



Univerza v Mariboru

Fakulteta za strojništvo

POROČILO
O RAZISKOVALNI DEJAVNOSTI
za leto 2012

POROČILO O RAZISKOVALNI DEJAVNOSTI 2012

- Izdala:** UM – FAKULTETA ZA STROJNIŠTVO
- Uredili:** red. prof. dr. Jože BALIČ
Janko ZIERER, univ. dipl. ekon., inž. str.
Dani Zimšek, dipl.inž.
- Pregledal:** red. prof. dr. Niko SAMEC
- Tisk:** TISKARNA TEHNIŠKIH FAKULTET
- Naklada:** 30 tiskanih izvodov
30 DVD
Dostopno na: <http://www.fs.uni-mb.si/>
- ISSN:** 1408 - 5445

VSEBINA

1. UVOD	5
2. ORGANIZACIJSKA STRUKTURA FAKULTETE ZA STROJNIŠTVO.....	9
3. DOKTORATI, MAGISTERIJI IN SPECIALIZACIJE V LETU 2012.....	11
4. LETNA POROČILA O REZULTATIH RAZISKOVALNIH PROGRAMOV V LETU 2012.....	17
5. ZAKLJUČNA POROČILA O REZULTATIH RAZISKOVALNIH PROGRAMOV ZA LETO 2009 – 2012.....	99
6. LETNA POROČILA O REZULTATIH RAZISKOVALNIH PROJEKTOV V LETU 2012.....	149
7. ZAKLJUČNA POROČILA O REZULTATIH RAZISKOVALNIH PROJEKTOV ZA LETO 2009 – 2012.....	209
8. MEDNARODNI PROJEKTI V LETU 2011.....	271

UVOD

Raziskovalni rezultati sodelavcev Fakultete za strojništvo, Univerze v Mariboru so bili v letu 2012 kljub spremembi (znižanju) financiranja zaradi Zakona o uravnoteženju javnih financ izvedeni v skladu z zastavljenim načrtom.

Glede na znižanje finančnih sredstev smo s pomočjo naročnikov in sofinancerjev ter ob lastni finančni podpori uspešno zaključili in realizirali po planu zastavljene cilje, kar smo predstavili in zapisali v letnih in zaključnih poročilih za leto 2012.

Izvedene so bile raziskave v okviru :

- Devetih projektov raziskovalnih programov
- Dveh temeljnih raziskovalnih projektih
- Štirinajstih aplikativnih raziskovalnih projektih
- Dveh podoktorskih projektih.

V okviru raziskav pri izvedbi aplikativnih projektov v letu 2012 imamo podpisane pogodbe z naslednjimi sofinancerji oziroma sodelujočimi raziskovalno-razvojnimi organizacijami :

- TALUM, d.d. Tovarna aluminija Kidričevo
- UNIOR, d.d. Kovaška industrija Zreče
- CIMOS, d.d. Avtomobilska industrija Koper
- BIOMED, d.o.o. Ljubljana
- ZLATARNA, d.d. Celje
- Dr. Ternik Primož, zasebni raziskovalec
- TREN, d.o.o., Maribor
- HELIOS, d.d. Domžale
- IRSPIN, Litija
- CINKARNA, d.d. Celje
- JULON, d.d. Ljubljana
- TOSAMA, d.d. Vir
- ACIES BIO, d.o.o. Ljubljana

- EKLIPTIK, d.o.o. Ljubljana
- LEK, d.d. Ljubljana
- LOKATEKS, d.o.o. Škofja Loka
- IOS, d.o.o. Maribor
- BIA, d.o.o. Ljubljana

Kot sodelujoče znanstveno-raziskovalne organizacije so bile na projektih, katere smo izvajali kot nosilna raziskovalna organizacija vključeni :

- Inštitut Jožef Stefan , Ljubljana
- Turboinštitut Ljubljana
- Kemijski inštitut Ljubljana
- Inštitut za lesarstvo in trajnostni razvoj Ljubljana
- Zavod za zdravstveno varstvo Maribor
- Univerzitetni klinični center Maribor

V letu 2012 je bilo v projekt ARRS v okviru financiranja in podiplomskega usposabljanja vključenih 32 mladih raziskovalcev, od katerih je v pogodbeno predvidenem roku usposabljanje uspešno zaključilo 5 raziskovalcev.

Raziskovalno delo na področju mednarodnih raziskav :

Raziskovalno – pedagoški sodelavci so v letu 2012 uspešno sodelovali tudi v širšem mednarodnem prostoru, saj so aktivno raziskovali na različnih raziskovalnih programih /projektih in sicer :

- 7 projektov v 7. Okvirnem programu EU,
- 5 projektov v okviru razpisa MNT Era – Net,
- 6 projektov razpisa EUREKA,
- 2 TEMPUS projekta,
- 1 projekt Leonardo da Vinci
- 1 COST projekt,
- v okviru CEEPUS programa 5 koordinatorjev mrež

Na področju bilateralnega sodelovanja smo v letu 2012 izvajali 27 različnih projektov in sicer:

- 5 projektov v sodelovanju s članicami EU in sicer : Belgija – Flamska regija, Finska, Madžarska, Norveška.
- 22 projektov z naslednjimi državami : Argentine, Bosna in Hercegovina, Brazilija, Črna gora, Hrvaška, Indija, Japonska, Južna Koreja, Rusija, Romunija, Srbija, Turčija, Združene države Amerike.

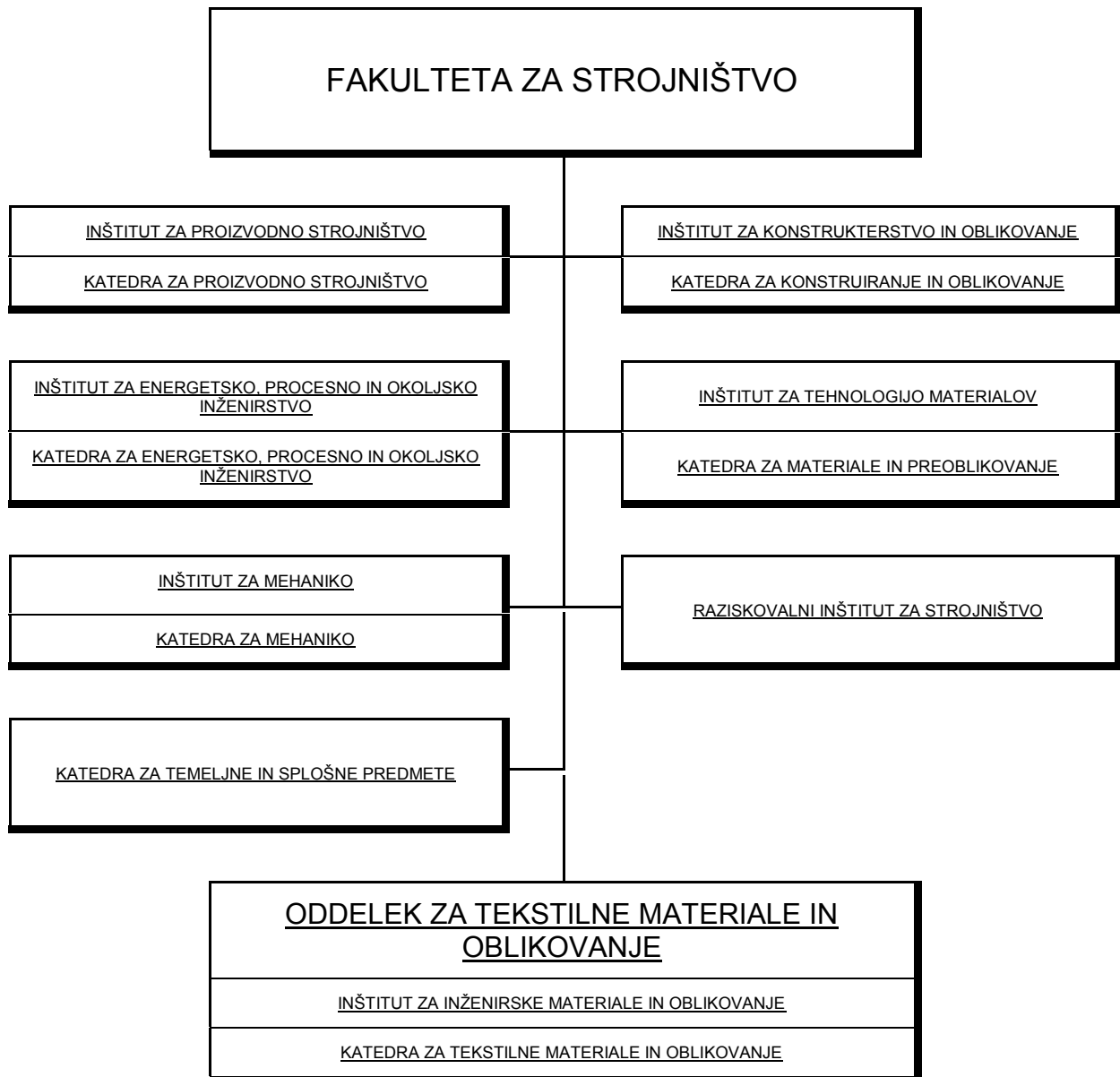
PRODEKAN ZA RAZISKOVALNO DEJAVNOST :

