov so najprej pripravili sedem različnih nevtralnih (pH7) in stabilnih koloidnih disperzij z rutilnimi TiO_2 nanodelci, ki so jih oplaščili z različnimi anorganskimi oksidi v različnih koncentracijah po postopku mokrega obarjanja: rutilni TiO_2 nanodelci oplaščeni s 3, 5 ali 10% SiO_2 , 3% Al_2O_3 , kombinacijo 1% SiO_2 /3% Al_2O_3 , kombinacijo 3% Fe_2O_3 /5% Al_2O_3 , dopirani z Mn in oplaščeni s 3% Al_2O_3 . Naknadno so pripravili še tri stabilne disperzije z različnim pH (pH7 in pH1) in različno vsebnostjo TiO_2 nanodelcev, ki so bili v anatazni monokristalini in polikristalini obliki. Vse koloidne disperzije smo analizirali glede na morfologijo in strukturo nanodelcev, velikost, kemijsko sestavo površine delca in njegov naboj, itd. z uporabo različnih analitskih metod kot so SEM, TEM, DLS, XPS, meritvami UV/Vis absorbance in Zeta potenciala v odvisnosti od pH. Vse disperzije so imele absorpcijski maksimum v UV področju; jakost absorpcije in valovna dolžina absorpcijskega maksimuma pa sta bili odvisni od tipa in vsebnosti TiO_2 . V nadaljevanju so v Cinkarni sintetizirali več različnih polimernih koncentratov z rutilnimi ali anataznimi TiO_2 nanodelci (masterbatch-e) z odpornostjo na visoke strižne napetosti in temperaturno-tlačne obremenitve) za vgradnjo delcev v predilno maso vlaknotvornih polimerov PA6 podjetja Julon.

V **drugem delovnem sklopu** smo površino tekstilij modificirali/aktivirali s plazma obdelavo na Inštitutu Jozef Stefan (projektni partner). Plazma, kot okolju in uporabniku prijazna alternativna tehnologija, omogoča prilagojeno molekularno preoblikovanje površine materialov, ne da bi spremenili osnovne strukturne lastnosti ali videz materiala. Izbrali smo tri različne tekstilne materiale: PES, PA in bombaž in jih obdelali s kislikovo plazmo z namenom doseganja hidrofilnosti ter s CF_4 plazmo za doseganje hidrofobnosti. Glede na vrsto materiala smo sistem optimizirali; variirali smo razelektritveno moč (med 100 in 1000 W), frekvenco generatorja (12.56 ali 27.12 MHz), kinetično temperaturo nevtralnega plina v komori (med 300 in 500 K), čas plazemske obdelave (15 s, 30 s, 1 min in 4 min). Materiale smo natančno okarakterizirali pred in po obdelavi s plazmo z merjenjem fizikalno mehanskih lastnosti, kemijskih sprememb na površini z uporabo ATR-FTIR spektroskopije ter meritvami stičnega kota. Plazma obdelava ima največji vpliv na PES vzorce, kjer daljši čas plazma obdelave vpliva na hitrejše in večje navzemanje vode ter večjo hidrofilnost (stični kot je manjši). Med bombažnimi plazma predobdelanimi vzorci in referenco ni bistvenih razlik.

V **tretjem delovnem sklopu** smo razvili postopke aplikacije različnih koloidnih disperzij z vključenimi TiO₂ core-shell nanodelci na, po surovinski sestavi, različne tekstilne materiale poliamid, poliester, bombaž in različne mešanice bombaž/poliester. Stabilne TiO₂ koloidne disperzije smo nanašali na material po optimiziranih eno-kopelnih postopkih impregniranja in izčrpavanja. Pri postopkih smo spreminjali koncentracijo TiO₂ paste, vrsto in količino kemikalij in pomožnih sredstev v obdelovalni kopeli, temperaturo in čas sušenja. Površino modificiranih tkanin smo okarakterizirali s SEM, ATR-FTIR spektroskopijo, določanjem difuznega refleksijskega profila, meritvami stičnega kota ter meritvami belin po CIE. Preučili smo tudi trajnost nanosa (učinkovitost vezanja) TiO₂-hibridov po večkratnem pranju tekstilij. Iz dobljenih rezultatov smo zaključili, da večji in bolj enakomeren nanos dosežemo s postopki izčrpavanja, kjer je material daljši čas izpostavljen nanodelcem, pri čemer večja koncentracija paste na težo materiala pomeni tudi večji nanos TiO₂. PES vlakna po nanosu vseh TiO₂ past postanejo zelo hidrofilna v primerjavi z neobdelanimi, ki so hidrofobna.

V nadaljevanju smo ugotavljali kompatibilnost barvalnega postopka in dodanih kemikalij z nanosom TiO₂ hibridov za izbrane (tudi s plazmo predobdelane) tekstilne materiale. Za PES smo izbrali tri disperzna barvila, za PA tri kislila barvila in za bombaž tri reaktivna barvila, vsa barvila v dveh koncentracijah. Sestava barvalnih kopeli in postopki barvanja so potekali po v skladu s priporočili proizvajalca barvil. Vse vzorce smo barvnometrično ovrednotili in določili barvne razlike glede na obarvane (nemodificirane) vzorce v CIE barvnem prostoru. Iz rezultatov smo zaključili, da dodatek TiO₂ past precej spremeni barvni ton, nasičenost in svetlost odvisno od vrste in količine TiO₂ nanodelcev v pasti ter od vrste in koncentracije barvila.

Predenje poliamidnih filamentnih prej z vključenimi TiO₂ nanodelci je potekalo v industrijskem merilu v podjetju Julon na sodobni predilni liniji za proizvodnjo delno orientirane preje, ki je bila pred kratkim predelana in opremljena z galetami za uravnavanje napetosti. V Julonu so izdelali več različnih filamentnih poliamidnih prej (različna oblika prereza, število filamentov, titer preje ter vrsta in količina TiO₂ delcev). Analizirali smo fizikalno-mehanske lastnosti prej kot so raztezek, elastični modul, pretržni raztezek, žilavost, itd., določili ostanek pepela in vsebnost TiO₂. Preučili smo tudi lokacijsko porazdelitev nanodelcev v preji (prečni in vzdolžni prerez). Iz prej s TiO₂ vključenimi nanodelci so v Julon-u izdelali nogavice, ki so jih izpostavili temperaturam 160-199°C in UV sevanju ter določali indeks porumenitve in belino vzorcev. Ugotovili so, da so imeli vzorci z vključenimi nanodelci manjšo belino oz. večjo porumenitev od standarda. V prejo so poleg TiO₂ vključili tudi vijolično barvilo ter vzorce barvnometrično ovrednotili ter merili UV prepustnost. Ugotovili so, da so vzorci obdelani s TiO₂ manj nasičeni, vendar nekoliko temnejši. Spremeni se tudi barvni ton v odvisnosti od vrste in količine TiO₂ nanodelcev v preji.

V **četrtem delovnem sklopu** smo ovrednotili funkcionalno učinkovitost TiO₂ modificiranih vlaknotvornih polimernih materialov, z določanjem UV zaščitnih lastnosti, samočistilne sposobnosti, antimikrobnih in antioksidativnih lastnosti. UV zaščitne lastnosti smo merili po standardu AS/NZS 4399-1996 v območju 290-400 nm z uporabo UV-Vis metode ter izračunali ultravijoličnega zaščitnega faktorja (UZF). V nadaljevanju smo izbrane vzorce nekajkrat oprali in ponovno ovrednotili. Z nanosom TiO₂-hibridov dosežemo UZF več kot 40, kar pomeni odlične UV zaščitne lastnosti tkanin. Pri vzorcih obdelanih s kombinacijo plazme in nanosom TiO₂ disperzij dosežemo višje UZF vrednosti kot v primerjavi z vzorci, ki so bili obdelani samo s TiO₂. Izbranim vzorcem določili samočistilno sposobnost tako, da smo vzorce umazali z rdečim vinom in rdečo peso. Nato smo jih obsevali z dvema viroma svetlobe: z direktno dnevno svetlobo (29 dni) in umetno svetlobo v svetlobni komori (kombinacija 4 UVA in 4 UVB žarnic), 4 dni. Madeže smo spektrofotometrično merili pred in po obsevanju (refleksijske krivulje) ter določili jakost razbarvanja (K/S vrednosti) pri refleksijskem minimumu za posamezen madež. Najboljše razbarvanje (do 85%) smo dosegli na tkanini obdelani s kislno disperzijo polikristalinih TiO₂ nanodelcev, odvisno od časa in vrste obsevanja ter vrste madeža. Dinamični stresalni testi za določanje protimikrobnih lastnosti na bakteriji *Escherichia coli* in *Staphylococcus aureus* so bili izvedeni na Zavodu za zdravstveno varstvo Maribor po standardu ASTM E 2149-10.

Končni cilj raziskave, ki smo ga tudi uspešno realizirali je bil razviti in optimizirati industrijsko uporabne postopke trajnega nanosa različnih TiO₂ nanodelcev na/v (po surovinski sestavi) različne vlaknotvorne polimerne materiale in tako posledično izdelati materiale z večfunkcionalnimi lastnostmi, ki omogočajo visoko stopnjo gospodarske rasti.

Predstavljen projekt je povezal različne industrijske panoge (kemijsko, polimerno in tekstilno) z močno znanstveno bazo in na tak način doprinesel k uspešnemu sodelovanju in tehnološkim izboljšavam različnih nano-struktur ter njihovih aplikacij v prihodnjosti, glede na namen uporabe. Praktično predstavlja raziskava korak v smeri sinteze novih produktov (Cinkarna Celje) in razvoja novih poliamidnih filamentov (Julon) za specialna področja uporabe ter s tem širitve ponudbe izdelkov obeh podjetij ter povečanje tržnega deleža v segmentu visoko cenovno in tehnološko zahtevnih izdelkov v Sloveniji in na mednarodnem tržišču.

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

V našem delu **smo izvedli vse aktivnosti ter realizirali zastavljene raziskovalne cilje predvidene v okviru trajanja projekta**. Raziskovalno delo smo izvajali glede na organizacijsko shemo projekta. V okviru projekta smo:

- Nadgradili obstoječe znanje o lastnostih in uporabi različnih vlaknotvornih polimernih materialov;
- Pridobili nova znanja o funkcionalizaciji vlaknotvornih polimerov s TiO₂ nanodelci;
- Sintetizirali TiO₂ nanodelce z želenim tipom kristalne strukture za: i) trajno površinsko modifikacijo tekstilij in ii) vključevanje v polimerno matrico pred izpredanjem;
- Izbrali in predobdelali različne vlaknate materiale s plazma obdelavo namenom povečanja sposobnosti vezanja nanodelcev predvsem na inertne sintetične materiale;
- Razvili več industrijsko uporabnih postopkov za obstojen nanos različnih TiO₂ core-shell nanodelcev na različne vlaknotvorne polimerne materiale;

- Okarakterizirali s TiO₂ hibridi modificirane materiale;
- Preučili na novo pridobljene funkcionalne lastnosti;
- Objavili dobljene rezultate v svetovno odmevnih revijah in na mednarodnih konferencah.

Uspešnost površinske funkcionalizacije, kakor tudi uspešnost **vkjučevanja v polimerno matrico**, je bila odvisna predvsem od sinteze transparentnih TiO₂ (core-shell) nanodelcev glede na zelene funkcionalne lastnosti materiala, kot tudi razvoja postopka njihove trajne aplikacije. V raziskavi smo uporabili izbrane tekstilne materiale izdelane iz naravnih in sintetičnih vlaken ter njihovih mešanic. Za povečanje sposobnosti vezanja smo uporabili plazemsko tehnologijo.

Tekom predstavljenega projekta smo razvili različne aplikacijske tehnike za **trajno površinsko modifikacijo** različnih tekstilnih materialov z TiO₂ nanodelci. Pri tem smo preučili vpliv različnih procesnih parametrov in dodatkov različnih barvil, pomožnih sredstev in/ali aditivov na količino in egalnost nanosa nanodelcev z namenom optimiziranja postopka plemenitenja. Učinkovitost razvitih postopkov smo preučili pred in po večkratnem pranju glede na mehanizem vezave, površinsko aktivnost in morfološke lastnosti, kot tudi novo dobljene funkcionalne lastnosti. **Predenje** PA6 in PA 6,6 preje z vključenimi TiO₂ core-shell delci je potekalo v sodelujočem podjetju Julon s pomočjo dozirnih ekstrudorjev, ki so bili posebej razviti za tovrstno aplikacijo. Pri tem smo preučili interakcije med izbranimi delci in polimerom ter izvedli reološke meritve in ocenili notranje viskoelastične lastnosti polimerov z dodano različno koncentracijo delcev.

S trajno aplikacijo TiO₂ nanodelcev smo razvili in izdelali visoko učinkovite nano-modificirane multifunkcionalne tekstilne materiale; povečali smo predvsem zaščito pred UV sevanjem, hidrofilnost/hidrofobnost, samočistilno sposobnost, kot tudi antimikrobne in antioksidativne lastnosti, ne da bi vplivali na poslabšanje fizikalno-mehanskih lastnosti (pretržna trdnost, elastičnost, zračna prepustnost, otip, itd.).

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

V okviru projektne skupine v letu 2014 ni prišlo do sprememb programa raziskovalnega projekta. Projekt je bil v zadnje pol leta trajanja izveden v skladu z raziskovalnimi cilji.

Spremembe, ki so nastale so povezane s sestavo projektne skupine in sicer:

V RO: 0276 – Cinkarna, se je črtala raziskovalka Vida Planinšek (13923), saj je odšla v pokoj, njene ure je prevzela Nika Veronovski (25796).

V RO: 0795 – UM Fakulteta za strojništvo, se je črtal Aleš Doliška (17577), saj ni bil več zaposlen na FS, ure smo prenesli na ostale raziskovalce.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁵

Znanstveni dosežek	
1.	COBISS ID 24572711 Vir: COBISS.SI
	Naslov <i>SLO</i> Interakcija vodikove plazme z ogljik-volframovim kompozitnim slojem
	<i>ANG</i> Interaction of hydrogen plasma with carbon-tungsten composite layer
	V izvirnem znanstvenem članku je bila predstavljena interakcija nevtralnih vodikovih atomov s kompozitnim slojem hidrogeniranega

Opis	SLO	ogljik-volframa. Po nanosu 1 μm sloja C and WC v mešanici plina Ar/C2-H2 je bil vzorec obdelan z vodikovo plazmo. Nato smo vzorec analizirali z AES, XPS in SEM metodami. Iz rezultatov je razvidno, da pride med plazma obdelavo do jedkanja C-W sloja in po 10 minutni obdelavi zaznamo samo še volfram z veliko poroznostjo.	
	ANG	Interaction of neutral hydrogen atoms with the layer of hydrogenated carbon-tungsten composite was studied. A 1 μm thick layer was prepared by sputter deposition from C and WC-targets in Ar/C2-H2 gas mixture. After deposition the samples were treated in weakly ionized highly dissociated hydrogen plasma created in a microwave discharge at a power of 1 kW. The gas flow was 13 l/h and pressure was 90 Pa. Temperature of the samples during treatment was about 850 K. After plasma treatment the samples were analyzed by AES (Auger electron spectroscopy) depth profiling, XPS (X-ray photoelectron spectroscopy) and SEM (scanning electron microscopy). It was found that during hydrogen plasma treatment selective etching of the C-W layer occurred. Carbon was preferentially removed from the C-W layer, and after about 10 min of treatment practically only tungsten with a huge porosity was detected.	
Objavljeno v	North-Holland; Special issue on the International Conference Nuclear Energy for New Europe 2009, September 14 and 17, 2009, Bled, Slovenija; Nuclear Engineering and Design; 2011; Vol. 241, no. 4; str. 1255-1260; Impact Factor: 0.765; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.949; WoS: RY; Avtorji / Authors: Vesel Alenka, Mozetič Miran, Panjan Peter, Hauptman Nina, Klanjšek Gunde Marta, Balat-Pichelin Marianne		
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
2.	COBISS ID	16700438	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Generalizirana indirektna Fourier transformacija kot koristno orodje za strukturno karakterizacijo vodnih nanokristalinih celuloznih suspenzij z malokotno rentgensko analizo	
	ANG	Generalized indirect Fourier transformation as a valuable tool for the structural characterization of aqueous nanocrystalline cellulose suspensions by small angle X-ray scattering	
Opis	SLO	V izvirnem znanstvenem članku smo uporabili malokotno rentgensko analizo (SAXS) za karakterizacijo notranje strukture in oblike nanokristalinih celuloznih suspenzij z generalizirano Fourier transformacijo (GIFT). Uporaba GIFT pristopa zagotavlja ustrezen postopek za določanje intra- in inter- interakcij delcev zaradi simultane obdelave faktorja oblike $P(q)$ in strukturnega faktorja $S(q)$. GIFT omogoča tudi določanje naboja delcev in indeks polidisperznosti. Preučili in okarakterizirali smo vodno suspenzijo nanokristaline celuloze (aNCS) pripravljene z H2SO4 (testni material) z uporabo SAXS, DLS in zeta potenciala.	
	ANG	Small angle X-ray scattering (SAXS) is employed to characterize the inner structure and shape of aqueous nanocrystalline cellulose suspensions using the generalized indirect Fourier transformation (GIFT). The use of the GIFT approach provides a single fitting procedure for the determination of intra- and interparticle interactions due to a simultaneous treatment of the form factor $P(q)$ and the structure factor $S(q)$. Moreover, GIFT allows for the determination of particle charges and polydispersity indices. As test material, aqueous nanocrystalline cellulose suspensions (aNCS) prepared by the H2SO4 route have been investigated and characterized (SAXS, dynamic light scattering, zeta potential).	
		American Chemical Society; Langmuir; 2013; Vol. 29, iss. 11; str. 3740-3748; Impact Factor: 4.384; Srednja vrednost revije / Medium Category	

	Objavljeno v	Impact Factor: 2.554; A': 1; WoS: DY, EI, PM; Avtorji / Authors: Ehmann Heike M. A., Spirk Stefan, Doliška Aleš, Mohan Tamilselvan, Gössler Walter, Ribitsch Volker, Sfiligoj-Smole Majda, Stana-Kleinschek Karin	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
3.	COBISS ID	16802582	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Karakterizacija TiO ₂ suspenzij nano velikosti za funkcionalno modifikacijo poliestrne tkanine
		ANG	Characterization of nano-sized TiO ₂ suspensions for functional modification of polyester fabric
	Opis	SLO	V izvirnem znanstvenem članku smo opisali raziskavo, pri kateri smo tri komercialne nanoTiO ₂ koloidne suspenzije nanašali na poliestrno tkanino po konvencionalnem pad-dry-cure postopku z namenom uvajanja samočistilnih in UV zaščitnih lastnosti. TEM, XRD in UV/Vis spektroskopija suspenzij so potrdile prisotnost anataznih TiO ₂ nanodelcev z različno velikostjo kristalitov, kakor tudi odlično adsorpcijsko kapaciteto v UV področju. Morfološko strukturo nano-modificiranih PES tkanin smo okarakterizirali s SEM. Fotokatalitično aktivnost TiO ₂ nanodelcev nanosenih na tkanino smo spremljali z razbarvanjem dveh madežev, rdečega vina in rdeče pese, ki smo ju obsevali z dvema viroma UV svetlobe v različnih časovnih intervalih.
		ANG	Three industrially-prepared (via the sulphate synthesis process) and commercially-available nanoTiO ₂ colloidal suspensions were coated on polyester fabric using the conventional pad-dry-cure procedure, in order to enhance fabric functionalities by imparting self-cleaning and UV-protection ability. Various characterization techniques, i.e. transmission electron microscopy (TEM), X-ray diffraction analysis (XRD), and UV/Vis spectroscopy of the suspensions revealed the presence of anatase TiO ₂ spherical-shaped nanoparticles of different crystallite sizes, as well as its prominent absorption capacity within the UV region. Scanning electron microscopy (SEM) was adopted to analyse the morphological structure of nanoTiO ₂ -modified PES fabrics. Furthermore, the photocatalytic activity was investigated through the discolourations of red wine and red beet stains under two types of light sources, i.e. direct day light and artificial UV light, by means of a spectrophotometry. The UV-protective properties were also evaluated by calculating the ultraviolet protective factors of individual coated fabric. The obtained results show acceptable blocking properties against UV-rays, as well as the adequate self-cleaning abilities of TiO ₂ -modified PES fabrics as governed by the types and concentrations of applied TiO ₂ suspension.
	Objavljeno v	Elsevier Sequoia; Surface & coatings technology; 2013; Vol. 226; str. 68-74; Impact Factor: 2.199; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.361; A': 1; WoS: QG, UB; Avtorji / Authors: Ojstršek Alenka, Stana-Kleinschek Karin, Fakin Darinka	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
4.	COBISS ID	17861142	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Vpliv nano TiO ₂ -SiO ₂ na hidrofilnost/obarvljivost poliestrne tkanine in fotostabilnost disperznih barvil pod UV obsevanjem
		ANG	Effects of nanoTiO ₂ -SiO ₂ on the hydrophilicity/dyeability of polyester fabric and photostability of disperse dyes under UV irradiation
			V predstavljenem izvirnem znanstvenem članku smo preučevali vpliv TiO ₂ -SiO ₂ nanodelcev na hidrofilnost, kakor tudi sposobnost obarvanja poliestrne tkanine pri visokotemperaturnem disperznem barvanju. Za analizo treh koloidnih disperzij z različnim deležem SiO ₂ smo uporabili različne analize tehnike. V nadaljevanju smo obdelovali tkanine s kombinacijo posamezne TiO ₂ disperzije in treh barvil v dveh

Opis	SLO	<p>koncentracijah po enokopelnem izčrpalnem postopku. Obarvane/nano modificirane tkanine smo izpostavili umetnemu UV sevanju z namenom, da bi preučili možne neželene učinke bledenja disperznih barvil zaradi prisotnosti TiO₂. Pri nižjem deležu SiO₂ pride do večjega omakanja tkanin. Ob prisotnosti TiO₂ hibridov pride do svetlejšega obarvanja tkanin, odvisno od vrste barvila in koncentracije. UV obsevanje pomembno vpliva na spremembo nianse, svetlost in jakost obarvanja, čeprav večja količina SiO₂ prepreči neželjeno fotokatalitično delovanje nanoTiO₂.</p>
	ANG	<p>The aim of the presented work was to study the effects of TiO₂-SiO₂ nanoparticles on the hydrophilicity as well as colouration ability of polyester fabric during high-temperature disperse dyeing. Various analytical techniques were employed to characterize three TiO₂-SiO₂ dispersions with different SiO₂ weight percent. In addition, one-bath exhaustion procedure was accomplished by combining TiO₂ dispersions and three disperse dyes in two concentrations, respectively. Finally, the dyed/nano-upgraded samples were subjected to artificial UV light with the intention of establishing any undesired photo-fading behaviour of applied dyes on account of TiO₂ presence. The results provided evidence of enhanced wettability at low SiO₂ content, and on the other hand, pale depth of shade when the nanoTiO₂-hybrides were attended, regarding the type of dye and its concentration. Moreover, UV irradiation significantly influenced the hue, brightness, chroma, and colour strength, although the higher SiO₂ amount suppressed the photocatalytic activity of nanoTiO₂ and thus, diminished the oxidative dye-fading.</p>
Objavljeno v	Elsevier Sequoia; Surface & coatings technology; 2014; Vol. 253; str. 185-193; Impact Factor: 2.199; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.361; A': 1; WoS: QG, UB; Avtorji / Authors: Fakin Darinka, Stana-Kleinschek Karin, Kurečič Manja, Ojstršek Alenka	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
5. COBISS ID	18368565	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Optimizacija površinske obdelave pigmentiranega TiO ₂ z vidika industrije
	ANG	Surface treatment optimization of pigmentary TiO ₂ from an industrial aspect
Opis	SLO	<p>Industrijski procesi so v večini omejeni zaradi proizvodnih pogojev kot je izbor in poraba kemijskih sredstev, čas in poraba energije. V izvirnem znanstvenem članku smo predstavili uspešno sintezo homogene silicijeve plasti na površini titanovega dioksida (TiO₂) v optimalnem času in pri ustrezni temperaturi. Strukturo površinsko oplaščenega TiO₂ smo preučili z vrstičnim elektronskim mikroskopom, transmisijsko elektronsko mikroskopijo in EDS. Prav tako smo določili izoelektrično točko (IEP) pri pH raztopine ~ 4. Z oplaščanjem TiO₂ s SiO₂ pride do premika izoelektrične točke. V nadaljevanju smo uporabili tudi Fourierjevo transformacijsko infrardečo spektroskopijo in Brunauer-Emmet-Teller analizo za ugotavljanje razlik v površinske mikrostrukture. Da smo dosegli želeno morfologijo delcev, smo optimizirali parametre oplaščanja, kar zagotavlja izboljšave v eni ali več pomembnih lastnosti delovanja, kar smo določili s pomočjo UV-Vis prepustnostjo svetlobe.</p>
	ANG	<p>Industrial processes are most often limited in the means of production conditions, e.g., chemical agents' selection and consumption, and time and energy conditions. In the present work, we succeeded in synthesizing a homogeneous silica layer on titanium dioxide (TiO₂) core using moderate time and temperature conditions. The structure of the surface coated pigmentary TiO₂ was characterized by scanning electron microscopy, transmission electron microscopy, and EDS. In our research isoelectric point (IEP) of TiO₂ was determined, which occurred when the solution pH was ~4. In the meantime, the precipitation of SiO₂ on TiO₂</p>

		surface resulted in the shift of IEP. In addition, Fourier transform infrared spectroscopy and Brunauer–Emmett–Teller analysis were applied in order to determine differences in surface microstructure. Coating parameters were optimized to attain desired morphology of precipitated Si-hydroxide, which in turn provides improvements in one or more important performance properties such as hiding power efficiency, which was determined by the means of UV–Vis light transmittance.
Objavljeno v		Federation of Societies for Coatings Technology; JCT research; 2014; Vol. 11, issue 2; str. 255-264; Impact Factor: 1.280; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.666; WoS: DW, QG; Avtorji / Authors: Veronovski Nika, Lešnik Maja, Verhovšek Dejan
Tipologija	1.01	Izvirni znanstveni članek

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine⁶

	Družbeno-ekonomski dosežek	
1.	COBISS ID	16338710 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<p><i>SLO</i> Karakterizacija koloidnih disperzij z vključenimi TiO₂ oplaščenimi nanodelci za tekstilno funkcionalizacijo</p> <p><i>ANG</i> Colloidal dispersions' characterization of various TiO₂ core-shell nanoparticles for textiles functionalization</p>
	Opis	<p><i>SLO</i> Namen študije je bil okarakterizirati različne koloidne disperzije z vključenimi TiO₂ core-shell nanodelci za večfunkcionalno obdelavo tekstilnih materialov. Za določanje morfologije in strukture koloidnih disperzij, porazdelitve delcev, naboja delcev, itd. smo uporabili različne analize tehnike kot so vrstična elektronska mikroskopija (SEM), dinamično sipanje svetlobe (DLS), meritve zeta potenciala in UV/Vis spektrofotometrija. V nadaljevanju smo TiO₂ disperzije aplicirali na bombažno tkanino po postopku izčrpavanja. Učinkovitost funkcionalizacije tkanin in vpliv različnih oplaščenj delcev smo preučevali z določanjem UV zaščitnega faktorja (UZF) tkanin.</p> <p><i>ANG</i> The aim of the presented study was to characterize various commercially available colloidal dispersions containing various TiO₂ core-shell nanoparticles in order to evaluate their potential for multi-functionally treatment of textile materials. Thus, numerous analytical skills were used such as scanning electron microscopy (SEM), dynamic light scattering (DLS), zeta potential measurement and UV/Vis spectrophotometry to determine colloidal dispersions' morphology and structure, particle size distribution and pore size, chemical composition of the particle surface and its charge, etc. In addition, nano-sized TiO₂ dispersions were applied on cotton fabric according to exhaustion procedure, and ultraviolet protection factor (UPF) was determined in order to examine the fabric functionalization as well as the influence of different shell particles and its concentrations on UV-blocking properties.</p>
	Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci
	Objavljeno v	University of Zagreb, Faculty of Textile Technology; Magic world of textiles; 2012; Str. 208-213; Avtorji / Authors: Fakin Darinka, Kurečič Manja, Hribernik Silvo, Ojstršek Alenka
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
2.	COBISS ID	16342806 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Površinska modifikacija bombažne tkanine z nano-TiO ₂ koloidnimi disperzijami

	ANG	Surface modification of cotton fabric using nano-sized TiO ₂ colloidal dispersions
Opis	SLO	Namen raziskave je bil uporabiti različne koloidne disperzije z vključenimi nano-TiO ₂ hibridi v različnih koncentracijah z namenom modifikacije bombažne površine. Oplaščena vlakna smo morfološko okarakterizirali z uporabo vrstične elektronske mikroskopije (SEM), razliko v belini pa smo določili po CIE formuli. Obstočnost nanosa TiO ₂ hibridov smo preučevali po prvem, petem in desetem pralnem ciklu kot funkcijo meritev UV transmisije po Avstralskem/Novozelandskem standardu (AS/NZS 4399:1996). Rezultati nakazujejo enakomerno porazdelitev TiO ₂ oplaščenih nanodelcev na površini bombažne tkanine glede na koncentracijo koloidne paste in vrste delcev v plašču. Tudi po več ciklih pranja so UV zaščitne lastnosti površinsko modificiranih tkanin še vedno visoke.
	ANG	The aim of the presented research was to employ diverse colloidal dispersions of nano-sized TiO ₂ hybrids in different concentration during the exhaustion procedure in order to modify cotton surface. All trials were performed on the laboratory apparatus Labomat (Mathis) at a temperature of 60°C for 110 min using liquor ratio of 1:20. Morphological characterization of the coated fibres was performed using scanning electron microscopy (SEM), and the change of textile whiteness was determined according to CIE formula. In addition, durability/bonding ability of TiO ₂ -hybrids applications was examined after first, fifth and tenth laundering cycles as a function of UV transmittance measurements according to the Australian/New Zealand Standard (AS/NZS 4399:1996). The gained results indicated equal distribution of TiO ₂ core-shell nanoparticles over the surface of cotton fabric regarding the concentration of colloidal paste and the type of the shell particles. Furthermore, surface modification by nanoparticles brings about an outstanding UV protection functionality even after several washing cycles.
Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci	
Objavljeno v	Department of Textile Materials and Design, Faculty of Mechanical Engineering; Proceedings; 2012; Str. 223-231; Avtorji / Authors: Ojstršek Alenka, Fakin Darinka, Lešnik Maja, Stana-Kleinschek Karin	
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
3.	COBISS ID	16946966 Vir: COBISS.SI
Opis	Naslov	SLO Vpliv nanoTiO ₂ površinske modifikacije na obarvanje poliestra
		ANG The effect of nano TiO ₂ surface modification on polyester coloration
		Glavni cilj raziskave predstavljene na mednarodni konferenci je bil preučiti vpliv nanoTiO ₂ funkcionalizirane poliestrne tkanine na obarvljivost (kompatibilnost TiO ₂ in disperznih barvil), barvo in jakost barvila v primerjavi z obarvanim-neobdelanim poliestrom. Tkanino smo obdelali s kombinacijo TiO ₂ , ki je bil oplaščen z različno količino SiO ₂ (3, 5 ali 10%) in tremi različnimi disperznimi barvili v dveh koncentracijah po postopku izčrpavanja. V nadaljevanju smo preučili morfološke lastnosti tako obdelane tkanine s SEM in obarvanje s pomočjo barvne metrike (določanje CIE L*a*b* barvnih vrednosti). Prav tako smo ovrednotili barvne razlike med posameznimi vzorci. Iz rezultatov smo zaključili, da večja količina SiO ₂ povzroča večjo aglomeracijo TiO ₂ nanodelcev na površini tkanine; zato je jakost barvila nižja in so barvne razlike večje, predvsem na račun večje svetlosti s TiO ₂ obdelanih vzorcev.
	The main contribution of the present work was to study the influence of nano-sized TiO ₂ -treated polyester fabrics' functionalized surface properties on dyeability (TiO ₂ /disperse dye-bath compatibility), colour, and colour strength in comparison to dyed/non-coated polyester.	

		Colloidal dispersions including nano-sized TiO ₂ , coated with different amount of SiO ₂ (3, 5 or 10%), were incorporated into dye-baths. Polyester fabric (PES) was dyed using three disperse dyes of different chemical structures in two concentration according to exhaustion procedure. In addition, morphological structures of nano-upgraded fabrics were characterized by scanning electron microscopy, and colouration behaviour by colorimetry (determination of CIE L*a*b* colour values). Also, colour differences between dyed and dyed/TiO ₂ -SiO ₂ were evaluated. From the obtained results, it could be concluded that higher amount of SiO ₂ contributes to higher agglomeration of TiO ₂ nanoparticles on the fabric surface; the colour strength is lower, and the total colour differences are larger, mainly on account of higher lightness (L*).	
	ANG		
Šifra	B.03	Referat na mednarodni znanstveni konferenci	
Objavljeno v	Technische Universität Dresden, ITM; Conference proceedings; 2013; 4 f.; Avtorji / Authors: Fakin Darinka, Ojstršek Alenka		
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci		
4.	COBISS ID	16945430	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Samočistilna sposobnost PES tkanine funkcionalizirane z nanoTiO ₂
		ANG	Self-cleaning ability of PES fabric functionalized by nano-sized TiO ₂
	Opis	SLO	Cilj predstavljene raziskave je bil ovrednotiti nanos dveh industrijsko pripravljenih in komercialno-dostopnih nanoTiO ₂ koloidnih disperzij na površini poliestrne tkanine (PES). Uporabili smo konvencionalni pad-dry-cure postopek z namenom uvajanja samočistilnih lastnosti. Koloidne disperzije smo analizirali s transmisijsko elektronsko mikroskopijo (TEM), površinsko morfologijo TiO ₂ modificiranih tkanin pa z vrstično elektronsko mikroskopijo (SEM). Samočistilno sposobnost tkanin smo spremljali z razbarvanjem dveh madežev, rdečega vina in rdeče pese, ki smo ju obsevali z dvema viroma UV svetlobe v različnih časovnih intervalih. Dobljeni rezultati kažejo ustrezno samočistilno sposobnost TiO ₂ modificiranih PES tkanin odvisno od vrste in koncentracije nanosene TiO ₂ disperzije.
		ANG	The aim of this research was to evaluate the formation of two industrially-prepared and commercially-available nanoTiO ₂ colloidal dispersions in different concentrations applied on surface of polyester fabric (PES) according to conventional pad-dry-cure procedure in order to impart self-cleaning properties. Colloidal dispersions were analysed using transmission electron microscopy (TEM), and the surface morphology of TiO ₂ modified fabrics using scanning electron microscopy (SEM). In addition, the self-cleaning ability of fabrics was investigated through discoloration of two stains, red wine and red beet, under to two types of light sources, i.e. direct day light and artificial UV light, by means of a spectrophotometry. The obtained results show adequate self-cleaning ability of TiO ₂ modified PES fabrics governed by the type and the concentration of TiO ₂ suspension applied.
	Šifra	B.03	Referat na mednarodni znanstveni konferenci
	Objavljeno v	Technische Universität Dresden, ITM; Conference proceedings; 2013; 4 f.; Avtorji / Authors: Ojstršek Alenka, Stana-Kleinschek Karin, Fakin Darinka	
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
5.	COBISS ID	16963094	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Obstojnost nano-TiO ₂ funkcionalizirane bombažne tkanine po več pranjih
		ANG	Durability of nano-TiO ₂ functionalization of cotton fabric after several launderings

Opis	SLO	Namen raziskave predstavljene na mednarodni konferenci je bil preučiti obstojnost oplaščenja bombažne tkanine z različnimi koloidnimi disperzijami nano-TiO ₂ hibridov v različnih koncentracijah po več pranjih. Preučili smo morfološke spremembe tako oplaščenih tkanin, kakor tudi obstojnost TiO ₂ hibridov po prvem, petih in desetih pralnih ciklih s pomočjo difuzijskih refleksijskih spektrov in meritev UV prepustnosti. Dobljeni rezultati nakazujejo izvrstno UV zaščito celo po več pralnih ciklih glede na koncentracijo in vrsto koloidne paste.
	ANG	The aim of the presented research was to study durability of coatings of diverse colloidal dispersions of nano-sized TiO ₂ hybrids in different concentration after several launderings. Morphological changes of the coated fabrics was examined as well as durability/bonding ability of TiO ₂ -hybrids after first, fifth and tenth laundering cycles as a function of diffuse reflectance spectra profiles and UV transmittance measurements. The gained results indicated an outstanding UV protection functionality even after several washing cycles regarding the concentration and the type of colloidal paste.
Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci	
Objavljeno v	Universidade; Sustainable materials for future applications; 2013; 4 str.; Avtorji / Authors: Ojstršek Alenka, Hribernik Silvo, Fakin Darinka	
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁷

<p>Znanje, ki ga je projektna skupina pridobila v sklopu projekta, smo predstavili znanstveni skupnosti, potencialnim industrijskim uporabnikom, zainteresiranim porabnikom in študentom:</p> <ul style="list-style-type: none"> - v sklopu šole IRSPIN so bili predstavljeni rezultati raziskovalnega projekta: FAKIN, Darinka. Razvoj naprednih procesov za doseganje visoko učinkovitih nano modificiranih tekstilnih materialov : predstavitev rezultatov aplikativnega raziskovalnega projekta, Šola IRSPIN 2012, Grand hotel Portorož, 17-18. maj 2012. 2012. [COBISS.SI-ID 16032790] - organizacija mednarodne delavnice na fakulteti za strojništvo z naslovom: Funkcionalni polimerni materiali »Internacionalizacija – steber razvoja Univerze v Mariboru« od 13.1.-16.1. 2015 - za sodelujoče podjetje Julon smo izdelali dva elaborata in sicer: - FAKIN, Darinka, OJSTRŠEK, Alenka. Prisotnost formaldehida na PA/PP/Lycra športnih majicah : poročilo. Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2014. [8] f., graf. prikazi. [COBISS.SI-ID 18218262] - FAKIN, Darinka. Analiza učinkovitosti na UV propustnost in meritve UVA, UVB in UPF zaščitnega faktorja. Maribor: Fakulteta za strojništvo, LBBE, 2012. 12 f., graf. prikazi. [COBISS.SI-ID 15915798] <p>V sklopu projekta je nastalo eno magistrsko delo in eno diplomsko delo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - LUKETIČ, Liljana. Aktivacija tekstilnih površin z uporabo plazma tehnologije za doseganje funkcionalnih lastnosti materialov : magistrsko delo. Maribor: [L. Luketič], 2014. XII, 84 f., ilustr. [COBISS.SI-ID 18337302] - ŠUEN, Zlatka. Funkcionalizacija materialov z uporabo TiO₂ nanostruktur : diplomsko delo. Maribor: [Z. Šuen], 2013. XIV, 47 f., ilustr., graf. prikazi. [COBISS.SI-ID 17640982]

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Z novimi dognanji o lastnostih, modifikaciji in permanentnem nanosu anataznih TiO₂ nanodelcev in različno oplaščenih rutilnih TiO₂ hibridov, smo prispevali k obogatitvi

temeljnega znanja (korelacija med reaktivnostjo, strukturo in površinskimi lastnostmi) kakor tudi uporabnega znanja (uvajanje novih stabilnih struktur in preskusnih metod ter razvoj novih tehnologij) s tega področja; ter k razvoju novih tekstilnih materialov z večfunkcionalnimi lastnostmi kot so UV zaščitne lastnosti, samočistilne lastnosti, hidrofilnost/hidrofobnost, itd. za različne namene uporabe.