Red.prof.dr. Jože BALIČ

DEKAN FS :

Red.prof.dr. Niko SAMEC

ORGANIZACIJSKA STRUKTURA FAKULTETE ZA STROJNIŠTVO



***DOKTORATI, MAGISTERIJI IN SPECIALIZACIJE
V LETU 2012***

DOKTORATI NA ŠTUDIJSKEM PROGRAMU 3. STOPNJE STROJNIŠTVO

EHMANN HEIKE MARLENE ANNA

STRUKTURIRANJE SOL-GEL FUNKCIONALIZIRANIH CELULOZNIH HIBRIDNIH MATERIALOV IN NJIHOVA KARAKTERIZACIJA

Mentorica: *red. prof. dr. STANA KLEINSCHEK KARIN* Somentorica: *red. prof. dr. SFILIGOJ SMOLE MAJDA in red. prof. dr. RIBITSCH VOLKER*

GREIF DAVID

KAVITACIJSKA EROZIJA V VBRIZGALNIH KOMPONENTAH Z UPORABO POLIDISPERZNEGA KAVITACIJSKEGA MODELA

Mentorica: *red. prof. dr. KEGL BREDA* Somentor: *red. prof. dr. ŠKERGET LEOPOLD*

MOHAN TAMILSELVAN

NANOMETRSKE CELULOZNE PLASTI ZA SPECIFIČNO ADSORPCIJO POLISAHARIDOV IN IMOBILIZACIJO BIOAKTIVNIH MOLEKUL

Mentorica: *red. prof. dr. STANA KLEINSCHEK KARIN* Somentor: *red. prof. dr. RIBITSCH VOLKER*

DOKTORATI NA ŠTUDIJSKEM PROGRAMU STROJNIŠTVO

GAČNIK FRANCI

RAČUNALNIŠKO MODELIRANJE ZOBNIH VSADKOV

Mentor: *red. prof. dr. REN ZORAN* Somentorica: *izr. prof. dr. IHAN HREN NATAŠA*

ILJAŽ JURIJ

REŠEVANJE INVERZNIH PROBLEMOV PRENOSA TOPLOTE V TKIVU Z METODO ROBNIH ELEMENTOV

Mentor: *red. prof. dr. ŠKERGET LEOPOLD*

KLANČNIK SIMON

MODEL INTELIGENTNEGA CAD/CAM SISTEMA ZA PROGRAMIRANJE CNC OBDELOVALNIH STROJEV

Mentor: *red. prof. dr. BALIČ JOŽE* Somentor: *red. prof. dr. BREZOČNIK MIRAN*

SANCIN URŠKA

MODEL INTELIGENTNEGA SISTEMA ZA PODPORO ODLOČANJU PRI IZBIRI POLIMERNIH MATERIALOV V PROCESU RAZVOJA IZDELKOV

Mentor: *izr. prof. dr. DOLŠAK BOJAN* Somentor: *red. prof. dr. ZUPANIČ FRANC*

DOKTORATI NA ŠTUDIJSKEM PROGRAMU TEHNIŠKO VARSTVO OKOLJA

KAPITLER MIRAN

NUMERIČNA ANALIZA POGOJEV ZGOREVANJA ODPADKOV IN OPTIMIZACIJA ZGOREVALNEGA PROSTORA KURILNE NAPRAVE Z REŠETKO.

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

ALTENBAHER BRIGITA

BIOAZGRADLJIVOST POSAMEZNIH KOMPONENT PRALNIH ODPADNIH VOD V BIOREAKTORJU

Mentorica: *red. prof. dr. ŠOSTAR TURK SONJA* Somentor: *red. prof. dr. ROŠ MILENKO*

MAGISTRI NA ŠTUDIJSKEM PROGRAMU STROJNIŠTVO

KOLAR DAVID

ŠTUDIJ VISOKOTEMPERATURNE OKSIDACIJE NERJAVNEGA JEKLA EN X12Cr13 Z MERITVIJO ELEKTRIČNE UPORNOSTI

Mentor: *red. prof. dr. ANŽEL IVAN* Somentor: *doc. dr. BRUNČKO MIHAEL*

PIŠKOR MARIO

UPORABA ORODIJ ZA DOSEGANJE VITKE PROIZVODNJE V PODJETJU OPREMA - UREĐAJI D.D.

Mentor: *izr. prof. dr. BUCHMEISTER BORUT* Somentor: *red. prof. dr. AČKO BOJAN*

ŠVERKO MARKO

UPORABA NAČEL VITKE PROIZVODNJE PRI PROIZVODNJI ŽAROMETOV

Mentor: *izr. prof. dr. BUCHMEISTER BORUT* Somentor: *red. prof. dr. AČKO BOJAN*

MAGISTRI NA ŠTUDIJSKEM PROGRAMU TEHNIŠKO VARSTVO OKOLJA

KOMPOLŠEK KATJA

VPLIV POSTOPKOV ODSTRANJEVANJA HLAPLJIVIH ORGANSKIH SNOVI NA EMISIJE PRI PROIZVODNJI IZOLACIJ

Mentor: *red. prof. dr. HRIBERŠEK MATJAŽ* Somentor: *doc. dr. RAVNIK JURE*

MAGISTRI NA ŠTUDIJSKEM PROGRAMU TEKSTILNA TEHNOLOGIJA

PILAR TANJA

RAZVOJ 3D PROTOTIPOV ŽENSKIH OBLAČIL

Mentorica: *doc. dr. JEVŠNIK SIMONA* Somentor: *izr. prof. dr. STJEPANOVIĆ ZORAN*