Funkcionalizacijo tekstilij smo dosegli na dva načina in sicer z uvajanjem izbranih anorganskih TiO₂ nano struktur v polimerno raztopino pred pređenjem ter z modifikacijo površine materialov z uporabo plazme in/ali z aplikacijo TiO₂-hibridov, vendar tako, da nismo vplivali na poslabšanje njihovih fizikalno-mehanskih lastnosti (pretržna trdnost, elastičnost, zračna prepustnost, otip, itd.). Tekom projekta smo razvili različne industrijsko uporabne postopke aplikacije nanoTiO₂ hibridnih struktur, ki smo jih uspešno združili z barvanjem materialov ter preučili vpliv UV svetlobe na fotostabilnost barve in možno samorazgradnjo polimerov na mikro nivoju zaradi prisotnosti TiO₂ katalizatorja.

Površinske pojave pri plazemski obdelavi smo raziskali s pomočjo izvirnega znanstvenega pristopa in sicer kot funkcijo časa in gostote toka reaktivnih plazemskih delcev na površino materialov. Prednost omenjenega načina je ta, da lahko tako dobljene rezultate enostavno prenesemo na katerikoli plazma reaktor (tako dolgo, dokler so parametri znani). S kombinacijo številnih sodobnih analiznih metod in eksperimentalnih tehnik (XPS, SEM, TEM, DLS in UV/Vis spektrofotometričnih metod za karakterizacijo nano struktur, ATR-FTIR, SEM, difuzno refleksijsko spektrofotometrijo, merjenjem beline, tenziometrijo, goniometrijo in merjenjem zeta potenciala za določanje površinskih modifikacij tekstilij ter uporaba katalitične sonde in OES za karakterizacijo plazme) bolje razumemo dogajanja pri modifikaciji polimernih materialov.

Rezultate tega projekta smo objavili v 4-ih izvirnih znanstvenih člankih v mednarodnih revijah, ki jih indeksira SCI Expanded in SSCI (glede na faktor vpliva) in v 13-ih prispevkih na mednarodnih konferencah, kar predstavlja pomemben izvirni znanstveni doprinos tako na slovenskem kot mednarodnem raziskovalnem področju. Na tak način smo predstavili rezultate širši raziskovalni srenji ter izmenjali izkušnje in ideje s tujimi strokovnjaki na področju funkcionalizacije različnih vlaknotvornih polimernih materialov, ter dolgoročno povečali možnost vključevanja v različne bilateralne projekte in raziskovalne projekte EU.

ANG

New findings about the properties, modification and permanent application of anatase TiO₂ nanoparticles and differentially-coated rutile TiO₂-hybrides contributed to the enrichment of fundamental knowledge (correlation between reactivity, structure and surface properties) as well as applicable knowledge (introduction of new stable structures and testing methods, and development of new technologies) from this area; and to the development of new nano-upgraded textile materials with multifunctional properties such as UV protective, self-cleaning properties, hydrophilicity/hydrophobicity, etc. for various application purposes. Functionalization of textiles was achieved by the incorporation of selected inorganic TiO₂ nano-structures into the polymer solution before spinning, and by the modification of fiber surface using an eco-friendly plasma technology and/or application of TiO₂-hybrides, while retaining good physico-mechanical properties of textiles (breaking strength, elasticity, air permeability, handle, etc.). During the project, various industrially-applicable procedures were developed using nanoTiO₂ hybrid structures, which were furthermore successfully united with materials dyeing; therein, the influence of intensive UV irradiation on dyes' photo-stability and possible fabrics' self-destruction on a micro level was emphasized on account of the presence of TiO₂ catalyst.

The surface phenomena during plasma treatment were studied as a function of time and the flux of reactive plasma particles onto the surface of materials, which is a unique scientific approach. The advantage of mentioned approach is that the obtained results could be easily generalized to any plasma reactor (as long as the plasma parameters are known).

The combination of numerous sophisticated and cutting edge experimental techniques (XPS, SEM, DLS and UV/Vis spectrophotometric methods for nano-structures characterization, ATR-FTIR, SEM, diffuse reflectance spectroscopy, measuring of whiteness, tensiometry, goniometry and measurement of zeta potential for determination of textiles surface modification as well as use of catalytic probe and OES for plasma characterization) led to a breakthrough in the understanding of the polymers modification processes.

The results of this project were published in 4 original scientific papers in international journals indexed by SCI Expanded and SSCI (based on the impact factor) and in 13 presentations at international conferences world-wide, which represent important scientific

contribution both on national and international research field. Thus, the experiences and ideas were shared with foreign experts in the field of functionalization of numerous fibre-forming materials, enhancing the possibility for submitting research proposals for bilateral programmes and EU funding programmes.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Za trajnostni družbeno-ekonomski razvoj Slovenije je nujno potrebna ohranitev dela visoko tehnološke in inovativne industrije. Za doseg tega cilja je potrebno poglobljeno sodelovanje različnih raziskovalnih skupin z univerz, inštitutov in industrije, od katerih se je vsaka že izkazala z bogato ekspertizo na svojem področju. Le tako lahko pričakujemo potencialno mreženje industrijskih partnerjev, kar bo olajšalo slovenski industriji preboj na globalna tržišča.

Praktično predstavlja raziskava korak v smeri sinteze novih produktov sodelujočega podjetja Cinkarna Celje, ki spada med največja slovenska kemično-predelovalna podjetja, za specialna področja uporabe ter s tem povečanje tržnega deleža v segmentu visoko cenovno in tehnološko zahtevnih izdelkov v Sloveniji in na mednarodnem tržišču, kar je v skladu s strateško usmeritvijo družbe (eden od ciljev je pridobivanje ultrafinega TiO₂ izključno v obliki suspenzije; torej razvoj sinteznih postopkov za pridobivanje anatasa in rutila brez vmesne suhe faze, s čimer preprečujejo negativni vpliv na okolje - emisija nanodelcev ter širjenje področja uporabe ultrafinega TiO₂). Korelacija med tekstilno in polimerno kemijo ter fizikalno-kemijskimi znanji oz. pristopi je omogočila tudi razvoj novih poliamidnih filamentov (PA6 in PA 6,6 preje z vključenimi TiO₂ core-shell delci) v sodelujočem podjetju Julon, ki želi s tem razširiti svojo ponudbo izdelkov ter s pomočjo domačega znanja in tehnologij doseči nove funkcionalnosti kot so UV odpornost, antistatičnost, izboljšanje mehanskih, toplotnih in elektrokemijskih lastnosti, odpornost na organska topila, pa tudi možnost samočistilne sposobnosti in na tak način vplivati na razvoj neprijetnih vonjav in antimikrobne lastnosti, kar je njihov odgovor na najnovejše modne trende in povpraševanje po visokotehnoloških oblačilih in oblačilih za šport. Vizija podjetja Aquafil Divisione Bulgari Filati skupine Bonazzi (eden največjih proizvajalcev poliamidnih filamentov in granulotov v Evropi) katerega del je Julon, je postati vodilni globalni proizvajalec sintetičnih vlaken, predvsem poliamida 6 in ključni igralec pri trajnostnem razvoju inovativnih rešitev v segmentu športnih oblačil, kopalk in spodnjega perila z naložbami v rast in odličnost. Predstavljen projekt je povezal različne industrijske panoge (kemijsko, polimerno in tekstilno) z močno znanstveno bazo in na tak način doprinesel k uspešnemu sodelovanju in tehnološkim izboljšavam različnih nano-struktur ter njihovih aplikacij v prihodnosti, glede na namen uporabe. To pomeni hitro prilagajanje izdelkov potrebam in zahtevam kupcev in s tem ohranjanje in pridobivanje novih kupcev in posledično povečanje gospodarskega poslovanja obeh podjetij. Tehnologija, ki je bila razvita v okviru projekta bi se kot taka lahko aplicirala tudi na druga industrijska področja v Sloveniji, kot so papirna industrija, kemijska industrija in farmacija.

Prenos znanja, ki smo ga pridobili v sklopu projekta, je potekal na različnih nivojih (promocija, informiranje, sodelovanje, povečanje zavedanja) in je bil namenjen različnim skupinam: znanstveni skupnosti, potencialnim industrijskim uporabnikom, zainteresiranim porabnikom, itd.

ANG

Preserving part of the innovative and high-tech industry is deemed to be essential for sustainable socio-economic development of Slovenia. Attaining this goal, the extensive cooperation of different research groups from universities, institutes and industries, each of them already accomplished with extensive expertise in their own respective fields will be necessary. In this way we could suspect a better flow of information and potential networking between industrial partners, which will help Slovenian industry in breakthrough on the global markets.

In a practical manner, this research represents a step in the direction of novel products' syntheses of the Cinkarna Celje collaborating company, which is one of the largest chemical-processing companies in Slovenia, for special application fields; thus, increasing its market share in a segment of high-added value and high-tech products in Slovenia and on international trade markets, which is in accordance with the strategic orientation of the company (one of the strategic goal is a production of ultrafine TiO₂ explicitly in water suspension form: development of the synthesis methods for anatase and rutile without any

intermediate powder phase preventing the negative influence on environment -emission of nanoparticles; extension of ultrafine TiO₂ application fields). The correlations between the textile and polymer chemistry as well as physical-chemical knowledge or approaches would also enable the development of novel polyamide filament (PA6 and PA 6.6 yarns with incorporated TiO₂ core-shell particles) within the Julon collaborating company, which want to broaden their products-offer by means of local knowledge and technologies to obtain new functionalities such as UV resistance, antistatic, improved mechanical, thermal and electrochemical properties, resistance to organic solvents as well as impart self-cleaning ability and, thereby, influencing de-odour and antimicrobial properties responding to the latest fashion trends, and the demands for high-tech clothing and sportswear. The vision of the Aquafil Divisione Bulgari Filati group of Bonazzi (one of the largest productions of polyamide filaments and granulates in Europe) part of which is Julon, is to be the global leader in the production of synthetic fibres, especially of Polyamide 6, and a key player in the sustainable development of innovative solutions in the swimwear, underwear, and sportswear sectors by investments in growth and excellence. The proposed project was joined together different industrial branches (chemical, polymer, and textile) by a strong scientific base and thus, contribute to the successful cooperation and improvement of numerous nano-structures and its applying technology in the future regarding the application purpose. This means a rapid adaptation of products regarding the needs and demands of consumers and therefore, keeping and gaining new customers, which would result in an increase in economic business for both companies. The technology, which was developed during this project, could also be applied in other industrial fields in Slovenia such as the paper and chemical industry, and pharmacy.

Finally, the dissemination of the project's results was focused on different objectives (to raise awareness, to inform, to engage, to promote), and was designed for different groups, e.g. the scientific community, potential industrial users, interested consumers, etc.

10.Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!
Označite, katerega od navedenih ciljev ste si zastavili pri projektu, katere konkretne rezultate ste dosegli in v kakšni meri so doseženi rezultati uporabljeni

Cilj		
F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Delno
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
	Uporaba rezultatov	Delno
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih

	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih ▾
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen ▾
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih ▾
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen ▾
	Uporaba rezultatov	Delno ▾
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen ▾
	Uporaba rezultatov	Delno ▾
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen ▾
	Uporaba rezultatov	V celoti ▾
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen ▾
	Uporaba rezultatov	Delno ▾
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	▾
	Uporaba rezultatov	▾
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	▾
	Uporaba rezultatov	▾
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	▾
	Uporaba rezultatov	▾
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	▾
	Uporaba rezultatov	▾
F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE

	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value="Dosežen"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value="Delno"/>
F.19	Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.20	Ustanovitev novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.21	Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.22	Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.25	Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev	

	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.26	Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljaljskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.28	Priprava/organizacija razstave	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.29	Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.31	Razvoj standardov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.33	Patent v Sloveniji	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

Komentar

Rezultati našega dela so označeni v tabeli.

11.Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva! Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visokošolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.12.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.04.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01	Dvig kvalitete življenja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.06.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07	Razvoj družbene infrastrukture					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.09.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

Komentar

Učinki naših rezultatov so označeni v tabeli.

12. Pomen raziskovanja za sofinancerje¹¹

Sofinancer																														
1.	<table border="1"> <tr> <td>Naziv</td> <td>Cinkarna, metalurško-kemična industrija, d. d.</td> </tr> <tr> <td>Naslov</td> <td>Kidričeva 26, 3000 Celje</td> </tr> <tr> <td>Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:</td> <td>73.972 EUR</td> </tr> <tr> <td>Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:</td> <td>20 %</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Šifra</td> </tr> <tr> <td>1.</td> <td>VERONOVSKI, Nika, LEŠNIK, Maja, VERHOVŠEK, Dejan. Surface treatment optimization of pigmentary TiO₂ from an industrial aspect. JCT research, ISSN 1547-0091, nov. 2014, vol. 11, issue 2, str. 255-264</td> <td>A.01</td> </tr> <tr> <td>2.</td> <td>FAKIN, D., STANA-KLEINSCHEK, K., KUREČIČ, M., OJSTRŠEK, A. Effects of nanoTiO₂-SiO₂ on the hydrophilicity/dyeability of polyester fabric and photostability of disperse dyes under UV irradiation.</td> <td>A.01</td> </tr> <tr> <td>3.</td> <td>OJSTRŠEK, Alenka, STANA-KLEINSCHEK, Karin, FAKIN, Darinka. Characterization of nano-sized TiO₂ suspensions for functional modification of polyester fabric. Surface & coatings technology.</td> <td>A.01</td> </tr> <tr> <td>4.</td> <td>OJSTRŠEK, Alenka, FAKIN, Darinka, LEŠNIK, Maja, STANA-KLEINSCHEK, Karin. Surface modification of cotton fabric using nano-sized TiO₂ colloidal dispersions</td> <td>B.03</td> </tr> <tr> <td>5.</td> <td>Vključitev v Evropsko partnerstvo za inovacije za aktivno in zdravo staranje (european Innovation Partnership on Active and Healthy Ageing)</td> <td>D.03</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Z novimi dognanji o lastnostih, modifikaciji in permanentnem nanosu</td> </tr> </table>	Naziv	Cinkarna, metalurško-kemična industrija, d. d.	Naslov	Kidričeva 26, 3000 Celje	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	73.972 EUR	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:	20 %	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja			Šifra	1.	VERONOVSKI, Nika, LEŠNIK, Maja, VERHOVŠEK, Dejan. Surface treatment optimization of pigmentary TiO ₂ from an industrial aspect. JCT research, ISSN 1547-0091, nov. 2014, vol. 11, issue 2, str. 255-264	A.01	2.	FAKIN, D., STANA-KLEINSCHEK, K., KUREČIČ, M., OJSTRŠEK, A. Effects of nanoTiO ₂ -SiO ₂ on the hydrophilicity/dyeability of polyester fabric and photostability of disperse dyes under UV irradiation.	A.01	3.	OJSTRŠEK, Alenka, STANA-KLEINSCHEK, Karin, FAKIN, Darinka. Characterization of nano-sized TiO ₂ suspensions for functional modification of polyester fabric. Surface & coatings technology.	A.01	4.	OJSTRŠEK, Alenka, FAKIN, Darinka, LEŠNIK, Maja, STANA-KLEINSCHEK, Karin. Surface modification of cotton fabric using nano-sized TiO ₂ colloidal dispersions	B.03	5.	Vključitev v Evropsko partnerstvo za inovacije za aktivno in zdravo staranje (european Innovation Partnership on Active and Healthy Ageing)	D.03	Z novimi dognanji o lastnostih, modifikaciji in permanentnem nanosu	
Naziv	Cinkarna, metalurško-kemična industrija, d. d.																													
Naslov	Kidričeva 26, 3000 Celje																													
Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	73.972 EUR																													
Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:	20 %																													
Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja																														
	Šifra																													
1.	VERONOVSKI, Nika, LEŠNIK, Maja, VERHOVŠEK, Dejan. Surface treatment optimization of pigmentary TiO ₂ from an industrial aspect. JCT research, ISSN 1547-0091, nov. 2014, vol. 11, issue 2, str. 255-264	A.01																												
2.	FAKIN, D., STANA-KLEINSCHEK, K., KUREČIČ, M., OJSTRŠEK, A. Effects of nanoTiO ₂ -SiO ₂ on the hydrophilicity/dyeability of polyester fabric and photostability of disperse dyes under UV irradiation.	A.01																												
3.	OJSTRŠEK, Alenka, STANA-KLEINSCHEK, Karin, FAKIN, Darinka. Characterization of nano-sized TiO ₂ suspensions for functional modification of polyester fabric. Surface & coatings technology.	A.01																												
4.	OJSTRŠEK, Alenka, FAKIN, Darinka, LEŠNIK, Maja, STANA-KLEINSCHEK, Karin. Surface modification of cotton fabric using nano-sized TiO ₂ colloidal dispersions	B.03																												
5.	Vključitev v Evropsko partnerstvo za inovacije za aktivno in zdravo staranje (european Innovation Partnership on Active and Healthy Ageing)	D.03																												
Z novimi dognanji o lastnostih, modifikaciji in permanentnem nanosu																														

Komentar	<p>anataznih TiO₂ nanodelcev in različno oplaščenih rutilnih TiO₂ hibridov, smo prispevali k obogatitvi temeljnega znanja na področju korelacije med reaktivnostjo, strukturo in površinskimi lastnostmi, kakor tudi uporabnega znanja pri uvajanju novih stabilnih struktur in preskusnih metod ter razvoj novih tehnologij s tega področja, ter k razvoju novih tekstilnih materialov z večfunkcionalnimi lastnostmi kot so UV zaščitne lastnosti, samočistilne lastnosti, hidrofilnost/hidrofobnost, itd. za različne namene uporabe.</p> <p>Med najpomembnejše rezultate raziskovanja za sofinancerja štejemo objavo znanstvenih člankov, med tem smo v članku z naslovom: Surface treatment optimization of pigmentary TiO₂ from an industrial aspect objavili uspešno sintezo homogene silicijeve plasti na površini titanovega dioksida (TiO₂) v optimalnem času in pri ustrezni temperaturi. Pri tem smo ugotovili, da z oplaščanjem TiO₂ s SiO₂ pride do premika izoelektrične točke.</p> <p>V članku: Effects of nanoTiO₂-SiO₂ on the hydrophilicity/dyeability of polyester fabric and photostability of disperse dyes under UV irradiation smo preučevali vpliv TiO₂-SiO₂ nanodelcev na hidrofilnost, kakor tudi sposobnost obarvanja poliestrne tkanine pri visokotemperaturnem disperznem barvanju. Obarvane/nano modificirane tkanine smo izpostavili umetnemu UV sevanju z namenom, da bi preučili možne neželene učinke bledenja in ugotovili, da UV obsevanje pomembno vpliva na spremembo nianse, svetlost in jakost obarvanja, vendar večja količina SiO₂ prepreči neželjeno fotokatalitično delovanje nanoTiO₂, kar ima uporabno vrednost v našem proizvodnem procesu.</p> <p>Na konferenci smo v članku z naslovom: Surface modification of cotton fabric using nano-sized TiO₂ colloidal dispersions predstavili porazdelitev TiO₂ oplaščenih nanodelcev na površini bombažne tkanine in ugotovitev, da tudi po več ciklih pranja ostajajo UV zaščitne lastnosti površinsko modificiranih tkanin še vedno visoke.</p> <p>Na podlagi vključitve Univerze v Mariboru v Evropsko partnerstvo za iniciative in zdravo staranje (European Innovation Partnership on Active and Healthy Ageing) - EIP AHA, bo tudi v prihodnosti omogočeno sodelovanje sofinancerja in Univerze v Mariboru na EU in nacionalnih projektih.</p>																		
Ocena	<p>Cinkarna Celje kot sofinancer projekta potrjuje, da je delo potekalo skladno z načrtom in v okviru planiranih delovnih sklopov. Raziskava predstavlja korak v smeri sinteze novih produktov kar je še zlasti pomembno za specialna področja uporabe v segmentu visoko cenovno in tehnološko zahtevnih izdelkov tako v Sloveniji kot na mednarodnem tržišču. To pa je skladno s strateško usmeritvijo družbe, ki si je kot cilj postavila pridobivanje ultrafinega TiO₂ izključno v obliki suspenzije, s čimer preprečujejo negativni vpliv na okolje - emisija nanodelcev, ter širjenje področja uporabe ultrafinega TiO₂ tudi na druga področja oz. panoge.</p>																		
2.	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="256 1619 427 1697">Naziv</td> <td colspan="2" data-bbox="427 1619 1377 1697">Julon, Proizvodnja poliamidnih filamentov in granulatov d.d.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="256 1697 427 1742">Naslov</td> <td colspan="2" data-bbox="427 1697 1377 1742">Letališka cesta 15, 1000 Ljubljana</td> </tr> <tr> <td data-bbox="256 1742 906 1809">Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:</td> <td data-bbox="906 1742 1109 1809">18.493</td> <td data-bbox="1109 1742 1377 1809">EUR</td> </tr> <tr> <td data-bbox="256 1809 906 1854">Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:</td> <td data-bbox="906 1809 1109 1854">5</td> <td data-bbox="1109 1809 1377 1854">%</td> </tr> <tr> <td data-bbox="256 1854 1109 1899">Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja</td> <td colspan="2" data-bbox="1109 1854 1377 1899">Šifra</td> </tr> <tr> <td data-bbox="256 1899 384 2072">1.</td> <td data-bbox="384 1899 1109 2072">FAKIN, D., STANA-KLEINSCHEK, K., KUREČIČ, M., OJSTRŠEK, A. Effects of nanoTiO₂-SiO₂ on the hydrophilicity/dyeability of polyester fabric and photostability of disperse dyes under UV irradiation.</td> <td data-bbox="1109 1899 1377 2072">A.01</td> </tr> </table>	Naziv	Julon, Proizvodnja poliamidnih filamentov in granulatov d.d.		Naslov	Letališka cesta 15, 1000 Ljubljana		Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	18.493	EUR	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:	5	%	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja	Šifra		1.	FAKIN, D., STANA-KLEINSCHEK, K., KUREČIČ, M., OJSTRŠEK, A. Effects of nanoTiO ₂ -SiO ₂ on the hydrophilicity/dyeability of polyester fabric and photostability of disperse dyes under UV irradiation.	A.01
Naziv	Julon, Proizvodnja poliamidnih filamentov in granulatov d.d.																		
Naslov	Letališka cesta 15, 1000 Ljubljana																		
Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	18.493	EUR																	
Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:	5	%																	
Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja	Šifra																		
1.	FAKIN, D., STANA-KLEINSCHEK, K., KUREČIČ, M., OJSTRŠEK, A. Effects of nanoTiO ₂ -SiO ₂ on the hydrophilicity/dyeability of polyester fabric and photostability of disperse dyes under UV irradiation.	A.01																	