SPECIALISTI NA ŠTUDIJSKEM PROGRAMU STROJNIŠTVO

SEDOVŠEK ALEKSANDER

KONSTRUIRANJE OKVIRJA KUHALNE ENOTE APARATA ZA NAPITKE

Mentor: *red. prof. dr. REN ZORAN*

SEMPRIMOŽNIK ALEŠ

RAZVOJ SUPERABRAZIVNEGA BRUSNEGA ORODJA V HIBRIDNI VEZI

Mentor: *red. prof. dr. ANŽEL IVAN*

SREBOTNJAK ROK

POVEČANJE UČINKOVITOSTI EKSTRUZIJSKIH LINIJ Z UVEDBO PREVENTIVNEGA PERIODIČNEGA VZDRŽEVANJA

Mentor: *izr. prof. dr. DRSTVENŠEK IGOR* Somentor: *izr. prof. dr. PAHOLE IVAN*

WEISS ALEŠ

NESTACIONARNI TOK TEKOČINE V CEVI Z LOPUTO

Mentor: *red. prof. dr. ŠKERGET LEOPOLD* Somentor: *doc. dr. RAVNIK JURE*

MAGISTRI NA ŠTUDIJSKEM PROGRAMU 2. STOPNJE STROJNIŠTVO

ČONTALA MATEJ

OPTIMIZACIJA PRENOSNIKOV TOPLOTE V TOPLLOTNIH ČRPALKAH: TEORIJA IN MERITVE

Mentor: *doc. dr. RAMŠAK MATJAŽ* Somentor: *red. prof. dr. HRIBERNIK ALEŠ*

DOBNIKAR MARKO

PREGLED IN ANALIZA POSTOPKOV PREOBLIKOVANJA PLOČEVINE Z MEDIJI

Mentor: *izr. prof. dr. PAHOLE IVAN* Somentor: *doc. dr. FICKO MIRKO*

JEKE UROŠ

MODELIRANJE KONDENZACIJE IN UPARJANJA VLAGE NA TRDNIH POVRŠINAH Z RAČUNALNIŠKO DINAMIKO TEKOČIN

Mentor: *red. prof. dr. HRIBERŠEK MATJAŽ* Somentor: *asist. dr. ZADRAVEC MATEJ*

KOREN ROLANDO

PROJEKT VZPOSTAVITVE PREIZKUŠEVALIŠČA OPREME V PREMOGOVIKU VELENJE

Mentor: *doc. dr. PALČIČ IZTOK* Somentor: *izr. prof. dr. BUCHMEISTER BORUT*

KOSTEVŠEK URŠKA

MODELIRANJE IN IZDELAVA RESEKCIJSKIH VODIL ZA OPERACIJE RAMENSKEGA SKLEPA

Mentor: *izr. prof. dr. DRSTVENŠEK IGOR*

KRALJ MIHAEL

KONCEPTUALNA REŠITEV SISTEMA ZA LITJE ALUMINIJASTIH IZDELKOV

Mentor: *izr. prof. dr. PAHOLE IVAN*

SAJKO NIKA

KARAKTERIZACIJA MEHANSKIH LASTNOSTI VISOKOZMOGLJIVIH MATERIALOV ZA LETALSKE APLIKACIJE PRI UDARNIH OBREMENITVAH

Mentor: *red. prof. dr. REN ZORAN*

STIPILOVŠEK MARJANA

OPTIMIRANJE DISTRIBUCIJE ZRAKA V PNEVMATSKEM OMREŽJU OBRATA DROGE KOLINSKA

Mentor: *doc. dr. ŽUPERL UROŠ*

VRANIČAR TILEN

ZAGOTAVLJANJE USTREZNE KAKOVOSTI MERITEV PRI NADZORU PROIZVODNEGA PROCESA SESTAVNEGA DELA KOMPRESORJA

Mentor: *red. prof. dr. AČKO BOJAN* Somentor: *doc. dr. GODINA ANDREJ*

MAGISTRI NA ŠTUDIJSKEM PROGRAMU 2. STOPNJE MEHATRONIKA

ADLER MATJAŽ

VODENJE POGONA VOZILA ZA NAČRTOVANJE OKOLJU PRIJAZNE VOŽNJE

Mentor: *doc. dr. RODIČ MIRAN*
doc. dr. ŽUPERL UROŠ

MAGISTRI NA ŠTUDIJSKEM PROGRAMU 2. STOPNJE OBLIKOVANJE IN TEKSTILNI MATERIALI

ŠEGULA ADRIJANA

ŠTUDIJSKI POSTOPKA NANOMODIFIKACIJE AKTIVIRANIH CELULOZNIH VLAKEN

Mentorica: *red. prof. dr. SFILIGOJ SMOLE MAJDA* Somentorica: *izr. prof. dr. KREŽE TATJANA*

**MAGISTRI NA ŠTUDIJSKEM PROGRAMU 2. STOPNJE GOSPODARSKO INŽENIRSTVO SMER
STROJNIŠTVO**

KRAJNC PRIMOŽ

AVTOMATIZACIJA REZALNO - CEPILNEGA STROJA

Mentor: *doc. dr. ŽUPERL UROŠ*

doc. dr. PODGORELEC PETER

MAGISTRI NA ŠTUDIJSKEM PROGRAMU 2. STOPNJE TEHNIŠKO VARSTVO OKOLJA

LAKIĆ MARIJANA

RAZVOJ VOTLIH NANOSFER ZA UPORABO V OKOLJEVARSTVU

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

**LETNA POROČILA O REZULTATIH RAZISKOVALNIH PROGRAMOV
V LETU 2012**

LETNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA ZA LETO 2012

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
Vodja programa	4011 Jože Balič
Obseg raziskovalnih ur	skupaj :30600 od tega v letu 2012:5100
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
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.10 Proizvodne tehnologije in sistemi
Družbeno-ekonomski cilj	

2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS¹

Šifra	2.03
- Veda	2 Tehniške in tehnološke vede
- Področje	2.03 Mehanika

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem programu v letu 2012²

SLO

Inteligentni tehnološki stroji in naprave
Na krovnem področju pričujočega projekta smo v preteklem letu izvedli številne raziskave, ki vključujejo metode umetne inteligence za proučevanje in gradnjo inteligentnih strojev, naprav in izdelovalnih sistemov ter uporabili tudi najsodobnejše tehnologije za izdelavo in izboljšanje izdelkov. Metode umetne inteligence in sodobne izdelovalne tehnologije smo uporabili za: 1) samodejno programiranje CNC-strojev s pomočjo skupinske inteligence, 2) vodenje inteligentnih robotskih

obdelovalnih sistemov (pilotski laboratorijski model inteligentne obdelovalne celice), 3) nanašanje kovinskih prevlek z lasersko tehnologijo LENS za gradnjo objektov ali popraviljanje obstoječih izdelkov ali orodij v sodelovanju s podjetjem EMO Orodjarna, 4) optimizacijo laserskega nanašanja kovinskih prevlek z metodami umetne inteligence, 5) optimizacijo razmeščanja strojev in naprav v valjarni Štore Steel, 6) proučevanje elastičnega izravnavanja visokotrdnostnih jekel pri preoblikovalnih postopkih z metodami umetne inteligence v podjetju EMO Orodjarna.

Pri raziskavah smo uporabili najsodobnejše raziskovalne metode in tehnologije, ki smo jih za potrebe naših raziskav dodatno razvili in pokazali upravičenost njihove uporabe. Proučevanje, razvoj in izdelava inteligentnih sistemov je temeljila predvsem na umetnih nevronske mrežah, različnih evolucijskih algoritmi, različnih tehnikah skupinske inteligence in mehki logiki. Velik del dobljenih rešitev je uporabljenih v industrijskih okoljih.

Za področje preoblikovanja so bile izvedene raziskave za napovedovanje torzijskega elastičnega izravnavanja pri globokem vleku in upogibanju pločevine s povišano trdnostjo. Izdelan je bil model za preizkušanje in ovrednotenje torzijskega elastičnega izravnavanja.