	2.	OJSTRŠEK, Alenka, STANA-KLEINSCHEK, Karin, FAKIN, Darinka. Characterization of nano-sized TiO ₂ suspensions for functional modification of polyester fabric. Surface & coatings technology.	A.01
	3.	FAKIN, Darinka, KUREČIČ, Manja, HRIBERNIK, Silvo, OJSTRŠEK, Alenka. Colloidal dispersions' characterization of various TiO ₂ core-shell nanoparticles for textiles functionalization.	B.03
	4.	FAKIN, Darinka, OJSTRŠEK, Alenka. Prisotnost formaldehida na PA/PP/Lycra Športnih majicah; Maribor 2014.	B.06
	5.	Vključitev v Evropsko partnerstvo za inovacije za aktivno in zdravo staranje (European Innovation Partnership on Active and Healthy Ageing)	D.03
	Komentar	<p>Vizija podjetja Aquafil Divisione Bulgari Filati skupine Bonazzi, enega največjih proizvajalcev poliamidnih filamentov in granulotov v Evropi, katerega del je Julon, je postati vodilni globalni proizvajalec sintetičnih vlaken, predvsem poliamida 6 in ključni igralec pri trajnostnem razvoju inovativnih rešitev v segmentu športnih oblačil, kopalk in spodnjega perila z naložbami v rast in odličnost. Predstavljen projekt je povezal različne industrijske panoge (kemijsko, polimerno in tekstilno) z znanstveno bazo in na tak način doprinesel k uspešnemu sodelovanju in tehnološkim izboljšavam različnih nano-struktur ter njihovih aplikacij, glede na namen uporabe. Hitro prilagajanje izdelkov potrebam in zahtevam kupcev in s tem ohranjanje in pridobivanje novih kupcev in posledično povečanje gospodarskega poslovanja vseh vključenih podjetij je glavni cilj takšnega sodelovanja.</p> <p>Med pomembne rezultate raziskovanja za nas kot sofinancerja štejemo tudi objave več izvirnih znanstvenih člankov in prisotnost raziskovalcev na različnih znanstvenih konferencah, kjer so bili predstavljeni rezultati našega skupnega dela. Za nas je pomembno poznavanje vpliva TiO₂-SiO₂ nanodelcev na hidrofilnost, kakor tudi na sposobnost obarvanja in vpliv umetnega UV sevanja na učinek bledenja obarvanih materialov. Ugotovili smo, da UV obsevanje pomembno vpliva na spremembo barvne nianse, zlasti na svetlost in jakost obarvanja, vendar večja količina dodanega SiO₂ lahko prepreči neželjeno fotokatalitično delovanje nanoTiO₂, kar ima uporabno vrednost v našem procesu proizvodnje.</p> <p>Z uspešno vključitvijo Univerze v Mariboru v Evropsko partnerstvo za iniciative in zdravo staranje (European Innovation Partnership on Active and Healthy Ageing) - EIP AHA, bo tudi v prihodnosti omogočeno še poglobljeno sodelovanje sofinancerja in Univerze v Mariboru tako na EU in nacionalnih projektih, še zlasti v sklopu Obzorja 2020, kar je tudi cilj vsakega takšnega partnerstva.</p>	
	Ocena	<p>Sofinancer podjetje Julon d. d. potrjuje, da je delo na projektu potekalo skladno z načrtovanimi aktivnostmi ob sodelovanju vseh partnerjev v projektu in da ima tovrstno sodelovanje različnih partnerjev, ki prihajajo tudi iz različnih področij še poseben pomen. Tehnologija, ki je bila razvita v okviru projekta bi se kot taka lahko aplicirala tudi na druga industrijska področja v Sloveniji, kot so papirna industrija, kemijska industrija in farmacija.</p>	
3.	Naziv	Industrijski razvojni center slovenske predilne industrije - IRSPIN	
	Naslov	Kidričeva 1, 1270 Litija	
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	8.219	EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:	2	%

Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		Šifra
1.	FAKIN, D., STANA-KLEINSCHEK, K., KUREČIČ, M., OJSTRŠEK, A. Effects of nanoTiO ₂ -SiO ₂ on the hydrophilicity/dyeability of polyester fabric and photostability of disperse dyes under UV irradiation.	A.01
2.	EHMANN, H.M.A...; Generalized indirect Fourier transformation as a valuable tool for the structural characterization of aqueous nanocrystalline cellulose ...	A.01
3.	OJSTRŠEK, Alenka, STANA-KLEINSCHEK, Karin, FAKIN, Darinka. Self-cleaning ability of PES fabric functionalized by nano-sized TiO ₂ .	B.03
4.	FAKIN, Darinka, KUREČIČ, Manja, HRIBERNIK, Silvo, OJSTRŠEK, Alenka. Colloidal dispersions' characterization of various TiO ₂ core-shell nanoparticles for textiles functionalization.	B.03
5.	Vključitev v Evropsko partnerstvo za inovacije za aktivno in zdravo staranje (European Innovation Partnership on Active and Healthy Ageing)	D.03
Komentar	<p>V raziskavi smo uporabili izbrane tekstilne materiale izdelane iz naravnih in sintetičnih vlaken ter njihovih mešanic, ki jih uporabljamo tudi v našem podjetju. Za povečanje sposobnosti vezanja smo uporabili plazemsko tehnologijo.</p> <p>Uspešnost površinske funkcionalizacije, kakor tudi uspešnost vključevanja v polimerno matrico, je bila odvisna predvsem od sinteze transparentnih TiO₂ (core-shell) nanodelcev glede na zelene funkcionalne lastnosti materiala, kot tudi razvoja postopka njihove trajne aplikacije.</p> <p>Tekom predstavljenega projekta smo razvili različne aplikacijske tehnike za trajno površinsko modifikacijo različnih tekstilnih materialov z TiO₂ nanodelci. Pri tem smo preučili vpliv različnih procesnih parametrov in dodatek različnih barvil, pomožnih sredstev in/ali aditivov na količino in egalnost nanosa nanodelcev z namenom optimiziranja postopka plemenitenja. Učinkovitost razvitih postopkov smo preučili pred in po večkratnem pranju glede na mehanizem vezave, površinsko aktivnost in morfološke lastnosti, kot tudi novo dobljene funkcionalne lastnosti.</p> <p>S trajno aplikacijo TiO₂ nanodelcev smo razvili in izdelali visoko učinkovite nano-modificirane multifunkcionalne tekstilne materiale; povečali smo predvsem zaščito pred UV sevanjem, hidrofilnost/hidrofobnost, samočistilno sposobnost, kot tudi antimikrobne in antioksidativne lastnosti, ne da bi vplivali na poslabšanje fizikalno-mehanskih lastnosti.</p> <p>Ker se je Univerzi v Mariboru v času našega projektne sodelovanja uspelo vključiti v Evropsko partnerstvo za iniciative in zdravo staranje (European Innovation Partnership on Active and Healthy Ageing) - EIP AHA, bo tudi v prihodnosti mogoče še poglobljeno sodelovanje sofinancerja in Univerze v Mariboru tako na EU in nacionalnih projektih, še zlasti v sklopu Obzorja 2020.</p>	
Ocena	<p>IRSPIN, ki je v tem projektu sodeloval kot partner potrjuje, da je projekt potekal skladno s postavljenimi smernicami in cilji. Rezultate tega projekta so bili objavljeni v 4-ih izvirnih znanstvenih člankih v mednarodnih revijah, ki jih indeksira SCI Expanded in SSCI in v 13-ih prispevkih na mednarodnih konferencah, kar predstavlja pomemben izvorni znanstveni doprinos tako na slovenskem kot mednarodnem raziskovalnem področju. Na tak način smo predstavili rezultate širši</p>	

	raziskovalni srenji ter izmenjali izkušnje in ideje s tujimi strokovnjaki na področju funkcionalizacije različnih vlaknotvornih polimernih materialov, kar odpira tudi nove možnosti tako na področju raziskovalnega sodelovanja, kot tudi na področju trženja tovrstnih izdelkov.
--	--

13. Izjemni dosežek v letu 2014¹²

13.1. Izjemni znanstveni dosežek

V izvirnem znanstvenem članku »Effects of nanoTiO ₂ -SiO ₂ on the hydrophilicity/dyeability of polyester fabric and photostability of disperse dyes under UV irradiation« smo opisali raziskavo, pri kateri smo obdelovali PES tkanine s kombinacijo treh industrijsko pripravljenih TiO ₂ -SiO ₂ disperzij z različnim deležem SiO ₂ in treh disperznih barvil v dveh koncentracijah po enokopelnem izčrpalnem visokotemperaturnem postopku. Obarvane/nano modificirane tkanine smo izpostavili umetnemu UV sevanju z namenom, da bi preučili neželene učinke bledenja barvil zaradi TiO ₂ . Kemijske in morfološke spremembe na površini vlaken smo zasledovali s FTIR in SEM. Z merjenjem stičnega kota smo ugotovili, da pride pri nižjem deležu SiO ₂ do večjega omakanja. Ob prisotnosti TiO ₂ hibridov pride do svetlejšega obarvanja tkanin, odvisno od vrste barvila in koncentracije. UV obsevanje vpliva na spremembo nianse, svetlost in jakost obarvanja, čeprav večja količina SiO ₂ prepreči neželjeno fotokatalitično delovanje TiO ₂ .

13.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

--

ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	L2-4060
Naslov projekta	Funkcionalizacija celuloznih materialov za razvoj novih sanitetnih ter medicinskih tekstilij
Vodja projekta	19753 Lidija Fras Zemljič
Tip projekta	L Aplikativni projekt
Obseg raziskovalnih ur	8430
Cenovni razred	B
Trajanje projekta	07.2011 - 06.2014
Nosilna raziskovalna organizacija	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	377 Zavod za zdravstveno varstvo Maribor 481 Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta 2318 TOSAMA Tovarna sanitetnega materiala d.o.o. 3334 NACIONALNI LABORATORIJ ZA ZDRAVJE, OKOLJE IN HRANO
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.14 Tekstilstvo in usnjarstvo 2.14.02 Tekstilna kemija
Družbeno-ekonomski cilj	07. Zdravje
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	2 Tehniške in tehnološke vede 2.11 Druge tehniške in tehnološke vede

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

2. Povzetek raziskovalnega projekta¹

SLO

Projekt predstavlja funkcionalizacijo celuloznih vlaknatih materialov ob uporabi alternativnih aminskih polisaharidov za doseg protimikrobne učinkovitosti. V prvi fazi smo tako preučili adsorpcijo le teh na vlaknotvorne polimere; celulozo. Poudarek je bil na študiju manipulacije vezave tovrstnih formulacij z namenom ugotavljanja optimalnih

učinkov delovanja le-teh, bodisi permanentno vezanih na mejni površini celuloznega materiala (obstoja vezava) ali adsorbiranih tako, da bo omogočeno sproščanje le-teh s površine materiala v kontaktno območje. Eden izmed najpomembnejših aspektov projekta je sistematična študija interakcij med protimikrobno funkcionalizirano površino celulozних materialov in širokim spektrom patogenih bakterij in gliv. Na področju raziskav interakcij med bakterijskimi in glivnimi sistemi ter bioaktivnimi površinami polimernih materialov namreč obstaja še vedno velika vrzel, saj večina testiranj poteka le v tekočih medijih in ne na kompleksnih heterogenih sistemih kot so funkcionalizirani vlaknati materiali.

V okviru projekta so tako razvita nova znanja na področju mikrobiološkega testiranja, saj smo natančno preučili prednosti in slabosti uporabe določenih standardiziranih protimikrobnih metod, ki temeljijo na klasičnih gojitvenih tehnikah in so v splošni uporabi v tekstilni industriji. Še pomembneje pa je, da smo raziskali možnosti vpeljave in uporabe novih, bolj natančnih in zanesljivih postopkov protimikrobnega testiranja z uporabo naprednih tehnik za protimikrobno funkcionalizirane tekstilije.

Razvoj novih naprednih protimikrobno funkcionaliziranih tekstilij in zanesljivih metod za analizo mikrobioloških parametrov bo Tosami d.d. omogočil lasten razvoj izdelkov z visoko dodano vrednostjo v prihodnosti, s tem pa možnost ohranjanja konkurenčnosti na svetovnih trgih. Prav tako bo omogočil resnejši pristop k testiranju protimikrobnih tekstilij, ki predstavljajo v Tosami kar velik segment produktov.

ANG

The project presents the functionalization of cellulose material using biodegradable alternative amino polysaccharides for introducing of antimicrobial properties. The interaction studies between cellulose and polysaccharides were done. Adsorption and desorption processes were analysed. One of the most important aspects of the project is also a systematic study of interactions between functionalized surface of cellulose fibers and a broad spectrum of pathogenic bacteria and fungi. There is still a large gap in the research field of interactions between bacterial and fungal systems and bioactive surfaces of polymeric cellulose materials that are most frequently used in numerous advanced industrial branches, as majority of tests have been performed only in liquid media and not on complex heterogeneous systems such as functionalized fibrous materials. The project is based on the establishment of applicable protocols to test the presence / absence of pathogens, and as a verification of the activity of the functionalized surfaces of the mentioned functionalized cellulose polymers.

The proposed project significantly contributes to the new knowledge on the field of microbiological testing. It points out the advantages and disadvantages of certain standardized culture dependent antimicrobial methods that are generally used in textile industry. But the most important aspect is focused toward the development of new, more reliable procedure of antimicrobial testing of functionalized textiles by using new techniques.

The development of the new antimicrobial functionalised medical textiles and the accurate and reliable methods for the analyses of microbiological activity parameters will enable Tosama d.d. its own future development of high value added products, and as such, to get better chances in world market positioning.

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu²

Raziskovalno delo je potekalo v skladu z načrtovanimi delovnimi sklopi.:

DS1: Selekcija in modifikacija polisaharidov

V raziskavah je bil poudarek na pripravi in karakterizaciji hitozanskih raztopin in disperzij hitozanskih nanodelcev. Pri tem sta bila uporabljena medicinski hitozan (CS) in derivat hitozana, *N,N,N*-trimetil hitozan (TMC), pridobljena iz užitnih gob *Agaricus bisporus*. Naboj raztopin in disperzij hitozana je bil preučen z uporabo potenciometrične in polielektrolitske titracije. pH odvisno nabijanje CS in različnih TMC raztopin je bilo določeno s potenciometrično titracijo, kjer je CS pokazal najvišjo stopnjo naboja med vsemi testiranimi produkti. Naboj pri analiziranih TMC-jih je variiral glede na stopnjo trimetil substitucije (stopnjo kvarternizacije; *ang. degree of quaternization* - DQ); višja kot je bila DQ, manjši je bil pozitiven naboj zaradi manjšega števila prostih aaminskih skupin, ki lahko protonirajo. Množina aaminskih in/ali kvarternih amonijevih skupin po sintezi CS nanodelcev (CSNP) in TMC nanodelcev (TMCNP) je bila preučena s polielektrolitskimi titracijami. Preostanek skupin je bil pri CSNP 67 % in pri TMCNP 72 %. Določitev pozitivnega naboja raztopin in disperzij nanodelcev je bila izrednega pomena za nadaljnje razumevanje antimikrobne aktivnosti hitozanov, kakor tudi adsorpcijskih in desorpcijskih procesov na/z celuloznih površin (modelnih filmov ali realnih sistemov – celuloznih vlaken). Posebna pozornost v projektu je bila usmerjana ravno k evalvaciji antimikrobne aktivnosti raztopin in disperzij v odvisnosti od dostopnega pozitivnega naboja oz. prisotnosti nanodelcev. Ugoden vpliv pozitivnega naboja na inhibicijo mikrobov se je pokazal pri določevanju minimalne inhibitorne koncentracije (MIC), kjer je CS učinkoval najboljše na vse testirane mikroorganizme (*S. aureus*, *E. coli*, *C. albicans*). Raztopina CS je pokazala boljšo učinkovitost v primerjavi z disperzijo nanodelcev CSNP, kar kaže na to, da ima polikationski značaj hitozana bistveno vlogo pri inhibiciji mikrobov. TMC (z DQ 66 %, TMC 66) kljub temu, da nosi permanenten pozitiven naboj na polimerni verigi, ni pokazal boljše antimikrobne aktivnosti kot CS. Zanimivo je tudi, da disperzije CSNP in TMCNP niso učinkovale bolje v primerjavi z raztopinami CS in TMC. MIC vrednosti so bile najvišje pri kandidi, kar kaže na dejstvo, da je kandida med vsemi testiranimi mikroorganizmi najbolj rezistentna na hitozan, še posebej na TMC. Natančna določitev MIC vrednosti raztopin in disperzij nanodelcev je bila izredno pomembna z vidika izbire koncentracijskega območja za kasnejšo funkcionalizacijo celuloznih vlaken.

DS2: Karakterizacija naravnih in regeneriranih celuloznih vlaknatih materialov

Celuloznim vlaknom (bombažu in viskozi), predobdelanim in neobdelanim smo določili pomočjo tenziometrične metode hidrofilni/hidrofobni karakter, opredelili naboj vlaken ter določili s SEM mikroskopijo morfologijo površin. Ugotovili smo da se z pred-obdelavo vlaken zviša hidrofilni značaj, kakor tudi dostopnost karboksilnih skupin.