Na področju visoko hitrostnega izsekovanja so se izvajale raziskave v smeri določanja razmer pri izsekovanju z visokimi izsekovalnimi hitrostmi. Raziskave so pokazale zanimiv fenomen, ki ni v skladu z dosedanjimi dognanji pri izsekovanju. Izdelan je bil numerični model visokohitrostnega izsekovalnega procesa za potrebe raziskovanja fenomena upada sile ob povišani hitrosti. Model bo služil za simuliranje izsekovalnega procesa, kjer bo proces obravnavan s stališča masivnega preoblikovanja in bo omogočil raziskavo postopka in določitev tehnološkega okna pri visokohitrostnem izsekovanju.

Izdelano je bilo testno orodje in izvedeni testi postopka upogibanja v dveh stopnjah. Rezultati testiranj kažejo obetavnost uporabe postopka v večstopenjskih orodjih, kjer je na razpolago prosta stopnja za upogib in je zahtevan kot upogiba večji ali enak 90 stopinj.

Tudi zaradi raziskav inkrementalnega preoblikovanja nadaljujemo z aktivnostmi pridobitve sodobnega rezkalnega centra, ki bi ustrezal zahtevam tovrstnega preoblikovanja pločevine.

Zaključen je bil proces litja in mehanske obdelave lutke iz aluminijeve zlitine za preizkušanje tekstilnih materialov za izdelavo zaščitnih oblek.

Zaključena je faza izdelave grafičnega vmesnika za vzpostavljanje komunikacije optimizacijski algoritem-CNC krmilje stroja; V labview programu je izdelan upravljalni del s krmilnimi stikali, drsniki za upravljanje procesa in prikazovalniki; Vključen je avdio-vizuelni sistem obveščanja v primeru preobremenitev orodja in neprimerne kvalitete obdelane površine; Izdelan je merilni del, kjer se definirajo nastavitve zajemanja podatkov in prikaza izmerjenih rezultatov; Končan je informacijski del vmesnika, kjer se prikazujejo informacije o poteku komunikacije; Zaključena je faza izdelave nadzorno-upravljalna maske nadzorne plošče; V 4. periodi je uspešno zaključena raziskava optimiranja sodobnih hidravličnih pogonov stiskalnic, ki je pripomogla k energetsko ugodnejšim preoblikovalnim procesom in 4% zmanjšanju negativnih vplivov na okolje (hrup, vibracije);

Aktivnosti na področju razvoja daljinskega on-line nadzor stanja hidravličnih tekočin so se nanašale na zaznavanje sprememb mazalnih tekočin z zelo visoko viskoznostjo, in tekočin namenjenih uporabi na področju hidrocentral – turbinskih olj. V ospredju raziskav so bila iskanja soodvisnosti med spreminjanjem veličin izmerjenih z on-line senzorji in fizikalno kemijskih laboratorijskih veličin. Poleg tega so bili podrobneje raziskani mehanizmi gibanja in vzorci obnašanja različnih vrst

kontaminantov v hidravličnem rezervoarju, od katerih je odvisna postavitev CM enote in s tem zagotovljena neoporečna slika o dogajanju v rezervoarju.

Na področju prenosa signalov smo se posvetili konceptom brezžičnega prenosa signalov, pri čemer smo razvili brezžični prenos signalov na Bluetooth platformi. Z dograditvijo Bluetooth modula na klasičen senzor omogoča razviti koncept le tega uporabljati za brezžično spremljanje stanja signalov na napravah, tako za eno- kot večveličinskih senzorjih.

Na področju razvoja novih hidravličnih tekočin smo nadaljevali z testiranjem posameznih vrst novih hidravličnih tekočin, pri čemer so bile v ospredju mazalne sposobnosti in odpornost koroziji. V okviru tega so bile testirane ionske tekočine vrste EMIM-EtSO₄, EMIM-TOA, TOMA-HFB, TOMA-DBP.

Na področju robotike in implementacije robotov v delovni okolje nadaljujemo raziskave na lastnostih delovnih prostorov industrijskih robotov s ciljem proučevanja kooperacije več robotov na istem objektu. Študij hitrostne anizotropije delovnih prostorov robotov je bil usmerjen v iskanje topoloških lastnosti delovnih prostorov in korelacije med številom rešitev inverzne kinematične naloge v določeni točki prostora in gibljivostjo.

Za končnega naročnika razvijamo servo gnano mehansko stiskalnico (6300kN), ki bo omogočila nove možnosti pri operacijah globokega vleka in preoblikovanja jekel z zelo visoko trdnostjo, kar je pomembno za avtomobilsko industrijo. Izdelane so simulacije delovanja stiskalnice z namen odločiti potrebne parametre servo motorja, ki so v območju 3-4 MW. Smernice in zaključki projekta bodo naročniku omogočili nadaljevanje proizvodnje stiskalnic in prodor na tržišče s novo sodobno tehnologijo.

4. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem programu in zastavljenih raziskovalnih ciljev v letu 2012³

SLO

Cilji za leto 2012 so bili v celoti realizirani skladno s planom. To se vidi v številu publikacij, ki neposredno izhajajo iz rezultatov teh raziskav. Prvi cilj – Tretje faze izdelave inteligentnega adaptivnega sistema vodenja za visoko-hitrostno frezanje s težko opredeljivo dinamiko je bil nadvse uspešno realiziran. Razvili in testirali smo celovit postopek inteligentnega optimiranja procesa frezanja, ki temelji na uporabi kolektivne inteligence delcev pri obvladovanju rezalnih parametrov. V okviru evolucijskega optimiranja je izdelan: PSO iskalni algoritem, omejitveni model rezalnih sil, geometrični model, algoritem izračuna ciljnih funkcij delca in iskanje delca z najboljšim položajem; Ugotovili smo, da je PSO algoritem prepočasen za neposredno optimiranje procesa frezanja. PSO algoritem je uspešno integriran v sistem adaptivne regulacije rezalne sile; PSO metoda se je izkazala za predvsem hitro, natančno in učinkovito metodo optimiranja. Preprostost, računaska nezahtevnost in konvergenca je njena največja vrlina. Tudi drugi cilj raziskav – Izdelava nadzorno-upravljalne maske nadzorne plošče mehatronskega sistema je zaključena znotraj predvidenih terminskih planov. Tretji cilj raziskave – Dinamična analiza sodobnega hidravličnega sistema stiskalnice je predčasno zaključena. Na področju inteligentnih strojev, naprav in izdelovalnih sistemov so bili cilji v celoti realizirani. Načrtovani cilji so bili tudi potrjeni v praksi bodisi s pomočjo laboratorijske opreme (npr. 3-osnega laboratorijskega koordinatno vrtno-frezalnega stroja, 4-osnega industrijskega obdelovalnega centra, industrijske

robotizirane obdelovalne celice večjih dimenzij) bodisi s pomočjo opreme, ki je nameščena v industriji (npr. s pomočjo tehnologije LENS v EMO Orodjarni oziroma v podjetju Štore Steel).

Na področju dodajalnih tehnologij smo nadaljevali v letu 2011 začeto raziskavo vpliva geometrijske oblike izdelka na hitrost in natančnost postopkov laserskega sintranja. Predvidevali smo, da geometrijska kompleksnost izdelka pomembno vpliva na dosegljiv kakovostni nivo izdelave izdelka. Prvi rezultati so potrdili prvotna predvidevanja, saj smo statistično dokazali pomemben vpliv kompleksnosti izdelka na stranski premik laserskega žarka in potrebno kompenzacijo velikosti izdelka. Začeli smo z raziskavami vpliva delovnih parametrov laserskega sintranja na mehanske lastnosti celičnih struktur kot pomembnih gradnikov v dodajalnih tehnologijah. Prvi rezultati so pokazali, da je najmanjši premer nosilca celične strukture tesno povezan s parametri laserskega žarka in doseženo gostoto vnosa energije v izdelek.

Na medicinskem področju smo definirali obliko in razvili metodo oblikovanja posebnih resekcijskih šablon za ortopedske posege v predelu ramena. Izveden je bil tudi klinični preizkus metode v Splošni bolnišnici Murska Sobota.

Na osnovi poročila o realizaciji programa ter na osnovi raziskovalnih dosežkov članov skupine ocenjujemo, da je realizacija zastavljenih ciljev v skladu s prijavljenim časovnim planom raziskovalnega dela. Ocenjujemo, da smo raziskovalne cilje dosegli in delno celo preseгли.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine v letu 2012⁴

Bistvenih odstopanj od planiranega raziskovalnega programa ni. Del aktivnosti se je usmeril v industrijske projekte za podjetja (EMO orodjarna, Kaldera, Štore Steel, Litostroj Ravne, DEM), kar v začetku izvajanja programa ni bilo planirano.

Programska skupina je pridobila novega doktorja znanosti, ki je končal usposabljanje v letu 2012.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine v letu 2012⁵

Znanstveni dosežek	
1.	COBISS ID 16252694 Vir: COBISS.SI
Naslov	<i>SLO</i> Programiranje CNC-rezkalnega stroja z uporabo optimizacije z rojem delcev
	<i>ANG</i> Programming of CNC milling machines using particle swarm optimization
Opis	<i>SLO</i> V članku je predlagan sistem za avtomatsko programiranje CNC-rezkalnega stroja z uporabo skupinske inteligence (PSO). V predstavljeni raziskavi vsak delec v roju predstavlja potencialni NC-program. Razviti sistem uporablja vokselski model za simulacijo obdelave. Za rasterizacijo poti rezov je bil implementiran Bresenhamov algoritem. Razviti sistem samodejno pripravi NC-program za optimalno obdelavo, in sicer tako, da optimalna izbira orodij za obdelavo in optimalna pot gibanja orodja pri delovnih in hitrih gibih, posledično pa je minimiziran čas obdelave. S takšnim sistemom se poveča produktivnost in zmanjšajo stroški proizvodnje. Testiranja razvitega sistema s tesnimi 2.5 D izdelki

	ANG	<p>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 a voxelised 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.</p>	
	Objavljeno v	<p>Marcel Dekker; Materials and manufacturing processes; 2012; Impact Factor: 1.058; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.993; WoS: IK, PM; Avtorji / Authors: Klančnik Simon, Brezočnik Miran, Balič Jože, Karabegović Isak</p>	
	Tipologija	<p>1.01 Izvirni znanstveni članek</p>	
2.	COBISS ID	15798550	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Uporaba umetne inteligence pri modeliranju in adaptivni regulaciji sil pri frezanju
		ANG	System for off-line feedrate optimization and neural force control in end milling
	Opis	SLO	<p>Namen članka je predstaviti nadzorni sistem, ki s posrednim optimiranjem in digitalno adaptacijo rezalnih parametrov varuje rezalno orodje in ohranja konstantno hrapavost obdelane površine med frezanjem. Na ta način kompenzira vse motnje, ki se pojavijo med procesom odrezavanja: obraba orodja, lom orodja, nehomogenost materiala, vibracije in drdranje. Učinkovitost predlaganega sistema vodenja, ki se kaže v izboljšani kvaliteti površine in manjši obrabi orodja, je testirana na frezalnem centru Heller BEA 01.</p>
		ANG	<p>Based on hybrid process modeling, off-line optimization and neural control scheme (NCS), 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 by digital adaptation of cutting parameters. In this way, it compensates all disturbances during the cutting process, prevents excessive tool wear, and maintains a high chip removal rate. It is the combination of these methods that yields accurate force control. The basic control principle is based on the NCS consisting of two neural identifiers of the process dynamics and feedback controller. An overall procedure of hybrid modeling of cutting process, used for working out the computer numerical control (CNC) milling simulator has been prepared. CNC simulator is used to evaluate the controller design before conducting experimental tests. Numerous simulations and experiments have been conducted to confirm the efficiency of this control architecture. The experimental results show that not only does the end-milling system with the design controller have high robustness and global stability, but also the machining efficiency of the end milling system with the proposed controller is 27% higher than for traditional CNC milling system.</p>
	Objavljeno v	<p>New York; Wiley; International journal of adaptive control and signal processing; 2012; Vol. 26, iss. 2; str. 105-123; Impact Factor: 0.913; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.204; WoS: AC, IQ; Avtorji / Authors: Župerl Uroš, Čuš Franc</p>	
	Tipologija	<p>1.01 Izvirni znanstveni članek</p>	

3.	COBISS ID	15904278	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Učni algoritem za optimizacijske probleme z realnimi aprametri	
	ANG	Teaching-learning-based optimization algorithm for unconstrained and constrained real-parameter optimization problems	
Opis	SLO	Opisan je novi t.i. učni algoritem za optimizacijo, ki je prenešen na učne probleme pri študiju. Algoritem je bil testiran za več primerov in primerjan z obstoječimi algoritmi. Algoritem daje boljše rezultate optimiranja. Zporaben je na najrazličnejših področjih tehnike pri uvajanju t.i. inteligentnih sistemov.	
	ANG	An efficient optimization algorithm called teaching-learning-based optimization (TLBO) is proposed in this article to solve continuous unconstrained and constrained optimization problems. The proposed method is based on the effect of the influence of a teacher on the output of learners in a class. The basic philosophy of the method is explained in detail. The algorithm is tested on 25 different unconstrained benchmark functions and 35 constrained benchmark functions with different characteristics. For the constrained benchmark functions, TLBO is tested with different constraint handling techniques such as superiority of feasible solutions, self-adaptive penalty, epsilon-constraint, stochastic ranking and ensemble of constraints. The performance of the TLBO algorithm is compared with that of other optimization algorithms and the results show the better performance of the proposed algorithm.	
Objavljeno v	Gordon and Breach.; Engineering optimization; 2012; Vol. 44, no. 12; str. 1447-1462; Impact Factor: 0.936; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.881; WoS: IF, PE; Avtorji / Authors: Rao R. V., Savsani V. J., Balič Jože		
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati programske skupine v letu 2012⁶

Družbeno-ekonomski dosežek			
1.	COBISS ID	2546427	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. Konfiguracija proge omogočala temeljitejšo on-line vzorčno kontrolo valjancev in posledično hitrejše ukrepanje, če pride do neskladnosti. Spremembe bistveno vplivajo tudi na bodoče izvajanje dodatnih opravil na valjancih (obrat adjustaže), obenem pa bo obstajala možnost premestitve strojev obrata adjustaže na nove lokacije. Cilj raziskave je bil doseči optimalno razporeditev strojne opreme v obratu adjustaže in posledično transportnih poti glede na obstoječ proizvodni program in prostorske zmožnosti. Za reševanje problema razvrščanja strojev je bila uporabljena umetna inteligenca, in sicer genetski algoritem. Dosegli smo optimalno razmestitev strojev in s tem krajše transportne poti glede na dosedanje stanje.	
			Štore Steel Ltd. is a small flexible steel plant that is one of the best-known producers of flat spring steel in Europe. Before two years the new continuous rolling mill, which has a technical capacity of 250.000