DS3: Študij adsorpcije polisaharidov in postopkov za manipulacijo vezave (permanentna/nepermanetna) in DS6: Karakterizacija protimikrobno funkcionaliziranih celuloznih materialov

Z namenom kreiranja medicinskih tekstilij je bil viskozni tamponski trak funkcionaliziran s CS in TMC ter CSNP in TMCNP. Imobilizacija različnih formulacij hitozana na viskozna vlakna je bila potrjena s številnimi fizikalno-kemijskimi metodami. Raziskane elektrokinetične lastnosti obdelanih vlaken so potrdile pozitiven naboj na vlaknih, ki je posledica adsorbiranega hitozana, kajti vlakna imajo sama po sebi skupine, ki kažejo negativen značaj. Določitev zeta potenciala (ZP) je prispevala k poznavanju interakcij na mejnih površinah trdo-tekoče (vlakno – elektrolit). ZP je pokazal, da imajo TMC-obdelana vlakna pozitiven značaj tudi v alkalnem področju, ki je posledica permanentnega pozitivnega naboja na trimetil amonijevih skupinah, medtem ko imajo CS-obdelana vlakna še vedno rahlo negativen značaj, tipičen za celulozo. Čeprav je ZP kvalitativna tehnika, je omogočila vpogled v kvantifikacijo adsorpcije, ki je indicirala na višjo adsorpcijo pri obdelavi z disperzijami nanodelcev pri pH 7. Kvantitativna določitev pozitivnega naboja na vlaknih je bila izvedena spektrofotometrično s konvencionalno metodo C.I. Acid Orange 7. Večja vsebnost aaminskih skupin je bila detektirana na vlaknih funkcionaliziranih pri pH 7, kot pri tistih s pH 4. Obdelava z disperzijo hitozanskih nanodelcev pri pH 7 je prispevala k najboljši adsorpciji, kar je bilo razvidno iz večjega števila dostopnih aaminskih skupin, ki so lahko formirala kompleks z anionskimi skupinami barvila Acid Orange 7. Elementarna sestava površine vlaken preučena s fotonsko elektronsko spektroskopijo (XPS) je potrdila rezultate dobljene z ZP in Acid Orange 7 tehniko. Prav tako soToF-SIMS analize potrdile prisotnost hitozana na površini, vendar so pokazale, da so obdelave neenakomerne, kar vodi do večjih odstopanj pri rezultatih. Morfologija obdelanih vlaken je bila preučena z vrstično elektronsko mikroskopijo. Različne obdelave vlaken so prispevale k drugačnim morfologijam, od tankih, filmu-podobnih prevlek do debelejših, grobih površinskih obdelav. Sorpcijske in mehanske lastnosti funkcionaliziranih vlaken so bile prav tako testirane. Rezultati sposobnosti zadrževanja vode so pokazali, da različne hitozanske obdelave nimajo negativnega vpliva na absorpcijske lastnosti vlaken. Pri mehanskih lastnostih so po obdelavi bile zaznane neznatne spremembe pretržne sile in raztezka, ki pa naj ne bi v veliki meri vplivale na končne lastnosti izdelka. Spremljanje desorpcije CS in TMC ter CSNP in TMCNP so bile prav tako zasledovane pri vseh vzorcih. Meritve kinetike desorpcije so pokazale, da se na začetku (že po 1 h) desorbira večina produkta, po 4 h pa je dosežen maksimum desorpcije. Večja desorpcija je bila zaznana pri vlaknih obdelanih pri pH 4, kot tistih obdelanih pri pH 7. pH desorpcijskega medija ni imel bistvenega vpliva na samo desorpcijo hitozana in hitozanskih nanodelcev; večji vpliv je bil zaznan pri pH-ju uporabljenem za obdelavo vlaken.

DS4: Uvajanje in optimizacija metod za analizo protimikrobnosti vlaknatih površin

Sprva smo preverili uporabnost različnih testov za referenčna vlakna. Kemijsko-fizikalne parametre vlaken smo, kot že rečeno, določili s pomočjo tenziometra, potenciometričnih titracij in elektronske mikroskopije. Mikrobiološke lastnosti pa smo testirali v različnih laboratorijih v skladu z različnimi standardnimi metodami (ASTM E2315, »time kill« metoda. ASTM E 2149 in JIS L 1902) na različnih institucijah, kjer so te metode dobro vpeljane. Na osnovi rezultatov raziskave ne moremo z gotovostjo trditi, da imajo površinska energija, polarnost površin, hidrofilno/hidrofobni karakter ali morfologija površin vlaknatih vzorcev signifikantni vpliv na njihov protimikrobni učinek. Ugotovili smo, da so rezultati metod za določanje mikrobiološkega učinka v največji meri odvisni od natančnosti izvedbe postopka, pa tudi od interpretacije rezultatov. Najbolj ponovljivi sta bili metodi ASTM 2149 in Time-kill metoda. Ti metodi smo uporabili za funkcionalizirana vlakna. Obe metodi sta pokazali, da imajo CS-obdelana vlakna v splošnem boljšo sposobnost inhibicije mikroorganizmov kot TMC-obdelana vlakna. Takšni rezultati so bili pričakovani glede na to, da so rezultati MIC za CS in TMC pokazali enako. Prav tako sta obe metodi potrdili, da so vlakna obdelana s TMC popolnoma neučinkovita proti *E. coli* in da imajo zmanjšano aktivnost na *C. albicans*, kakor ugotovljeno že pri testiranju raztopin in nanodelcev.

DS5: Uvajanje molekularnih tehnik za analizo protimikrobnosti vlaknatih površin - verižna reakcija polimeraz (PCR)

PCR v realnem času (real-time PCR) ali kvantitativna PCR (qPCR) je različica PCR tehnike uporabna za kvantifikacijo DNA ali RNA v vzorcu. Z uporabo sekvenčno-specifičnih primer, lahko določimo relativno število kopij določene DNA ali RNA. Kvantifikacija je mogoča z merjenjem količine pomnoženih produktov v vsaki stopnji tekom PCR cikla. Pomnožene produkte pa lahko kvantificiramo z uporabo fluorescentnih sond ali fluorescentnih barvil, ki se vežejo na DNA in z uporabo qPCR naprav, ki merijo fluorescenco, medtem ko izvajajo temperaturne spremembe, potrebne za PCR cikle. Naredili smo preliminarne teste za normalizirano DNA koncentracijo izolirane *Staph. aureus* bakterije in sicer smo spremljali rast na inokuliranem vzorcu, pred in po izpostavitvi celuloznim vlaknom. Ugotovili smo, da hitozan deluje reduktivno samo pri nižjih temperaturah (12 °C).

Nadalje smo v tem sklopu vpeljali še dve novi tehniki; i) difuzijska magnetna resonanca ter določanje intracelularnega kationskega kalija z atomsko emisijsko spektroskopijo ter potenciometrično titracijo z kalijevo ion-selektivno elektrodo.

Z namenom natančne preučitve mehanizma delovanja hitozana na laktobacile- kot predstavnika zdravih mikroorganizmov - je bil vpeljan nov pristop z uporabo difuzijske magnetne resonance (D-NMR), ki je omogočila spremljanje izmenjave intra- in ekstracelularne vode iz celic laktobacilov. Rezultati so pokazali, da hitozan reagira s celično membrano in povzroči iztekanje intracelularnih komponent ter posledično vodi do smrti celic.

Za kvantitativno določitev intracelularnega kationskega kalija, smo uporabili kemijski analizni tehniki, in sicer atomsko emisijsko spektroskopijo ter potenciometrično titracijo z kalijevo ion-selektivno elektrodo. Vzoredno smo kot kontrolno tehniko izvedli še mikrobiološko *time-kill* metodo. Tehnike smo medsebojno primerjali. Ugotovili smo, da je protimikrobno delovanje hitozana časovno odvisno in šele po 18 urah daje zadovoljivi učinek. To podaja dvome v standardne tehnike protimikrobnega testiranja vlaken, ki največkrat opredelijo delovanje protimikrobnega agensa po 1 urni inkubaciji. Zaključimo lahko, da smo uspešno vzpostavili tehniko določitve kalija z potenciometričnimi titracijami s kalijevo ion-selektivno elektrodo. Analizna metoda sovпада z atomsko emisijsko spektroskopijo, kakor tudi z mikrobiološko *Time-kill* metodo, vendar je za razliko od slednjih zelo enostavna za uporabo, hitra in poceni.

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

Ocenjujemo, da smo zelo dobro realizirali zastavljeni program. Ugotovili smo, da sistematični pristop k protimikrobnem testiranju vlaken omogoča poznavanje protimikrobnih lastnosti vlaken do potankosti. Potrebna je kombinacija različnih metod ter "Round Robin" testiranj. V okviru projekta smo dosegli še več od pričakovanih ciljev. Skupaj z našimi mednarodnimi partnerji (UNI Lund, Švedska ter UNI Zagreb) smo razvili dve znanstveni metodi za protimikrobno testiranje vlaknotvornih polimerov: i) difuzijska magnetna resonanca ter določanje intracelularnega kationskega kalija z atomsko emisijsko spektroskopijo ter potenciometrično titracijo z kalijevo ion-selektivno elektrodo, kar predstavlja znanstveno novost.

Z namenom natančne preučitve mehanizma delovanja hitozana na laktobacile je bil vpeljan nov pristop z uporabo difuzijske magnetne resonance (D-NMR), ki je omogočila spremljanje izmenjave intra- in ekstracelularne vode iz celic laktobacilov. Rezultati so pokazali, da hitozan reagira s celično membrano in povzroči iztekanje intracelularnih komponent ter posledično vodi do smrti celic.

Za kvantitativno določitev intracelularnega kationskega kalija, smo uporabili kemijski analizni tehniki, in sicer atomsko emisijsko spektroskopijo ter potenciometrične titracije z kalijevo ion-selektivno elektrodo. Vzoredno smo kot kontrolno tehniko izvedli še mikrobiološko *time-kill* metodo. Tehnike smo medsebojno primerjali. Ugotovili smo, da je protimikrobno delovanje hitozana časovno odvisno in šele po 18 urah daje zadovoljivi učinek. To podaja dvome v standardne tehnike protimikrobnega testiranja vlaken, ki največkrat opredelijo delovanje protimikrobnega agensa po 1 urni inkubaciji. Zaključimo lahko, da smo uspešno vzpostavili tehniko določitve kalija z potenciometričnimi titracijami s kalijevo ion-selektivno elektrodo. Analizna metoda sovпада z atomsko emisijsko spektroskopijo, kakor tudi z mikrobiološko *Time-kill* metodo, vendar je za razliko od slednjih zelo enostavna za uporabo, hitra in poceni.

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

Tekom projekta ni prišlo do večjih sprememb. Sestava projektne skupine se je zaradi zaposlitev druge ali porodniških staležov spremenila. Pomeni, da so bili raziskovalci zamenjani z drugimi ustreznimi raziskovalci in tako vsebinska izvedba projekta ni bila motena.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁵

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	17938454	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Nova sinergistična formulacija med kationskim tenzidom in hialuronsko kislino kot protimikrobni premaz vlaken.
		<i>ANG</i>	A novel synergistic formulation between a cationic surfactant from lysine and hyaluronic acid as an antimicrobial coating for advanced cellulose materials
	Opis	<i>SLO</i>	Podana je študija nanosa nove protimikrobne formulacije hialuronska kislina-naravni tenzid na površino vlaken. Podana je karakterizacija vlaken ter njegove protimikrobne lastnosti.
		<i>ANG</i>	Study presents the adsorption of synergistic formulation of hyaluronic acid and lysine based surfactant onto fibres. The physico-chemical properties of fibres were determined as well as antimicrobial efficiency.
	Objavljeno v	Chapman & Hall; Kluwer Academic Publishers; Cellulose; 2014; Vol. 21, issue 4; str. 2647-2663; Impact Factor: 3.033; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.853; A'': 1; A': 1; WoS: PJ, QJ, UY; Avtorji / Authors: Bračič Matej, Pérez Lourdes, Martínez-Pardo Rosa Infante, Kogej Ksenija, Hribernik Silvo, Šauperl Olivera, Fras Zemljič Lidija	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
2.	COBISS ID	17387030	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Protimikrobna in antioksidativna funkcionalizacija viskoznih vlaken z uporabo formulacije hitozankurkuma

	ANG	Antimicrobial and antioxidant functionalization of viscose fabric using chitosan-curcumin formulations
Opis	SLO	Namen raziskovalnega dela je razvoj novih sinergističnih formulacij med hitozanom in kurkuminom, ki bodo izkazovale protimikrobne in antioksidativne lastnosti. Formulacije smo adsorbirali na viskozno tkanino z namenom protimikrobne in antioksidativne funkcionalizacije, ki je bistvena za medicinske tekstilije. Izvedli smo različne tehnike nanosa z različnimi kombinacijami obeh raztopin polimerov (hitozankurkumin) ter med njimi poiskali tisto, ki nam podaja optimalno delovanje vseh želenih lastnosti. Preučili smo tudi vezavo teh dveh spojin na tekstilni material ter ugotoviti naravo vezave oz. desorpcijo substanc s površine vlaken. Ugotovili smo, da formulacija deluje sinergistično.
	ANG	The purpose of this work was to develop new additive combinations between chitosan and curcumin in solutions as a fiber-coating. Diverse additive combinations between chitosan and curcumin in solutions were adsorbed onto viscose fabrics in order to reach the essential antimicrobial and antioxidant functionalization for medical textiles. The goal of this paper was to examine the adsorption of these two compounds as an additive formulation on viscose textile material as well as to analyze the desorptions of both substances from the fabric surface. Finally, the antimicrobial and antioxidant properties of viscose fabrics functionalized by chitosan-curcumin formulations were respectively examined. Curcumin as an adsorbate for textiles in combination with chitosan represents an added-value because of its anti-oxidative properties, and showing the potential to enhance existing antimicrobial performance of chitosan when applied using the preferred procedure.
Objavljeno v		Sage Publications; Textile research journal; 2014; Vol. 84, no. 8; str. 819-830; Impact Factor: 1.332; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.907; A': 1; WoS: QJ; Avtorji / Authors: Fras Zemljič Lidija, Volmajer Valh Julija, Ristić Tijana, Bračić Matej, Šaupperl Olivera, Kreže Tatjana
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine⁶

	Družbeno-ekonomski dosežek	
1.	COBISS ID	17585942 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Nano-functionalised tampons for gynaecological use
		ANG Nano funkcionalizirani tamponi za ginekološko uporabo
	Opis	SLO Podane so razsikave tehnologij priprave nanodelcev za razvoj novih tamponov.
		ANG The description of different technologies of nanoparticles preparation as fibre coating toward new tampon development.
	Šifra	D.05 Akreditacija laboratorija
Objavljeno v	Fakulteta za strojništvo; 2013; [34] str.; Avtorji / Authors: Fras Zemljič Lidija, But Igor, Ristić Tijana, Zabret Andrej, Kralj Kunčič Marjetka, Seme Katja, Poljak Mario, Bele Marjan, Maver Uroš, Strnad Simona, Šaupperl Olivera, Kreže Tatjana, Hribernik Silvo, Bračić Matej, Žižek Vida, Kos Tanja	
Tipologija	2.12 Končno poročilo o rezultatih raziskav	
2.	COBISS ID	17598230 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Protimikrobne medicinske tekstilije z inkorporiranimi nanodelci hitozana za ginekološko uporabo

	ANG	Antimicrobial medical textiles based on chitosan nanoparticles for gynaecological treatment
Opis	SLO	<p>Celulozna vlakna so bila funkcionalizirana s nanodelci hitozana. Izvedena je bila študija interakcij nanodelci-vlakno in podana podrobna fizikalno kemijska in protimikrobna karakterizacija le-teh.</p> <p>Vlakna pripravljena v sklopu doktorske disertacije se lahko uporabljajo kot napredne medicinske tekstilije na področju ginekologije kot preventiva (antimikrobno delovanje) ali kurativa (dostavni sistemi za zdravila) brez negativnih učinkov na naravno mikrobioto.</p> <p>Glede na dobljene rezultate je bila hipoteza zastavljena v uvodu disertacije potrjena. Nanos hitozanskih nanodelcev na celulozna vlakna zagotavlja antimikrobni učinek na mikroorganizme, ki običajno povzročajo vaginalne infekcije. Pripravljeni materiali nimajo negativnega učinka na laktobacile in tako ne vplivajo na naravno mikrobioto in niso citotoksični. Takšna vlakna so ustrezna rešitev za alternativno ginekološko zdravljenje.</p> <p>Vlakna pripravljena v sklopu doktorske disertacije se lahko uporabljajo kot napredne medicinske tekstilije na področju ginekologije kot preventiva (antimikrobno delovanje) ali kurativa (dostavni sistemi za zdravila) brez negativnih učinkov na naravno mikrobioto.</p> <p>Glede na dobljene rezultate je bila hipoteza zastavljena v uvodu disertacije potrjena. Nanos hitozanskih nanodelcev na celulozna vlakna zagotavlja antimikrobni učinek na mikroorganizme, ki običajno povzročajo vaginalne infekcije. Pripravljeni materiali nimajo negativnega učinka na laktobacile in tako ne vplivajo na naravno mikrobioto in niso citotoksični. Takšna vlakna so ustrezna rešitev za alternativno ginekološko zdravljenje.</p>
	ANG	<p>The aim of this dissertation was to develop a novel medical tampon for alternative gynaecological treatment using chitosan nanoparticles as an antimicrobial agent or as a drug delivery system. For this purpose viscose tampon band was used and functionalized with chitosan and trimethyl chitosan nanoparticles. A comprehensive study of interactions between chitosan and cellulose as well as characterization of prepared materials was done. At the beginning, chitosan (CS) and trimethyl chitosan (TMC) solutions, as well as nanoparticles synthesised from CS and TMC were studied. Their characterization was focused on determining the charge and antimicrobial properties against common pathogenic microorganism. The influence of cationic charge on the inhibition of microbial growth was confirmed. Since CS and TMC solutions and nanoparticles dispersions exhibited antibacterial activity against <i>Lactobacillus</i>, a detailed investigation in chitosan's antimicrobial mode of action was performed using a novel diffusion nuclear magnetic resonance (D-NMR). D-NMR allowed the monitoring of intra- and extracellular water exchange from the cells indicating the membrane alteration and leakage of intracellular constituencies. In order to study the adsorption phenomena and molecular interactions between CS/TMC (solution or nanoparticles) and cellulose material, model cellulose surfaces were used, and adsorption was studied by quartz crystal microbalance with dissipation. CS and TMC were favourably deposited onto cellulose model surface at higher ionic strength, higher pH values, i.e. factors causing lower solubility, where the presence of electrostatic interactions was negligible and non-electrostatic interactions were dominant. The knowledge gained from the model surfaces was extremely helpful in characterization of real systems, i.e. functionalized cellulose fibres and for understanding the obtained results.</p> <p>Immobilization of CS and TMC (in the form of solution and/or nanoparticles) onto cellulose viscose fibres was confirmed with several analytical methods. The attachment of chitosan onto fibres was reversible, as endorsed with desorption studies mimicking the conditions</p>

		of vaginal usage. Evaluation of antimicrobial properties was performed using two different techniques, both revealing a high inhibition of the tested microorganism. In addition, Lactobacillus susceptibility testing has shown that chitosan-coated fibres do not have any negative influence on the resident microbiota. Assessment of in vitro cytotoxicity demonstrated that samples do not cause a cytotoxic effect in direct contact. Additionally, model drug was incorporated into chitosan nanoparticles and subsequently attached onto fibres in order to create modern, vaginal drug delivery systems. Antimicrobial medical textiles investigated in the scope of this dissertation show the potential for their exploitation in gynaecological field as preventive or curative treatment without triggering any adverse effects for the user.
Šifra	D.09	Mentorstvo doktorandom
Objavljeno v	T. Ristić; 2014; XV, 183 str.; Avtorji / Authors: Ristić Tijana	
Tipologija	2.08	Doktorska disertacija

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁷

Kot že rečeno, je bila v okviru projekta zaključena doktorska naloga Tijane Ristić z naslovom: PROTIMIKROBNE MEDICINSKE TEKSTILIJE NA OSNOVI HITOZANSKIH NANODELCEV ZA GINEKOLOŠKO ZDRAVLJENJE / RISTIĆ, Tijana. Antimicrobial medical textiles based on chitosan nanoparticles for gynaecological treatment : doktorska disertacija. [Maribor: T. Ristić, 2014. XV, 183 str., ilustr. <http://dkum.uni-mb.si/IzpisGradiva.php?id=43329>. [COBISS.SI-ID 17598230]/ . Nadalje je ta mlada raziskovalka dobila zaposlitev v Tosamo d.o.o in tako predstavlja rezultat k prehodu raziskovalcev v gospodarstvo.