		ANG	tons per year, was installed. The rolled material can be additionally treated on the machines in the rolling plant hall. 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. The optimal layout of the machinery and shorter routes were obtained.
	Šifra	F.04	Dvig tehnološke ravni
	Objavljeno v	Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture; ICIL 2012; 2012; Str. 362-367; Avtorji / Authors: Kovačič Miha, Rožej Urban, Brezočnik Miran	
	Tipologija	1.08	Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
2.	COBISS ID	16053526	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Strojni vid daje vedno več možnosti v avtomatizaciji obdelovalnih procesov
		ANG	Machine vision enables many possibilities at manufacturing process automation
	Opis	SLO	Uporaba strojnega vida na obdelovalnih strojih za obdelovalne procese v sodobni proizvodnji omogoča naprednejšo in hitrejšo izdelavo prototipnih kot tudi velikoserijskih izdelkov. Strojni vid se uporablja na obdelovalnih strojih za brezkontaktno določitev izhodiščne točke obdelovanca s pomočjo kamere. Samo ničelno točko obdelovanca določimo s slike s pomočjo algoritma za detekcijo robov. Prav tako se v zadnjem času aplikacija strojnega vida uporablja za prepoznavo oblike in velikosti odrezkov.
		ANG	Inclusion of machine vision on the machine tools enables advanced and faster manufacturing of prototypes as well large series production. Machine vision is used on machine tools for non-contact determination of workpieces zero point with help of camera. Zero point is determined from the picture by edge detection algorithm. Another solution is on the field of chip shape and size determination.
	Šifra	F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj
	Objavljeno v	Profidtp; Vir znanja in izkušenj za stroko; 2012; Str. 179-184; Avtorji / Authors: Pahole Ivo, Irgolič Tomaž, Paulič Matej, Reibenschuh Marko, Klančnik Simon, Balič Jože, Čuš Franc	
	Tipologija	1.09	Objavljeni strokovni prispevek na konferenci
3.	COBISS ID	16102422	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Doktorska disertacija Življenjska doba zavornih diskov tirnih vozil pri termomehanskem obremenjevanju
		ANG	Life cycle of breaks
	Opis	SLO	Delo obravnava življenjska doba zavornih diskov tirnih vozil pri termomehanskem obremenjevanju in je dobilo TRIMOVO nagrado za leto 2012. Mentor doktorandu je bil Iztok Potrč, član programske skupine.
		ANG	Describe is life cycle of breaks. TRIMO Award for 2012
	Šifra	E.01	Domače nagrade
	Objavljeno v	Trimo; 11. Trimove raziskovalne nagrade; 2012; Str. 59; Avtorji / Authors: Šamec Blaž; mentor: Iztok Potrč	
	Tipologija	1.12	Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci

8. Drugi pomembni rezultati programske skupine v letu 2012²

Dva člana programske skupine sta na svetovni lestvici objav s področja evolucijskih metod

na 27 oziroma na 117 mestu med več kot 6000 raziskovalci z vsega sveta.
<http://www.cs.bham.ac.uk/~wbl/biblio/gp-html/index.html> (datum 4. 3. 2013).

Katedra za proizvodno strojništvo izdaja mednarodno znanstveno revijo APEM (Advances in production engineering & management), ki je v sekundarnih bazah. <http://apem-journal.org/>.

V letu 2012 je bil izveden začetek projekta za tehnologijo obdelave koncev tankostenskih cevi za stavbno kleparstvo

Pri raziskavah pridobljeno znanje in izkušnje smo uspešno uporabili pri konkretnih industrijskih projektih testiranja mehatskih sistemov, orodij in obdelovalnosti materialov v Emo orodjarni d.o.o. Rezultati projekta omogočajo uporabniku, da lahko z uporabo razvite programske in strojne-merilne opreme dovolj natančno napove/simulira procese v rezalni coni in pravočasno odkrije in prepreči neželene motnje procesa.

DRSTVENŠEK, I. Ogrodje ščetke s prilagodljivo odzivno silo : patent : SI 23413 (A), 2012-01-31. Ljubljana: Urad RS za intelektualno lastnino, 2012.

DRSTVENŠEK, I., POGAČAR, D., SEVER, P.. Šoba z ejektorskim vtokom medija : patent št. SI 23702, datum objave 30. 10. 2012; patentna prijava št. P-201100128, datum vložitve prijave 12. 4. 2011. Ljubljana: Urad RS za intelektualno lastnino, 2012. [3]

4th International Conference on Additive Technologies iCAT2012, September, 19th - 21st 2012, Maribor, Slovenia, DRSTVENŠEK, I. (ur.), ZUPANČIČ HARTNER, T. (ur.), DOLINŠEK, S. (ur.), KATALINIČ, B. (ur.). Proceedings. Maribor: iCAT, 2012. 1 CD-ROM. ISBN 3-901509-92-5. <http://www.icat.rapiman.net/>. [COBISS.SI-ID 4448575]

DRSTVENŠEK, I.. Presežke ustvarjamo ljudje : letošnji naj raziskovalec Univerze v Mariboru s strani gospodarstva. Kapital (Maribor, Tisk. izd.). [Tiskana izd.], 1. feb. 2012, str. 46-47. [COBISS.SI-ID 15792406]

9. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov v letu 2012⁸

9.1. Diplome v letu 2012⁹

vrsta usposabljanja	število diplom
bolonjski program - I. stopnja	27
bolonjski program - II. stopnja	06
univerzitetni (stari) program	13

9.2. Magisterij znanosti in doktorat znanosti v letu 2012¹⁰

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	MR	
29571	Simon Klančnik	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Mehmed Mahmić	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
30936	Grega Oder	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
28357	Matejka Kumperščak Du	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Žvižaj Mateja	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	

Legenda:

Mag. - Znanstveni magisterij

Dr. - Doktorat znanosti

MR - mladi raziskovalec

10. Pretok mladih raziskovalcev – zaposlitev po zaključenem usposabljanju v letu 2012¹¹

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	Zaposlitev	
29571	Simon Klančnik	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi	
30936	Grega Oder	<input checked="" type="radio"/>	<input 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

11. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov ter študentov iz tujine, daljše od enega meseca, v letu 2012

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Sodelovanje v programski skupini	Število mesecev	
0	Afrim Gjelaj	C - študent – doktorand	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

12. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v letu 2012¹²

SLO

Projekt H.O.P.E. Development of Ionic Liquids for use within fluid power drives
Partnerji v razvoju: Hawe GmbH – Olma d.d. – Prionic GmbH - Univerza v Mariboru
Koordinator v projektu – Darko Lovrec

Re-Mould project: Vocational re-training of ageing technical workers towards the injection moulding industry. Hoegeschool Gent, koordinator za Slovenijo: Jože Balič

3 letni projekt čezmejnega sodelovanja med Slovenijo in Avstrijo, na področju rabe ultralahkih vozil - »CESLA - Cross-border implementation of environmentally friendly ultra-light vehicles in Slovenia and Austria« Člani programske skupine so prototipa dejavno vključeni v projekt na področju raziskav, razvoja in izdelave ultralahkega vozila za urbana okolja.

Projekt Tempus; Številka projekta: 144959-TEMPUS-2008-IT-JPCR; Trajanje projekta: 15.1.2009 do 14.1.2012; Nosilec projekta: prof.dr. Franci Čuš; Naslov projekta: Master Studies and Continuing Education Network for Product Lifecycle Management with Sustainable Production.

Bilateralni projekt Slovenija - Bosna in Hercegovina (BI-BA/12-13-016), naslov projekta "Razvoj in uporaba sodobnih tehnologij in metod za izdelavo izdelkov", trajanje projekta od 1. 1. 2012 do 31. 12. 2013, nosilec projekta slovenske strani: prof. dr. Miran Brezočnik

Umetna inteligenca v inženirskih sistemih, bilateralni projekt SLO-AR, 2012-2013, nosilec projekta v SLO: Jože Balič

13. Vključenost v projekte za uporabnike, ki v letu 2012 potekali izven financiranja ARRS¹³

SLO

Izdelava zasnove, strukturne in vsebinske dispozicije prototipne servo stiskalnice 6300kN. Pogodba št. 02/2012 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo in Litostroj Ravne d.o.o., Ravne na Koroškem. (v izvajanju).