Prav tako so bile zaključene sledeče magistrske naloge:

- MUNDA, Marko. Določitev protimikrobnega učinka medicinskih tekstilij : magistrsko delo. Maribor: [M. Munda], 2014. IX, 47 f., ilustr. <http://dkum.uni-mb.si/IzpisGradiva.php?id=44063>. [COBISS.SI-ID 17852950]

- VODIŠEK, Nives. Vpliv fizikalno-kemijskih parametrov vlaken na rezultate protimikrobnih testiranj : magistrsko delo. Maribor: [N. Vodišek], 2014. IX, 77 f., ilustr. <http://dkum.uni-mb.si/IzpisGradiva.php?id=44002>. [COBISS.SI-ID 17849622]

- BRAČIČ, Matej. Funkcionalizacija vlaken s sinergistično formulacijo tenzid-polisaharid : magistrsko delo. Maribor: [M. Bračič], 2011. IX, 82 f., ilustr. <http://dkum.uni-mb.si/Dokument.php?id=26267>. [COBISS.SI-ID 15766806]

Pomembni dosežek projekta je tudi ta, da smo v okviru projektne konzorcija vzpostavili protokole za mikrobiološka testiranja funkcionaliziranih vlaken. Vzpostavljena projektna skupina se je izkazala kot ploden konzorcij, saj trenutno nadgrajujejo svoja znanja pri prijavi novih mednarodnih projektov.

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Izjemni znanstveni dosežek je vpeljava DNMR metode na področje študija mehanizma delovanja hitozana na laktobacile. Po naši oceni, smo prva raziskovalna skupina, ki je z tovrstno tehniko preučila mehanizem protimikrobnega delovanja hitozana oz. hitozanskih nanodelcev. Prav tako smo na področju vlaken vpeljali znanstveno tehniko določitve intracelularnega kalija z atomsko absorpcijsko spektrofotometrijo ter potenciometrično titracijo. Za obe tematiki smo pripravili članek in ju poslali v revijo z visokim IF in sta trenutno v fazi evalvacije. Projekt rezultira v nova pridobljena nova znanja na področju mikrobiološkega testiranja vlaken in je osvetlil prednosti/ slabosti uporabe določenih

standardiziranih protimikrobnih metod, ki temeljijo na klasičnih gojitvenih tehnikah in so v splošni uporabi v tekstilni industriji. Nazorno je bilo pokazano, da je potrebno nekatere standardne tehnike modificirati oz. za verodostojno oceno učinka uporabiti vsaj dve. Vsi sodelujoči partnerji si bodo z tovrstno gradnjo konzorcija povečali obseg aplikativnih raziskav, saj so že v fazi prijav novih mednarodnih projektov in kreiranja novih idejnih predlogov.

ANG

Results of this work present new contribution to the fundamental knowledge on the interactions of chitosan formulations (solutions and nanoparticle dispersions) with the cellulose surfaces and to applied science of medical textiles, especially from the following viewpoints:

- NMR study of chitosan's mode of action and comprehensive study of antimicrobial properties and correlation between techniques as well as novel method of potassium efflux using spectrophotometry and potentiometry by potassium ion-selective electrode.

It was shown that antimicrobial techniques need to be modified or at least two techniques need to be combined when fibres are tested. All of the involve partners will continue scientific work within new EU proposals.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Tematika projekta je v celoti usklajena s predlaganim Nacionalnim raziskovalnim in inovacijskim programom 2011-2020, ki predvideva povezovanje med različnimi znanstvenimi vedami v zvezi z oblikovanjem širokih raziskovalnih tem na področjih, ki predstavljajo gospodarski in družbeni izziv. Osnovna tematika raziskav in razvoja, ki jo obravnava pričujoči projekt namreč povezuje dve prioritetni tematiki, definirani v nacionalnem raziskovalnem programu: področje trajnostnega razvoja in področje izboljšanja zdravja in kvalitete življenja ljudi. Projektni cilji pokrivajo vse raziskovalne prioritete Slovenske tekstilne tehnološke platforme, ki je gonilna podpora tekstilni industriji v Sloveniji. Uporaba obnovljivih funkcionalnih polimerov za izboljšanje protimikrobnih lastnosti celuloznih vlaknatih materialov bo kot produkt prispevala k zmanjšanju obremenjevanja okolja, hkrati pa bistveno prispevala k zmanjšanju števila in možnosti prenosa okužb in vnetij ter komplikacij, ki jih le-ta povzročajo. Z uporabo učinkovitih protimikrobnih biopolimerov na površinah celuloznih vlaknatih materialov, uporabnih v medicini in higieni se bo bistveno izboljšala splošna kvaliteta življenja ljudi na različnih področjih in nivojih. V okviru tega projekta razviti novi funkcionalizirani materiali bodo v paleti obstoječih izdelkov dobili posebno mesto zaradi večje dodane vrednosti (kupcu in okolju prijazen proizvod) in nenazadnje zato, ker bodo rezultat domačega znanja. Tosama bo v prihodnosti razširila svoje prodajne niše na medicinsko in farmacevtsko področje, kar vključuje sledeče potencialne proizvode: gaze, medicinske tampone, obliže. Tosama bo poleg plasiranja novih izdelkov na nove segmente trgov, vzpostavila tudi kakovosten laboratorij za protimikrobno testiranje tekstilij. Na ta način bo omogočila kvalitetno notranjo kontrolo izdelkov in hkrati izvajala zunanje storitve, kar bo dvignilo njihov dobiček ter število zaposlenih. Tehnologije in protokoli mikrobiološkega testiranja, ki bodo razviti v okviru projekta se bodo lahko aplicirali za produkcijo visoko kvalitetnih inovativnih produktov tudi na druga industrijska področja v Sloveniji (gradbeništvo, papirna in kemijska industrija, farmacija, itd.) Nenazadnje, varovanje okolja je izredno pomemben prispevek projekta. Dana tehnologija bo ponudila izdelke, ki so okolju in zdravju neškodljivi in katerih obdelava in predelava ne povzroča obremenjevanja okolja, ob hkratnem doseganju visoke funkcionalnosti za medicinske namene. Pomembno je tudi to, da znanje v okviru projekta prispeva k razvoju obstoječih, kakor tudi novih standardov.

ANG

The project topic is entirely adjusting with Republic Slovenian national research program's priorities for time period 2011-2020. Based on that, the fields which are extra perspective for Slovenia enables the deep engaged knowledge, scientific level rise and economic efficiency and are founded on human society valuableness like the fields that directly support rapid development of basic economic branch. Goals of the project are consistent

with all research priorities of Slovenian textile technology platform, which represents major support to textile industry in Slovenia. Basic research and development topic that the project is dealing with is the connection of two priority themes, defined in national research programme such as: i) Development of complex systems and innovative technologies as well as ii) Improvement of Health and human life quality. Results of project are functionalized materials which will in the near future accelerate competitiveness of the Tosama in the market and from the view of technological aspect will increase the possibility to be in the line with the most progressive world companies. New functionalized materials will be result of an entirely domestic knowledge and experience and will be friendly products for environment and for customer, respectively. New technology is basing on the use of natural and biologically degradable substances; production will be performed without the use of expensive and harmful organic reagents, therefore the strictest European ecological regulations will be fulfilled. In the frame of existing products, new products will differ in considerable higher added value which means that the company Tosama could extend its potential products as are gauzes, medical tampons, plasters etc., on the field of medicine and pharmacy, respectively.

In the company Tosama due to the project results certificated laboratory will be established shortly primarily intended for an internal monitoring of antimicrobial treatments. Even more the optimization of standard microbiological tests as well as establishing of new ones will contribute to development of new methods and standards. Moreover, the technology for fibre functionalization as well as the methodology of antimicrobial testing that would be developed during this project could in this way also be applied in other industrial fields within Slovenia such as: the paper industry, the chemical industry, pharmacy and medicine.

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

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

Cilj	
F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin
Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
Rezultat	Dosežen
Uporaba rezultatov	Delno
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj
Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
Rezultat	Dosežen
Uporaba rezultatov	V celoti
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja
Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
Rezultat	Dosežen
Uporaba rezultatov	V celoti
F.04	Dvig tehnološke ravni
Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
Uporaba rezultatov	Delno
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja
Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
Uporaba rezultatov	Delno
F.06	Razvoj novega izdelka

	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
	Uporaba rezultatov	Delno
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
	Uporaba rezultatov	Delno
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Delno
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Delno
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Delno
F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	

F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	Delno <input type="text"/>
F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	Delno <input type="text"/>
F.19	Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.20	Ustanovitev novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.21	Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.22	Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	Delno <input type="text"/>
F.25	Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>

	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.26	Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljaljskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value="Dosežen bo v naslednjih 3 letih"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value="Delno"/>
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.28	Priprava/organizacija razstave	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.29	Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value="Dosežen bo v naslednjih 3 letih"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value="Delno"/>
F.31	Razvoj standardov	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value="Dosežen bo v naslednjih 3 letih"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value="Delno"/>
F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.33	Patent v Sloveniji	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value="Dosežen bo v naslednjih 3 letih"/>

Uporaba rezultatov	Delno
--------------------	-------

Komentar

Projekt je bil uspešen. Večina kazalnikov doseženih.

11.Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva! Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visokošolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.12.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.04.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01	Dvig kvalitete življenja	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.06.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
	Ohranjanje in razvoj nacionalne					

G.05.	naravne in kulturne dediščine in identitete	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07	Razvoj družbene infrastrukture					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.09.	Drugo: Transfer znanja v gospodarstvo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	

Komentar

Projekt je bil uspešen. Večina kazalnikov doseženih.

12.Pomen raziskovanja za sofinancerje¹¹

	Sofinancer		
1.	Naziv	Tosama d.o.o	
	Naslov	Šaranovičeva Šaranovičeva cesta 25a 1230 Domžale	
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	89.948	EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:	25	%
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja	Šifra	
	1.	Izvirni znanstveni članek COBISS.SI-ID17387030	A.01
	2.	Poglavje v knjigi COBISS.SI-ID	A.03
	3.	Mentorstvo doktorandu COBISS.SI-ID 17598230]	D.09
	4.	Referat mednarodni COBISS.SI-ID 16010006	B.03
	5.	Pridobitev novih spoznanj	F.02
	Komentar	Ocenjuje se, da je delo v okviru projekta uspešno potekalo in vodilo do pomembnih rezultatov raziskovanja, razvoja uspešnih mikrobioloških testiranj.	
	Ocena	Ocenjujemo, da je sodelovanje v okviru projekta potekalo zelo dobro in plodno in si želimo še več tovrstnih projektov.	

13.Izjemni dosežek v letu 2014¹²

13.1. Izjemni znanstveni dosežek

Izjemni znanstveni dosežek je vpeljava DNMR metode na področje študija mehanizma delovanja hitozana na laktobacile. Po naši oceni, smo prva raziskovalna skupina, ki je z tovrstno tehniko preučila mehanizem protimikrobnega delovanja hitozana oz. hitozanskih nanodelcev. Na to temo smo pripravili članek, ki je v fazi evalvacije. Prav tako je bil izjemni znanstveni dosežek vzpostavitev tehnike določitve intracelularnega kalija z atomsko absorpcijsko spektrofotometrijo ter potenciometrično titracijo na področju

vlaknen. Tudi na to temo smo pripravili članek, ki je v fazi evalvacije.

13.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

Izjemne družbene ekonomske dosežke smatramo zaključitev doktorata Tijane Ristić, ki se je zaposlila v Tosami in tako prenesla znanja iz institucij znanja v gospodarstvo. Enako smatramo za magisterij Marko Munde, ki se je zaradi tematike zaposlil v v podjetju Konus Konex in ponovno prispeval k transferu znanja v gospodarstvo. Uspeh sta torej tudi ti dve novi zaposlitvi ter vzpostavitev mreženja trenutno najbolj aktualnih tekstilnih podjetij z UNI MB.

Projekti na katerih so sodelavci Fakultete za strojništvo UM izvajali raziskave kot sodelujoča raziskovalna organizacija:

Številka raziskovalnega projekta: **L2- 4166-0795 (aplikativni)**
Trajanje raziskovalnega projekta: **1.7.2011 do 30.6.2014**
Vodja raziskovalnega projekta: **Dr. Ema ŽAGAR ; Red.prof. dr. Karin STANA KLEINSCHEK**
Naslov raziskovalnega projekta: **SINTEZA DENDRONIZIRANIH POLIPEPTIDOV ZA UPORABO V BIOMEDICINI**

Številka raziskovalnega projekta: **J4- 4250-0795 (temeljni)**
Trajanje raziskovalnega projekta: **1.7.2011 do 30.6.2014**
Vodja raziskovalnega projekta: **Prof.dr. Ines MANDIČ-MULEC ; (Vodja na FS dr. Vanja KOKOL**
Naslov raziskovalnega projekta: **METAGENOMIKA ZA PREUČEVANJE IN BIORUDARJENJE BAKTERIJSKIH LAKAZ ZA SONARAVNO OHRANJANJE OKOLJA**

Številka raziskovalnega projekta: **L2-4173-0795 (aplikativni)**
Trajanje raziskovalnega projekta: **1.7.2011 do 30.6.2014**
Vodja raziskovalnega projekta: **Prof.dr. Darinka KEK MERL ; (Vodja na FS dr. T. Bončina)**
Naslov raziskovalnega projekta: **MULTIFUNKCIONALNE NANOSTRUKTURNE PREVLEKE ZA UMETNE VSADKE – KOROZIJSKI IN TRIBOKOROZIJSKI PROCESI**

Številka raziskovalnega projekta: **L2- 4124-0795 (aplikativni)**
Trajanje raziskovalnega projekta: **1.7.2011 do 30.6.2014**
Vodja raziskovalnega projekta: **Red.prof.dr. Željko KNEZ ; (Vodja na FS dr. T. Bončina)**
Naslov raziskovalnega projekta: **PROCESIRANJE POLIMEROV Z UPORABO TRAJNOSTNIH TEHNOLOGIJ**

Številka raziskovalnega projekta: **L7- 4035-0795 (aplikativni)**
Trajanje raziskovalnega projekta: **1.7.2011 do 30.6.2014**
Vodja raziskovalnega projekta: **Doc.dr. Alenka VESEL ; Red.prof.dr. Karin STANA KLEINSCHEK**
Naslov raziskovalnega projekta: **RAZISKAVE OKOLJU PRIJAZNIH POSTOPKOV ČIŠČENJA DELIKATNIH BIOMEDICINSKIH KOMPONENT**

Številka raziskovalnega projekta: **L7- 4009-0795 (aplikativni)**
Trajanje raziskovalnega projekta: **1.7.2011 do 30.6.2014**
Vodja raziskovalnega projekta: **Dr. M. MOZETIČ ; Vodja na FS dr. K. Stana Kleinschek**
Naslov raziskovalnega projekta: **FUNKCIONALIZACIJA BIOMEDICINSKIH VZORCEV S TERMODINAMSKO NERAVNOVESNO PLINSKO PLAZMO**

**ZAKLJUČNO POROČILO INFRASTRUKTURNEGA
PROGRAMA V LETIH 2009-2014**

POROČILO O REZULTATIH INFRASTRUKTURNEGA PROGRAMA V OBDOBJU 2009-2014

Poročilo je del skupnega poročila Univerze v Mariboru

A. PODATKI O INFRASTRUKTURNEM PROGRAMU

1. Osnovni podatki o infrastrukturnem programu

Šifra programa	I0-0029
Naslov programa	Univerzitetni center za elektronsko mikroskopijo
Vodja programa¹	14335 Rebeka Rudolf
Trajanje programa	01.2009 - 12.2014
Izvajalec infrastrukturnega programa	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

2. Organizacijska/e enota/e (OE) izvajanja infrastrukturnega programa²

Zap. št.	Šifra OE	Naziv OE	Vodja OE	
1.	795	Univerzitetni center za elektronsko mikroskopijo	14335 Rebeka Rudolf	

B. REZULTATI DELA INFRASTRUKTURNEGA PROGRAMA

3. Opis glavnih rezultatov in doseganja ciljev infrastrukturnega programa³

SLO

V letih 2009-2014 je program dela UCEM obsegal sledeča načrtovana področja:

- 1) Mikro-obdelavo materialov, pregled in raziskavo mikro in nano objektov ter ionsko rezanje (FIB):
 - Preverjali in preizkušali smo nano platine in-situ, ki omogoča izdelavo mikro-objektov, izdelavo povezav med posameznimi deli elementov npr. na raznih vezjih itd.
 - prav tako smo se ukvarjali s preiskavami nano-delcev in doseganjem ultra visokih mikroskopskih povečav (do 1 000 000x).
- 2) Razvoj nano-tehnologij pregleda nano-delcev:
 - razvijali smo metode priprave vzorcev primernih za visoko ločljivo elektronsko mikroskopijo in načine analiz, ki bi bile hitre, zanesljive in primerne tudi za industrijsko okolje. Le-ta namreč zahteva specialno karakterizacijo zelo majhnih delcev.
- 3) Preiskave kompleksnih bioloških vzorcev:
 - s FIB tehniko in različnimi tehnikami osvetljevanja celičnih struktur (OTOTO, Uranil-Acetat idr.).
 - razvijali smo metode tehnike karakterizacije, ki bodo dodatna potrditev hitrih »in vitro« testov bio-kompatibilnosti v bodoče.
- 4) Karakterizacija vzorcev termodinamsko metastabilnih kovinskih materialov: ki je obsegal analizo in optimiranje tehnik avtomatiziranega brušenja in poliranja za pripravo, raziskave in izdelavo receptov različnih modifikacij postopkov elektroliznega, globokega in barvnega jedkanja za identifikacijo in karakterizacijo faz, ter testiranje

različnih tehnik opazovanja na elektronskem mikroskopu (SEI, BEI) za odkrivanje mikrostrukturnih konstituentov. Z optimiranjem parametrov avtomatiziranega brušenja in poliranja so bila pri materialografskih preparatih materialov z različno mikrostrukturno (nanostrukturni kovinsko keramični kompoziti, gradientne zlitine, plastomagneti, masivni nanomateriali izdelani s postopkom ekstremne plastične deformacije) dosežena kvalitetno polirana stanja z majhnim deležem artefaktov na površini in v podpovršinskem sloju. Optimirana tehnika priprave zagotavlja ponovljivost pri pripravi vzorcev s kontroliranim deležem in vrsto artefaktov. Izdelane recepture različnih modificiranih oblik globokega in barvnega jedkanja omogočajo odkrivanje tistih faz, ki jih z običajnimi postopki jedkanja ni moč identificirati. Področje dela infrastrukturnega programa je bilo nudenje strokovne in znanstvene podpore na področju priprave različnih vzorcev, mikroskopiranja in analiziranja rezultatov. Delo na vsebini programa je omogočalo razvoj elektronske mikroskopije kot znanstvene vede. Načrtovanje raziskovalnega dela pa je bilo povezano z na novo pridobljenimi raziskovalnimi projekti, kjer smo ugotavljali nove načine in metode raziskovanja.

V okviru UCEM-a imamo dva mikroskopa in sicer t.i. okoljski vrstični mikroskop - ESEM Quanta 3D z FIB in visoko resolucijski vrstični mikroskop (HRSEM) Sirion z mikro-kemičnim EDS analizatorjem. Značilnost naše raziskovalne opreme je, da je primerna tako za inženirske materiale kot za biološke vzorce. Druga posebnost naše opreme je fokusiran ionski snop FIB SEM (ionska puška na SEM Quanta), ki omogoča ne samo tvorbo slike površine, ampak tudi obdelavo površine ter analizo mikro-strukture pod površino.

V letih 2009- 2014 smo prešli na karakterizacijo več komponentnih vzorcev. Ugotavljali smo načine karakterizacije materialov, ki so v kombinaciji: 1. kovina-polimerne prevleke in 2. polimerni tanki nanosi-biološki material ter magnezijeve zlitine-keramični material. Potrebno je bilo ugotoviti način priprave in obdelave kombiniranih vzorcev pred in med mikroskopiranjem, da se ohrani originalna oblika in struktura.

Drugi rezultati:

- Usposabljanje tehniškega sodelavca za delo na elektronskih mikroskopih. Pridobitev certifikata za samostojno delo na najnovejši opremi Centra odličnosti Nanocentra.
- Popularizacija znanosti s pomočjo elektronske mikroskopije in metalografije (sodelovanje s predavanji in predstavitvami na mednarodni šoli (DoHip Analytical course), tuji univerzi (UPS Sao Paulo). Predvsem pa delo in pomoč dodiplomskimi in podiplomskimi študentom pri njihovih raziskavah za seminarje, diplome in doktorskega dela.
- Raziskovalno delo in razvoj metod okoljske vrstične mikroskopije (ESEM), 3D rekonstrukcije ionskih slike FIB-prerezov, mikrokemične analize faz, ki vsebujejo lahke elemente in razvoju nove metode priprave vzorcev: Postopek dinamičnega globokega jedkanja in ekstrahiranja, za katero je bil podeljen slovenski in evropski patent.
- Nove metode in pridobljeno znanje smo uporabili za analizo bioloških vzorcev: odmrlih in živih mikroorganizmov, gliv, listov rastlin (buč)...
- Z novim načinom priprave vzorcev in ESEM metodo so bili pridobljeni tudi dobri rezultati pri mokrih polimerih, ki jih kemiki razvijajo za uporabo v medicini in, ki se v praktični uporabi ne smejo izsušiti in morajo obdržati originalno stanje. Uspelo nam je, kljub vakuumiranju komore, da so vzorci ostali vlažni dovolj časa, da smo izvedli zahtevane analize strukture.
- Uspešni smo bili pri analizi nanodelcev z uporabo visokoločljive mikroskopije HRSEM in posebne podlage za delce. Z ugotovljenimi inštrumentalnimi parametri (napetost, tok, delovna razdalja) in uporabo posebnega STEM detektorja, smo analizirali magnetne nanodelce obdelane z encimi velikosti od 8 nm naprej.
- Sodelovali smo pri razvoju nove metode, ki omogoča ekstrakcijo povratno sipanega koeficienta iz elektronskih slik posnetih z odbitimi elektroni. Metoda omogoča opredelitev deležev lahkih elementov kot so H, Li, Be in druge v fazah v zlitinah, ki jih z EDS mikrokemično analizo ne moremo kvalitativno določiti.
- V programu IP bil izveden razvoj in vpeljava metode za 3D-rekonstrukcijo ionske slike prečnih FIB zaporednih sekcijskih rezov in rekonstrukcija teh slik v tretjo dimenzijo. Delo je potekalo v štirih stopnjah: priprava vzorcev, zajemanje slike, rekonstrukcija in procesiranje ter analiza rezultatov.
- Pridobitev znanj za samostojno uporabo najnovejše opreme – FIB mikroskopa HELIOS FEI 650 v CO Nanomateriali, ki je predpogoj za dostop do opreme in samostojno izvajanje raziskav. Uporaba te opreme omogoča odlične rezultate z novo metodo

kvalitetne obdelave površine z ionskim snopom na vzorcih v komori mikroskopa in visokoločljivo elektronsko in ionsko sliko ter mikrokemično analizo.

4. Realizirana podpora infrastrukturnega programa raziskovalnim programom⁴

SLO

V raziskovalnem delu IP smo določali optimalne instrumentalne pogoje za detekcijo in karakterizacijo nano-delcev različnih kovinskih elementov. V tem segmentu smo sočasno testirali uporabo in razvoj metod obarvanja posameznih celičnih struktur in jedkanja kovinskih elementov. Na ta način smo s kombinacijo fokusiranega ionskega curka (FIB) kot prvi poskusili rezati biološke in medicinske vzorce ter polimerne materiale. Fokusirani ionski snop namreč omogoča rezanje vseh vrst materialov, tudi najbolj občutljivih, kot so ustrezno pripravljene celične strukture, tkiva in organi, površina pa pri tem ni poškodovana in je kot taka primerna za opazovanje in kemično analizo na točno določenem mestu. FIB smo uporabili tudi pri karakterizaciji laserskih kraterjev, plazemsko obdelanih površin, tankih prevlek in površin izpostavljenim korozijskim procesom. FIB tudi omogoča mikroskopiranje in analiziranje plasti, nanosov ter mest pod površino vzorcev, ter je tako osnova za študij procesov, ki so potekali na točno določenih mestih na vzorcu. FIB je postal tudi orodje pri ugotavljanju kakovosti izdelave mikrosenzorjev, mikroobdelave materialov in izdelave mikro- in nano objektov.

Prikaz podpore IP programa raziskovalnim programom:

P2-0118-0795-09 (Tekstilna kemija),

P2-0063-0795-09 (Inteligentno računalniško konstruiranje),

P2-0137-0795-09 (Numerična in eksperimentalna analiza nelinearnih mehanskih sistemov,

P2-0190-0795-09 (Napredni koncepti menedžmenta proizvodnje in dimenzionalnega meroslovja,

P2-0157-0795-09 (Dinamični inteligentni in povezani tehnološki sistemi in naprave DIP-TSN,

P2-0123-0795-09 (Oblačilno inženirstvo in tekstilni materiali),

P2-0196-0795-09 (Raziskave v energetskem, procesnem in okoljskem inženirstvu),

P2-0120-0795-09 (Tehnologije metastabilnih materialov s kovinsko osnovo),

P1-0112-0795-09 (Raziskave atomov, molekul in struktur s fotoni in delci).

P2-0120 Tehnologije metastabilnih materialov s kovinsko osnovo, UM, dr. Ivan Anžel

P2-0137 Numerična in eksperimentalna analiza nelinearnih mehanskih sistemov, UM, Gubeljak Nenad

P2-0190 Napredni koncepti menedžmenta proizvodnje in dimenzionalnega meroslovja, UM, dr. Bojan Ačko

P2-0046 Separacijski procesi in produktna tehnika, UM dr. Knez Željko

P2-0006 Fizikalno kemijski pojavi na površinskih plasteh in uporaba nanodelcev, UM, dr. Brodnjak-Vončina Darinka

P2-0205 Sinteza in karakterizacija materialov, UI, dr. Kosec Ladislav

P2-0344 Materiali s funkcionalno porazdeljenimi lastnostmi, UL, dr. Kugler Goran

P2-0082 Tankoplastne strukture in plazemsko inženirstvo površin, IJS, dr. Mozetič Miran

P2-0123 Oblačilno inženirstvo in tekstilni materiali, dr. Geršak Jelka

5. Realizirana podpora infrastrukturnega programa raziskovalnim projektom⁵

SLO

Za potrebe podpore infrastrukturnega programa smo se predvsem osredotočali na uporabo tehnik karakterizacije različnih nano-delcev oziroma nano-struktur. Pri tem smo poskušali identificirati posamezne karakteristične elemente oz. funkcionalne lastnosti pri ultravisokih povečavah. Razvoj nano-tehnologij namreč zahteva karakterizacijo in pojasnitev mehanizmov nastanka mikrostrukture in s tem posledično končnih lastnosti nano-materialov.

Še naprej smo izvajali raziskovalno delo za podjetja iz regije: Primat d.d., Magneti d.d.,

CIMOS – TAM Maribor, Swaty d.d., IMPOL d.d., Zlatarna Celje d.d., Container d.o.o., Metal Nova Čuprija, Metal Cinkara Čuprija, Cinkara Indija, Talum, Henkel Ecolab, Belinka idr.

Ukvarjali smo se z aktivnostmi na projektih:

Razvoj nove generacije trdih prevlek s pulznim naprševanjem,

Izdelava in karakterizacija inovativnih, litih, lahkih in sestavljenih kompozitnih materialov, Preizkušanje materialov,

Mikrostrukturne raziskave in analiza nastalih defektov na različnih izdelkih iz Au in Ag zlitin,

Razvoj biomedicinskih spominskih zlitin.

Sodelovali smo pri ARRS projektih, kjer je podpora kontinuirna:

L2-9493 Razvoj optičnega senzorskega sistema za nedestruktivno kontrolo kvalitete embaliranih mesnih izdelkov (aplikativni raziskovalni projekt),

L2-9472 Analiza sedimentacije v akumulacijskem jezeru Boštanj,

J4-1019 Ekologija in produkcija mikotoksinov pri glivah rodu *Walleimia*, kontaminantah sladke in slane hrane,

L2-9189 PVD trde prevleke kot alternativa za korozijsko zaščito Fe in Al zlitin,

L2-0330 Razvoj postopkov in obdelav za izboljšanje hemokompatibilnosti polietilentereftalatnih površin,

L2-9633 Formuliranje prašnih lakov z visokotlačnim postopkom,

L2-4212 Tehnologija izdelave Au nano-delcev

L2-5486 Biomedicinske zlitine z oblikovnim spominom

Nudili pa smo tudi podporo mednarodnim projektom:

- Graz University of Technology, Austrian Centre for Electron Microscopy and Nanoanalysis, Analytical TEM investigation of quasicrystalline samples

- Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zavod za primijenjenu fiziku, Unska 3, 10 000 Zagreb, Hrvatska: Interaction of laser UV-light with the surface of metallic materials and characterisation using focussed ion beam (FIB).

- ASULAB, A division of The Swatch Group Research and Development Ltd, Rue des Sors 3, CH – 2074 MARIN, Contract No.: P-95/2005 – ITM, Continuous casting of alloys; Experiments on the production of nickel-base and cobalt-base alloys

- Metalwerks PMD, Inc., 401 Steel Street, Aliquippa, PA 15001-5415, United States of America, Contract No.: P-128/2006 – ITM, Continuous casting of alloys

Univerzitet u Beogradu, Stomatološki fakultet: Smart dental materials

Univerzitet u Beogradu, Inštitut za fiziko, Zemun

Raziskovalni programi na Univerzi v Mariboru so sestavni del raziskovalne dejavnosti univerze in ne glede na organizacijsko umeščenost na članici, fakulteti ali inštitutu, koristijo vse storitve in opremo osrednje informacijske infrastrukture.

L2–4173 Multifunkcionalne nanostrukturne prevleke za umetne vsadke - korozijski in tribokorozijski proces, IJS, dr. Kek Merl Darinka

L2–4124 Procesiranje polimerov z uporabo trajnostnih tehnologij, UM, dr. Željko Knez

L2–2100 Razvoj nove generacije trdih prevlek s pulznim naprševanjem, IJS, dr. Peter Panjan

L2–2008 Makroporozne polimerne membrane za separacijo biomakromolekul, UM, dr. Peter Krajnc

J2–2040 Uporabna biokataliza, UM, dr. Maja Habulin

L2–2269 Izdelava in karakterizacija inovativnih, litih, lahkih in sestavljenih kompozitnih materialov, dr. Mrvar Primož

J2-6750 Zelene tehnologije za procesiranje biomaterialov, dr. Knez Željko

6. Realizirana podpora infrastrukturnega programa razvojnim programom in projektom⁶

SLO

Z analizo uporabnosti različnih konvencionalnih in modificiranih tehnik materialografske priprave in karakterizacije vzorcev sodobnih inženirskih materialov, ki potekajo v okviru infrastrukturnega programa UCEM-a, se oblikujejo smernice, ki predstavljajo konstitutivno podporo razvojnim programom in projektom na področjih razvoja novih materialov in tehnologij za njihovo izdelavo. Študije uporabnosti modificiranih tehnik

priprave in karakterizacije dajejo tudi osnovo razvoju novih tehnik materialografske priprave.

V podporo infrastrukturnega programa smo razvijali še metode priprave vzorcev, primernih za visoko ločljivo elektronsko mikroskopijo in načine analiz, ki bi bile hitre, zanesljive in primerne tudi za industrijsko okolje.

Sodelovali smo pri naslednjih razvojnih programih in projektih za sledeče uporabnike:

1. Magneti d.d.: Razvoj novih zlitinskih sistemov iz plemenitih kovin (2009-2014)- 100 ur/letno
2. Zlatarna Celje d.d.: Mikro-strukturne raziskave in analize nastalih defektov na različnih izdelkih (2009/2014)- 150 ur/letno
3. Maksim d.o.o.- Razvoj novih postopkov pocinkanja in tehnologij v kontejnerski tehniki (2009/2011) – 150 ur/letno
4. 2991 Center odličnosti polimerni materiali in tehnologije, mag. Mateja Dermastia
5. EU Projekt raziskovalni vavčer: Raziskava materiala za EKG kontaktne ploščice, UM, dr. Bončina Tonica
6. EU Projekt Raziskovalec na začetku kariere s podjetjem IMPOL, Razvoj visokotrdnostne aluminijeve zlitine, dr. Matej Steinacher
7. Projekt Razvoj kontinuirnega litja specialnih zlitin, SEAS, dr. Zupanič Franc

Dolgoročna sodelovanja z uporabniki, sodelovanje v povezavah gospodarskih in drugih organizacij (grozdi, mreže, platforme):

1. Zlatarna Celje d.d. Celje, Slovenija
2. Maksim d.o.o. Celje, Slovenija
3. Pocinkovalnica d.o.o. Celje, Slovenija
4. Container d.o.o. Celje, Slovenija
5. Swaty d.d. Maribor, Slovenija
6. Bosio d.o.o. Štore, Slovenija
7. Plasmabull Engineering GmbH, Lebring, Austria
8. Plasmait GmbH, Lebring, Austria
9. Eti d.d. Izlake, Slovenija
10. Zlatarna Celje d.o.o., Belgrade Serbia
11. Gimeco Spa, Milano, Italia
12. Vieri Spa Cassola, Italia
13. I-techmed Platforma
14. Kristal Infiz, Beograd
15. Primat d.d.
16. Chaplin Bros Wire Ltd, Birgminhan
17. Henkel Ecolab, Maribor, Slovenija
18. Catra Engineering GmbH, Graz

Raziskovalni programi na Univerzi v Mariboru so sestavni del raziskovalne dejavnosti univerze in ne glede na organizacijsko umeščenost na članici, fakulteti ali institutu, koristijo vse storitve in opremo osrednje informacijske infrastrukture.

7. Realizirana podpora infrastrukturnega programa državnim in drugim vladnim organom ali resorjem pri izvajanju njihove službe²

SLO

Podpora infrastrukturnega programa UCEM-a državnim in drugim vladnim organom pri izvajanju njihove službe se izkazuje predvsem s tehničnim in raziskovalnim delom osebja, ter vzdrževanjem opreme, ki se koristijo za potrebe razvojno raziskovalnih programov in projektov, ki so financirani s strani državnih in vladnih organov. Z reševanjem tehničnih problemov za slovenska podjetja in gospodarske družbe pa se posredno nudi tudi podpora

ministrstvu za gospodarstvo pri reševanju pereče gospodarske situacije v Sloveniji.

Sodelovali smo pri projektih, ki jih financirajo poleg Ministrstva za znanost in tehnologijo ter ARRS tudi druga ministrstva ter vladne službe.

Ministrstvo za obrambo:

M2-0209 Razvoj optičnih kemijskih senzorjev za osebno zaščito vojaka pred kemijskimi agensi,

M2-0131 Napredni optični senzori na osnovi optičnih vlaken za uporabo v obrambnih in civilnih sistemih.

Ministrstvo za gospodarstvo:

Production and properties of Nanostructural Metal – Ceramic Composites ; Nano-MCC.

Vključili smo se tudi v tehnološke platforme: Fotonika, I-techmed, idr, s čimer je UCEM pridobil nove izkušnje in znanja.

8. Pomen vsebine infrastrukturnega programa za raziskovalno dejavnost in druge uporabnike z vidika ekonomičnosti in tehnološke sodobnosti⁸

SLO

Na področju SV Slovenije je inštalirano zelo malo velike raziskovalne opreme. Raziskovalci smo vezani večino na uporabo raziskovalne infrastrukture v Ljubljani in v tujini. Izvajanje raziskav na drugih lokacijah za raziskovalce na UM pomeni dodatne stroške in večjo porabo časa ter odvisnost od drugih raziskovalnih organizacij. Specifičnost raziskav pa zahteva tudi ustrezno usposobljenost izvajalcev na raziskovalni opremi, kar pa je težko, če je ta na drugi oddaljeni lokaciji.

Drugi pomemben vidik pomena infrastrukturnega programa Univerzitetnega centra za elektronsko mikroskopijo Univerze v Mariboru je tudi, da združujemo raziskovalce z različnih področij, jim nudimo storitve mikroskopije in jim svetujemo pri nadaljnih raziskavah. S povezovanjem sodelavcev infrastrukturnega programa s posameznimi raziskovalnimi skupinami znotraj Univerze v Mariboru in drugimi je bil omogočen lažji dostop do raziskovalne opreme, večjo izkoriščenost in združevanje potreb in finančnih sredstev za nakup nove opreme.

Razvoj in optimiranje tehnik materialografske priprave vzorcev inženirskih materialov predstavlja enega od osnovnih korakov pri odkrivanju soodvisnosti med mikrostrukturo, lastnostmi in tehnologijo izdelave materiala. Poznavanje teh med seboj povezanih in soodvisnih veličin daje osnovo za razvoj novih in pravilno uporabo vse bolj kompleksnih sodobnih inženirskih materialov. Razvoj novih inženirskih materialov pa predstavlja enega od ključnih ciljev sodobne družbe z vidika ekonomičnosti in tehnološke sodobnosti.

Zaradi sodobnega razvoja gradiv in raznolikosti proizvodov na osnovi kovin, keramike, kompozitov ali bio-materialov je uvajanje zelo specializiranih, natančnih znanstveno-uporabnih metod s področja multidisciplinarnih znanosti z namenom kontrole izdelavnih procesov primarna naloga raziskovanja. Vse navedeno je vpeto v osnovno zahtevo, ki je namenjena doseganju kakovosti izdelkov in ustreznega strokovno/tehničnega znanja. To pa še ne pomeni, da se kakovost lahko obravnava kot fizikalna veličina, katere vrednost je merljiva. Praviloma namreč ne gre za eno veličino, temveč za celoto parametrov in lastnosti, katerih formalna značilnost je večkratno spremenljiva količina v vsakdanji praksi. Prav zato je metalografska analiza v kombinaciji z elektronsko mikroskopijo, ki jo izvaja UCEM, skupaj z drugimi fizikalnimi, mehanskimi in kemijsko-raziskovalnimi postopki, zaradi svojih informacijskih možnosti nepogrešljiva in trdno zasidrana v razvoju in pri raziskavah materialov. Še več, v mnogih primerih je metalografska analiza v kombinaciji s preiskavami na elektronskem mikroskopu edina metoda, ki omogoča vpogled v procese nastajanja in določa značilnosti določenega stanja gradiva. Pomen vsebine IP programa za UCEM je v tem, da le napredek na področju elektronske instrumentalne tehnike čedalje bolj povečuje učinkovitost analiz,

kar posledično omogoča popolno karakterizacijo gradiv, tako glede zgradbe, kakor tudi glede makro - in mikroskopskih tehnoloških lastnosti. Ekonomičnost in tehnološka sodobnost IP programa se tako kaže v pridobivanju informacij, ki so nepogrešljive za popoln opis mikrostrukture in tudi za opredelitev korelacije mikrostruktura-lastnosti materiala. Znanja, ki jih razvijamo v okviru UCEM so multidisciplinarna: to so znanja o kemijski sestavi, kristalni strukturi, napakah zgradbe ter o odnosih in o porazdelitvi različnih mikro oz. nano-strukturnih sestavin. Le takšen pristop pa omogoča tako poenostavitev in izpopolnitev nalog metalografske analize, kakor tudi oblikovanje sodobnih znanstvenih spoznanj, nujnih za razvoj materialov.