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

Določitev mejnih vrednosti uporabe mineralnega in biološko razgradljivega olja za obratovanje agregatov na DEM. Št. pogodbe: PG12-0204

Nekateri izsledki s področja dodajalnih tehnologij so patentirani in tako pripravljene za implementacijo v praksi

Vse medicinske metode so klinično preizkušene in se uveljavljajo v praksi.

14. Ocena tehnološke zrelosti rezultatov programa in možnosti za njihovo implementacijo v praksi (točka ni namenjena raziskovalnim programom s področij humanističnih ved)¹⁴

SLO

Izdelali smo različne inteligentne sisteme, ki so namenjeni za načrtovanje, modeliranje, optimiranje, simuliranje, programiranje, vodenje in nadzor strojev ter naprav ali pa za izdelavo izdelkov. Rešitve, ki smo jih dobili temeljijo na najsodobnejših pristopih, ki vključujejo metode umetne inteligence. Največji del naših raziskav (modeliranje in optimiranje proizvodnih postopkov, razvoj inteligentnih strojev in naprav, vodenje inteligentnih robotskih obdelovalnih sistemov, napredno evolucijsko programiranje CNC-strojev, inteligentno nanašanje kovinskih prevlek z lasersko tehnologijo LENS za gradnjo objektov ali popraviljanje obstoječih izdelkov ali orodij v podjetju EMO Orodjarna, optimizacijo razmeščanja strojev in naprav v valjarni Štore Steel in drugih obratih, proučevanje elastičnega izravnavanja visokotrdnostih jekel pri preoblikovalnih postopkih z metodami umetne inteligence v podjetju EMO Orodjarna) smo že sedaj uspešno uporabili v industrijskem okolju. Del raziskav pa je bil narejen na laboratorijski opremi, primerljivi z industrijsko. Ker raziskave s področja inteligentnih strojev in naprav vključujejo metodologijo, ki je univerzalna, lahko razvite sisteme v zelo kratkem času prilagodimo za razvoj in snovanje novega sistema.

Tehnološka zrelost posameznih sklopov raziskav za implementacijo v prakso je na tako visokem nivoju, da smo že začeli s fazo uvajanja posameznih mehatronskih komponent sistema na trg (modelirni sistem, merilni sistem, optimizacijski modul, komunikacijski modul). V okviru te faze pozorno opazujemo reakcijo potencialnih

kupcev in konkurence in se maksimalno angažiramo z ustrežno promocijo (direktni marketing) pri partnerskih orodjarnah. Uporabniki naših storitev so slovenske orodjarne. Delni rezultati raziskav programa izkazujejo ustrežno tehnološko zrelost, kar dokazujejo izvedene storitve za posamezne orodjarske družbe.

Z vodilno slovensko orodjarno smo že sklenili dogovor o testiranju novo razvite merilne in optimizacijske tehnologije v realnem proizvodnem procesu. Pričeli smo s testiranjem novih mehatronskih komponent in rezalnih orodij, ki bodo ključnega pomena pri uvajanju adaptivnih nadzornih sistemov pri izdelavi komponent preoblikovalnih orodij.

Doseženi rezultati aktivnosti vezanih na področje oljne hidravlike so neposredno preneseni v prakso.

Za nadzor stanja mazalnih tekočin z visokim viskoznostjo je bil sistem nameščen on-line nadzor staja vgrajen v podjetju ACRONI Jesenice na valjarniški napravi Morgolubric.

Rezultati vezani na testiranje turbinskih olj in uporabe on-line signalov je izveden za namene podjetja DEM, za namene spremljanje dejanskega stanja turbinskih olj in napovedovanje preostale življenjske dobe.

Razvoj brezžičnega modula temelječega na Bluetooth platformi se dejansko uporablja za brezžični prenos signalov senzorjev nameščenih v podjetju HAWE za nadzor hidravličnega agregata.

15. 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	5.000.000
ocena potrebne infrastrukture in opreme ¹⁵	Na področju hitre izdelave medicinskih vsadkov s slojevitimi tehnologijami, bi potrebovali primerne prostore (cca 600 m ²), ki bi zagotavljali potrebne pogoje za certificirano proizvodnjo vsadkov. Potrebna proizvodna oprema obsega 2 napravi za selektivno lasersko taljenje in 1 napravo za taljenje z elektronskim snopom. Poleg tega je potrebna še programska oprema, Mimics, Magics in 3Matic.

16. Izjemni dosežek v letu 2012¹⁶

16.1. Izjemni znanstveni dosežek v letu 2012

TEHNIKA

Področje: 2.10 – Proizvodne tehnologije in sistemi

Razvoj kombiniranega sistema posrednega optimiranja in adaptivnega vodenja visoko-hitrostnega freziranja s težko opredeljivo dinamiko. Vir: 1. System for off-line feedrate optimization and neural force control in end milling. ŽUPERL, U., ČUŠ, F., . Int. j. adapt. control signal process., 2012, 26, 15798550.

Za izjemni znanstveni dosežek štejemo razvoj mehatronskega sistema posrednega optimiranja in adaptivnega vodenja visoko-hitrostnega freziranja. Rešitev problema izdelave transfernih in progresivnih orodij v orodjarnah je v razvoju in uporabi inteligentnega sistema za korekcijo rezalnih parametrov, ki na podlagi izmerjenih rezalnih sil, v realnem času

optimizira in prilagaja rezalne parametre na krmilju stroja. V ta namen so v 2012 izdelane dve poglavitni mehatronski komponenti sistema: PSO optimizacijski softveri in uporabniški vmesnik sistema-nadzorno-upravljalna plošča.

16.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek v letu 2012

TEHNIKA - MEDICINA

Področje: 2.10 – Proizvodne tehnologije in sistemi

3.- Ortopedija (travmatologija)

Dosežek 1: Personalized hip, shoulder and knee-endoprosthesis. Vir: DRSTVENŠEK, I. (ur.), ZUPANČIČ HARTNER, T. (ur.), DOLINŠEK, S. (ur.), KATALINIĆ, B. (ur.). 4th iCAT2012, Sept. 2012

V letu 2012 smo razvili metodo za izdelavo individualnih resekcijskih vodil in načrtovanje operativnega posega v predelu ramena, pri čemer smo uporabili nekatere metode splošne mehanike in rekonstrukcijo aktualnega sklepa s pomočjo 3d CAD orodij. Razvita vodila omogočajo natančno postavitev ramenske endoproteze pri čemer je pritrditev proteze vedno izvedena v področju največje kostne mase.

Vodila so izdelana iz PA 12 za medicinsko uporabo (razred II), s postopkom selektivnega laserskega sintranja. Izveden je bil klinični poseg s katerim smo verificirali ustreznost metode in uporabnost vodil.

LETNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA ZA LETO 2012

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

Šifra programa	P2-0063
Naslov programa	Inteligentno računalniško konstruiranje
Vodja programa	3014 Jože Flašker
Obseg raziskovalnih ur	skupaj :28900 od tega v letu 2012:5780
Cenovni razred	B
Trajanje programa	01.2009 - 12.2013
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
Družbeno-ekonomski cilj	

2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS¹

Šifra	2.03
- Veda	2 Tehniške in tehnološke vede
- Področje	2.03 Mehanika

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem programu v letu 2012²

SLO

Program dela raziskovalne skupine je prvenstveno usmerjen v razvoj inteligentnih sistemov, ki bodo tudi manj izkušenim uporabnikom programske opreme za računalniško podprto konstruiranje omogočali lažji in hitrejši razvoj optimalnih proizvodov, ob upoštevanju vseh specifičnih dejavnikov določenega proizvoda. Pri tem ne bo poudarek le na heurističnem delu inteligentnih sistemov (uporaba v neposrednji proizvodnji brez bistvenega razumevanja in obvladovanja procesa) temveč tudi na epistemološkem delu, ki bo uporabnikom nudil tudi odgovore na vprašanje zakaj?, tako, da bodo inteligentni sistemi namenejni tudi učenju in usposabljanju končnih, predvsem manj izkušenih, uporabnikov.