Elektronska mikroskopija je ena izmed najbolj univerzalnih raziskovalnih metod. Omogoča analiziranje in raziskovanje različnih materialov, hkrati pa tudi omogoča dokumentiranje rezultatov v obliki mikroskopskih slik, ki so potrebne za razna poročila, znanstvene ter strokovne članke. Sodobnejša naprava (FIB SEM) ki jo imamo v UCEM omogoča tudi obdelavo (rezanje, poiranje, jedkanje) vzorcev znotraj mikroskopa in hkratno fotografiranje posameznih procesov in mikrostrukture.

Tehnološki sodobnosti pri dopolnjevanju opremljenosti je težko slediti, saj je to povezano z večjimi finančnimi sredstvi. V letih 2009-2014 smo tako sledili svetovnim trendom na področju karakterizacije materialov in razvijali znanje ter tako spremljali in prispevali k razvoju elektronske mikroskopije kot znanstvene vede.

9. Seznam raziskovalne in infrastrukturne opreme ter druge infrastrukture s stopnjo izkoriščenosti zmogljivosti⁹

Zap. št.	Inventarna št.	Naziv osnovnega sredstva	Nabavna vrednost v EUR	Letna stopnja izkoriščenosti v %
1.	44601	MIKROSKOP QUANTA 200 3D SEM	296.952	90
2.	44602	MIKROSKOP SIRION 400 NC elektronski	296.952	90
3.	40451	OPTIČNI MIKROSKOP EPIPHOT 300	37.295	80
4.	46551	ECOMET 250+AUTOMET 250 aparat za	11.703	80
Skupaj (oz. povprečna vrednost v %):			642.902	85

10. Opis tehnološke zahtevnosti infrastrukturne dejavnosti in prispevka k izkoriščenosti raziskovalne in informacijske opreme ter infrastrukture RO¹⁰

SLO

Raziskovalna oprema UCEM-a v okviru katerega deluje infrastrukturni program predstavlja na področjih priprave in karakterizacije materialov tehnološko zahtevno opremo, ki je bazičnega pomena za delovanje in razvoj infrastrukturne dejavnosti v SV Sloveniji. Delo na opremljenosti infrastrukturnega programa je tehnološko zahtevno in terja od operaterja nenehno izpopolnjevanje. Elektronski mikroskopi, ki predstavljajo jedro te opreme so osnova razvojno raziskovalne dejavnosti programom in projektom ter aplikativnemu reševanju tehničnih problemov v podjetjih. Infrastrukturni program UCEM-a predstavlja zato ključni dejavnik za dobro izkoriščenost raziskovalne opreme in infrastrukture na UM.

Na UCEM-u je v letih 2009 - 2014 bil predviden nakup dodatne opreme HRIC- visoko resolucijskega instrumenta za ionsko čiščenje (jedkanje) površine vzorcev, ki omogoča napraševanje za pripravo neprevodnih vzorcev za SEM, TEM in FEG-SEM mikroskope. Takšno ionsko čiščenje kovinskih vzorcev je namreč zelo primerno tudi za OM – optične mikroskope. Ta instrument nam bi omogočal prodor na področje nanotehnologij, kjer se zahteva prvenstveno karakterizacija zelo majhnih delcev. Predvidevali smo, da bi lahko razvili metode priprave vzorcev primernih za visokoločljivo elektronsko mikroskopijo in načine analiz, ki bi bile hitre, zanesljive in primerne tudi za industrijsko okolje. Zaradi

gospodarske situacije pa projekt ni bil realiziran (zmanjšanje sredstev), zato se omenjena aktivnost prenese na poznejši čas.

Rezultati v okviru IP programa so raziskave opravljene v doglednem času in v dogovorjenem obsegu, kljub pogostih in dalj časa trajajočih popolnih izpadih in okvarah. V takih primerih smo dosegli podporo za nujne raziskave s pomočjo partnerjev iz drugih raziskovalnih organizacij, ki imajo ustrezno opremo.

V letu 2013 smo dobili podeljen patent za poseben način priprave vzorcev za SEM: BONČINA, Tonica, ZUPANIČ, Franc, MARKOLI, Boštjan. *Procedure of dynamic deep etching and particle extraction from aluminium alloys : European patent EP2458033, granted 6.9.2013 ; published on 9.10.2013; application no. 11468004.4-2122, 4. October 2011.* Munich: Europäisches Patentamt: = European Patent Office: = Office européen des brevets, 2013. [20] str.

V letu 2012 smo dobili podeljen slovenski patent za poseben način in mikroskopiranja nanokompozitnih premazov s SEM: ref. BONČINA, Tonica, ZUPANIČ, Franc. *Postopek priprave vzorcev polimernih nanokompozitnih premazov za elektronsko mikroskopijo : patent št. SI 23688 A, datum objave 28.9.2012; patentna prijava št. P-201200144, datum vložitve prijave 10.5.2012.* Ljubljana: Urad RS za intelektualno lastnino, 2012.

11. Pomen za podporo sodelovanju z uporabniki in infrastrukturnimi omrežji v Republiki Sloveniji¹¹

SLO

Elektronska mikroskopija je ena izmed najbolj univerzalnih raziskovalnih metod. Omogoča analiziranje in raziskovanje različnih materialov, hkrati pa tudi omogoča dokumentiranje rezultatov v obliki mikroskopskih slik, ki so potrebne za razna poročila, znanstvene ter strokovne članke. Sodobnejša naprava (FIB SEM), ki jo imamo v UCEM, omogoča tudi obdelavo (rezanje, poiranje, jedkanje) vzorcev znotraj mikroskopa in hkratno fotografiranje posameznih procesov in mikrostrukture.

Infrastrukturni program UCEM-a se pri svojem delovanju na področju materialografske priprave vzorcev in mikrostrukturne karakterizacije povezuje in sodeluje s sorodnimi programi in organizacijami na drugih univerzah v Sloveniji, inštitutih in v razvojnih oddelkih podjetij. Na ta način infrastrukturni program UCEM-a dopolnjuje svojo sposobnost in moč analiziranja mikrostruktur s komplementarnimi metodami, ter omogoča uporabo infrastrukturne opreme drugim uporabnikom. V organizacijskem smislu je delovanje infrastrukturnega programa pri tem ključnega pomena za uspešnost sodelovanja te oblike.

Pomen vsebine IP programa za UCEM je v tem, da le napredek na področju elektronske instrumentalne tehnike čedalje bolj povečuje učinkovitost analiz, kar posledično omogoča popolno karakterizacijo gradiv, tako glede zgradbe, kakor tudi glede makro - in mikroskopskih tehnoloških lastnosti. Ekonomičnost in tehnološka sodobnost IP programa se tako kaže v pridobivanju informacij, ki so nepogrešljive za popoln opis mikrostrukture in tudi za opredelitev korelacije mikrostrukture-lastnosti materiala. Znanja, ki jih razvijamo v okviru UCEM so multidisciplinarna: to so znanja o kemijski sestavi, kristalni strukturi, napakah zgradbe ter o odnosih in o porazdelitvi različnih mikro oz. nano-strukturnih sestavin. Le takšen pristop pa omogoča tako poenostavitev in izpopolnitev nalog metalografske analize, kakor tudi oblikovanje sodobnih znanstvenih spoznanj, nujnih za razvoj materialov.

Zaključimo lahko, da je sodelovanje infrastrukturnih centrov in raziskovalcev ter uporabnikom iz industrije osnova za povezovanje inštitucij na višjem nivoju, oblikovanje raziskovalnih vizij in strategij za celotno Republiko Slovenijo kot tudi za našo regijo.

12. Pomen za podporo sodelovanju pri mednarodnih infrastrukturnih projektih¹²

Infrastrukturni program UCEM-a se pri svojem delovanju na področju materialografske priprave vzorcev in mikrostrukturne karakterizacije s ciljem povečati svojo izrazno sposobnost povezuje in sodeluje tudi s sorodnimi programi in organizacijami v drugih državah in v mednarodnih projektih.

Svetovnim trendom v tehnološki sodobnosti pri dopolnjevanju opreme je težko slediti, saj je to povezano z večjimi finančnimi sredstvi. Skozi vsa ta leta smo sledili dognanjem po svetu, nadgrajevali in razvijali lastno znanje ter tako spremljali svetovne trende na področju karakterizacije materialov in prispevali k razvoju elektronske mikroskopije kot znanstvene vede.

Ob iskanju tujih institucij, ki se ukvarjajo s podobnimi ali enakimi projekti, smo se tesno strokovno povezali z univerzo v Essnu in RWTH Aachen, s katerima sodelujemo v pripravi, karakterizaciji in uvajanju pol-industrijske proizvodnje nano- materialov.

Najpomembnejši pomen za podporo sodelovanja pri infrastrukturnih projektih je dostop do najnovejše in najboljše raziskovalne opreme, znanja in izkušenj strokovnjakov z različnih področjih. Področje elektronske mikroskopije in drugih metod karakterizacije je področje, ki se zelo intenzivno razvija. Na trg prihaja veliko nove in drage raziskovalne opreme, do katere ne bi imeli dostopa, če ne bi sodelovali pri mednarodnih infrastrukturnih projektih.

Pri tem je potrebno omeniti sodelovanje z infrastrukturnimi centri, ki so v tujini in v neposredni bližini Maribora. Dolgoletno sodelovanje dr. Bončina z Avstrijskim centrom za mikroskopijo na TU Graz je vodja centra prof.dr. Hofer predstavil tudi rektorju TU Graz. Dokumentirano sodelovanje ima pomembno vlogo tudi pri povezovanju univerz v regiji. Z dostopanjem k mednarodnim infrastrukturnim projektom bomo lahko pridobili dodatna sredstva za lastne raziskave in za raziskave za naše uporabnike.

Druga pomembna sodelovanja:

1. V obdobju trajanja IP so bili pridobljeni dostopi do sinhrotronskega pospeševalnik elektronov Elettra, Italija, na končni postaji XRD1, s sofinanciranjem v okviru EU projektov CALIPSO 312284, 226716 ELISA, RII-CT-2004-506008. V preteklosti je bila XRD1 postaja predvsem namenjena raziskavam proteinov. S skupnim sodelovanjem smo dosegli prilagoditev postaje rentgenski analizi za materiale. Z odprtjem nove XRD postaje bo obstoječa namenjena v glavnem samo za materiale.

2. FEI Academy. Raziskave na vrhunski opremi presevnega elektronskega mikroskopa TITAN 300-80, ki se ponaša s svetovnim rekordom pri doseganju lateralne ločljivosti. Raziskave so bile narejene na tankih trdih prevlekah in na kvazikristalnih fazah.

3. Evropski infrastrukturni projekt EUMInfab na Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Nemčija. Sodelovanje z aktivnostjo: Quantitative investigations of Be, Al and Mn content in Al-alloys with Auger Electron Spectroscopy z izvedbo vrhunskih raziskav za ugotavljanje vsebnosti lahkih elementov v aluminijevih zlitinah

4. Evropski infrastrukturni projekt ESTEEM2 dogovor o sodelovanju s TU Graz, Avstrijski center za elektronsko mikroskopijo na področju elektronske presevnne mikroskopije (na elektronskem presevnem mikroskopu TITAN 300-80, ki se ponaša s svetovnim rekordom pri doseganju lateralne ločljivosti), za raziskave nukleousov defektov v tankih trdih prevlekah in na kvazikristalnih fazah.

5. Sodelovanje s centrom *Fraunhofer Gesellschaft, Development Center for X-Ray Technology*, ki je specializiran za CT-tomografijo. (ref. BONČINA, Tonica, ZUPANIČ, Franc, VOLAND, Virginia. *Micro Computed Tomography ([mi]CT) measurements of the rod from aluminum alloy*).

13. Obseg financiranja infrastrukturnega programa po letih¹³

Leto	Nematerialni in materialni stroški	Amortizacija	Skupaj nematerialni in materialni stroški ter amortizacija	Obseg letnih ur infrastrukturnega programa (v urah)
2009	148.033	118.033	266.066	1700
2010	0	30.680	30.680	1700
2011	50.000	0	50.000	1700
2012	0	42.938	42.938	1700

Leto	Nematerialni in materialni stroški	Amortizacija	Skupaj nematerialni in materialni stroški ter amortizacija	Obseg letnih ur infrastrukturnega programa (v urah)
2013	0	42.938	42.938	1700
Skupaj	198.033	234.589	432.622	8500

14. Rekapitulacija angažiranja infrastrukturnega programa RO:

Za podporo	Angažirane zmogljivosti v urah	Angažirane zmogljivosti v %
Lastni raziskovalni dejavnosti:		
- Izvajanje javne službe - raziskovalni programi	4100	33
- Raziskovalno – razvojni projekti NRRP	2200	17
- Ostale raziskave	0	
Skupaj	6300	50
Raziskovalni dejavnosti drugih RO:		
- Javni zavodi	0	
- Gospodarske družbe	2200	50
- Državni organi in službe	0	
- Drugo	0	
Skupaj	2200	50
Skupaj infrastrukturni program	8500	100

MEDNARODNI PROJEKTI V LETU 2014

Projekti FP 7

Številka projekta: Ga.N. 290486
Trajanje projekta: 1.1.2012 do 28.2.2015
Nosilec projekta: prof.dr. Karin Stana Kleinschek
Naslov projekta: Expanding EPNOE leadership towards Food and Health related materials, and oncreasing industrial participation - EPNOE CSA

Številka projekta: Ga.N. 280759
Trajanje projekta: 1.3.2012 do 29.2.2016
Nosilec projekta: izr.prof.dr. Vanja Kokol
Naslov projekta: Extended shelf-life biopolymers for sustainable and multifunctional food packaging solutions - NanoBarrier

Številka projekta: Ga.N. 280519
Trajanje projekta: 24.1.2012 do 23.1.2016
Nosilec projekta: izr.prof.dr. Vanja Kokol
Naslov projekta: Functional membranes/filters with anti/low-fouling surfaces for water purification trough selective adsorption on biobased nanocrystals and fibrils - NanoSelect

Številka projekta: Ga.N. 331600
Trajanje projekta: 1.6.2013 do 31.5.2015
Nosilec projekta: prof.dr. Karin Stana Kleinschek
Naslov projekta: Micro-and Nanostructured Polysaccharide Interfaces; Poly Inter Faces

Projekti MNT Era-Net

Številka projekta: 3330-14-500042
Trajanje projekta: 1.5.2014 do 30.4.2017
Nosilec projekta: dr. Silvo Hribernik
Naslov projekta: Polysaccharide bioshapes-chemical design and shaping into new Biomaterials; Bioshapes

Številka projekta: 3211-12-000022
Trajanje projekta: 1.7.2012 do 30.6.2015
Nosilec projekta: izr.prof.dr. Vanja Kokol
Naslov projekta: Nano-POlySaccharide containing Scaffolds with Controlled pOrosity and degradability; nPOSSCOG

Številka projekta: 3211-12-000023
Trajanje projekta: 1.7.2012 do 30.6.2015
Nosilec projekta: prof.dr. Karin Stana Kleinschek
Naslov projekta: Smart wound dressing with integrated optical pH sensors for better healing of infected wounds; WoundSens

Številka projekta: 3330-14-500135; NEW06
Trajanje projekta: 1.6.2012 do 31.5.2015
Nosilec projekta: prof.dr. Bojan Ačko
Naslov projekta: Traceability for computationally-intensive metrology; TraCIM

Številka projekta: 3330-14-500139
Trajanje projekta: 1.6.2013 do 31.5.2016
Nosilec projekta: prof.dr. Bojan Ačko
Naslov projekta: Metrology for industry; TIM

Projekt Tempus

Številka projekta: 517361-TEMPUS-1-2011-IT-TEMPUS-JPHES
Trajanje projekta: 15.10.2011 do 14.10.2015
Nosilec projekta: prof.dr. Franci Čuš
Naslov projekta: Technical Education on Resource Savings for Industrial Development-TERSID

Projekt Erasmus Mundus Euphrates

Številka projekta: Erasmus Mundus (EMA2)-2013-2540/001-001-EM-EUPHRATES
Trajanje projekta: 15.7.2013 do 14.7.2017
Nosilec projekta: izr.prof.dr. Vanja Kokol
Naslov projekta: EU promotion of health through research, applied technology, education and science in India

Projekt Erasmus+

Številka projekta: 2014-1RO01-KA202-2909
Trajanje projekta: 1.9.2014 do 30.8.2016
Nosilec projekta: izr.prof.dr. Zoran Stjepanovič
Naslov projekta: E-learning course for innovative textile fields - ADVAN2TEX

Projekti COST

Številka projekta: COST Action CM1302
Trajanje projekta: 15.11.2013 do 14.11.2017
Nosilec projekta: prof.dr. Karin Stana Kleinschek
Naslov projekta: European Network on Smart Inorganic Polymers (SIPs)

Številka projekta: COST Action MP 1206
Trajanje projekta: 23.5.2013 do 22.5.2017
Nosilec projekta: prof.dr. Majda Sfiligoj Smole
Naslov projekta: Electrospun Nano-Fibres for Bioinspired Composite Materials and Inovative Industrial Applications

Številka projekta: MP1105
Trajanje projekta: 23.5.2012 do 22.5.2016
Nosilec projekta: prof.dr. Bojana Vončina
Naslov projekta: Sustainable flame retardancy for textiles and related materials based on nanoparticles substituting conventional chemicals; Flaretex

Bilateralno sodelovanje

Številka projekta: Slovenija - Bosna in Hercegovina; BI-BA/14-15-016
Trajanje projekta: 6.1.2014 do 31.12.2015
Nosilec projekta: prof.dr. Jelka Geršak
Naslov projekta: Raziskava učinkov visokozmogljivih tekstilij na udobje pri nošenju športnih oblačil

Številka projekta: Slovenija - Bosna in Hercegovina; BI-BA/14-15-024
Trajanje projekta: 6.1.2014 do 31.12.2015
Nosilec projekta: doc.dr. Tomaž Vuherer
Naslov projekta: Ocena celovitosti in življenjske dobe traku tračnih transporterjev s principi mehanike loma

Številka projekta: Slovenija - Bosna in Hercegovina; BI-BA/14-15-037
Trajanje projekta: 6.1.2014 do 31.12.2015
Nosilec projekta: doc.dr. Mirko Ficko
Naslov projekta: Razvoj inteligentnega sistema za napovedovanje kvalitete CO2 laserskega reza

Številka projekta: Slovenija - Hrvaška; BI-HR/14-15-025
Trajanje projekta: 1.5.2014 do 31.12.2015
Nosilec projekta: prof.dr. Miran Brezočnik
Naslov projekta: Razvoj naprednih metod za modeliranje in optimizacijo obdelovalnih postopkov in sistemov

Številka projekta: Slovenija - Hrvaška; BI-HR/14-15-026
Trajanje projekta: 1.5.2014 do 31.12.2015
Nosilec projekta: prof.dr. Zoran Ren
Naslov projekta: Karakterizacija naprednih celičnih struktur s spremenljivo poroznostjo

Številka projekta: Slovenija - ZDA; BI-US/14-15-043
Trajanje projekta: 1.1.2014 do 31.12.2015
Nosilec projekta:izr.prof.dr. Matej Vesenjaj
Naslov projekta: Več-ciljna topološka oblikovna optimizacija lahkih struktur, napolnjenih s kovinsko peno

CEEPUS mreže

<https://www.ceepus.info/public/network/network.aspx>

Mreža CIII-RO-0202-08-1415; Implementation and utilization of e-learning systems in study area of production engineering; doc.dr. Mirko Ficko

- Mreža CIII-RS-0065-09-1415; Intelligent Automation for Competitive Advantage (IntACA);
izr.prof.dr. Igor Drstvenšek
- Mreža CIII-RO-0013-10-1415; Teaching and Research of Environment-oriented Technologies in
Manufacturing; izr.prof.dr. Igor Drstvenšek
- Mreža CIII-RS-0065-09-1415; Intelligent Automation for Competitive Advantage (IntACA);
izr.prof.dr. Iztok Palčič
- Mreža CIII-SI-0217-08-1415; Design and Development of Multifunctional Products;
prof.dr. Jelka Geršak