Osnovni cilj tega raziskovalnega dela programske skupine je usmerjen predvsem v razvoj pilotskih orodij, metod in strategij dela, ki bodo prispevale k spodbujanju in pospeševanju inovativnih procesov razvoja novih proizvodov tako v slovenskih podjetjih z inspiracijo po internacionalizaciji, saj se moramo zavedati, da slovenski trg ni dovolj velik za uspešno delovanje v prihodnosti. Širši cilj pa je prispevati k razvoju kvalitete inženirskega kadra in s tem posledično tudi ustrezne proizvodnje, ko jo bo potrebno spraviti na višji tehnološki nivo.

V letu 2012 so naši rezultati med drugim bili usmerjeni predvsem na dva področja:

- Na področju inteligentnih sistemov smo smeri raziskave v letu 2012 zastavili v dveh smereh, namreč:

V razvoj heuristike inteligentne podpore metod konstruiranja s sodobnimi gradivi s poudarkom na polimernih gradivih in sintranih materialih. Pri heurističnem modeliranju (matematičnem modeliranju ob uporabi metod umetne inteligence) konstruiranja s sodobnimi gradivi so bile v letu 2012 raziskave še nadalje bila usmerjene v razvoj računalniško podprtih orodij – inteligentnih matematičnih modelov za podporo odločitev v procesu razvoja izdelkov iz polimerov. V tem letu pa smo se še posebej posvečali razvoju inteligentnih aplikacij za konstruiranje ob uporabi sintranih materialov. Na področju raziskav, povezanih z inteligentno podporo v procesu izbire ustreznega trajnostno primerne materiala, je bilo izvedenih več različnih raziskav, na osnovi katerih je bila v prejšnjem letu prijavljena tema doktorske disertacije, ki je bila zaključena v letu 2012.

Zastavljali pa smo si tudi vprašanja o inteligenci in inteligentnih sistemih, ter v kontekstu tega iskali paralele med umetno in naravno inteligenco. Le epistemološki pristop pri raziskavah inteligentnih (umetnih) sistemov nas lahko privede do globjega razumevanja delovanja inteligence kot take in seveda to, kar je za nas še posebej zanimivo, do globjega razumevanja delovanja umetne inteligence. Samo na podlagi te primerjave bomo lahko razvijali sisteme, ki bodo najbolj podobni človeškim načinom razmišljanja in odločanja. Ker pa moramo naše raziskave prenašati tudi na mlade strokovnjake, saj smo tudi izobraževalna organizacija je razumevanje delovanja (odločanja) eden od najpomembnejših element pri uporabi teh sistemov. V letu 2012 je tako bila prijavljena tudi tema doktorske disertacije: *Filozofska analiza mehanizma naravnega mišljenja in umetne inteligence* (UM, FF), ki bo predvidoma zaključena v letu 2013 in bo trdna osnova razvoja vseh inteligentnih inženirskih sistemov.

- Nadaljevale so bile raziskave aluminijastih pen, kjer je bil obravnavan vpliv udarnih valov na odprte celične strukture aluminijaste pene v suhem in potopljenem stanju. Izvedeni so bili tako numerični, kot dinamični eksperimentalni preizkusi vzorcev aluminijastih pen z uporabo eksplozivnih sredstev. Primerjava rezultatov je pokazala dobro ujemanje med eksperimentalnimi in numeričnimi rezultati. Posebna pozornost je bila namenjena tudi raziskavi poroznih materialov tipa lotus, ki ga odlikujejo nekatere posebne mehanske in termične lastnosti. S posebnimi postopki parametričnih simulacij so bile določene materialne lastnosti, kot je inženirski modul elastičnosti in inženirska meja plastičnosti. Pri parametričnih simulacijah je bil analiziran vpliv poroznosti materiala, topologije por in smeri obremenjevanja glede na usmerjenost por. Rezultati numeričnih analiz materiala tipa lotus, so bili primerjani z rezultati preizkusov in analitičnimi rešitvami.

4. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem programu in zastavljenih raziskovalnih ciljev v letu 2012³

SLO

Glede na časovni potek raziskovalnega dela v okviru programske skupine, ki je bil predstavljen pri prijavi programa, je bila v prvi fazi izvajanja programa predvidena analiza doseženih rezultatov v preteklem obdobju, zajemanje znanja, določitev osnovnih smernic razvoja inteligentnih modulov, nadaljnji razvoj znanj na posameznih obstoječih raziskovalnih področjih, vzpostavitev sodelovanja z drugimi institucijami, nabava potrebne raziskovalne opreme, testiranje raziskovalne opreme in drugo. Prav tako je bila načrtovana izdelava potrebnih algoritmov, izvedba potrebnih računalniških simulacij, načrtovanje eksperimentalnih raziskav, izvedba določenih eksperimentalnih raziskav, osnovni razvoj inteligentnih modulov na posameznih področjih, polnjenje baze znanja, izbor podjetij za

uvedbo pilotskih projektov strokovnega izobraževanja na področju konstruiranja, razpis diplomskih magistrskih in doktorskih nalog ter pridobivanje mednarodnih projektov na obravnavanem področju.

Na osnovi poročila o realizaciji programa, navedenem v prejšnji točki, ter na osnovi raziskovalnih in razvojnih dosežkov posameznih članov skupine (glej Cobiss) lahko zaključimo, da je realizacija zastavljenih ciljev primerljiva s časovnim potekom raziskovalnega dela, ki ga je programska skupina navedla pri prijavi programa.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine v letu 2012⁴

Pri izvajanju raziskovalnega programa ni prišlo do bistvenih sprememb glede na raziskovalne cilje, ki jih je programska skupina navedla ob prijavi programa. Ker je to bil za eno leto podaljšan program smo tako vse cilje dosegli in v dodatnem letu tudi dopolnili in poglobili.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine v letu 2012⁵

		Znanstveni dosežek	
1.	COBISS ID	15354134	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Računalniški model za izračunavanje statičnih lastnosti in življenske dobe velikih ležajev
		ANG	Computational model for calculation of static capacity and lifetime of large slewing bearing's raceway
	Opis	SLO	V članku je bil predstavljen računalniški model za izračunavanje statičnih lastnosti in življenske dobe velikih ležajev. V predlaganem modelu smo izračunavali porazdelitev obremenitve po ležajnih površinah na osnovi statičnega ravnovesja med kontaktnimi obremenitvami na ležajnih površinah in zunanji obremenitvami, ki so delovale na ležaj.
		ANG	A computational model for determination of static capacity and fatigue lifetime of large slewing bearings is presented. In the proposed model, contact load distribution along the bearing raceways is calculated on the basis of the static equilibrium between contact loads acting on the raceways, and external loads acting on the bearing. On the basis of the maximum contact force and some typical and experimentally determined material parameters, the static capacity of a bearing is calculated and a comparison of different approaches for a calculation of the fatigue lifetime of a bearing is presented. The following calculation methods are compared: ISO standardised calculation approach, a stress-life approach and a strain-life approach. The presented vector based calculation approach for a calculation of the contact load distribution seems to be an appropriate approach for a fast evaluation of the influence of the bearing clearance and the deformation of bearing rings on the contact load distribution. The comparison of fatigue lifetimes calculated with different calculation methods shows that the choice of method for the calculation of an equivalent mean stress significantly effects the calculated lifetimes. Furthermore, the comparison of lifetimes also shows that, by assuming that ISO standardised calculation approach gives relevant results and provided that material parameters are properly defined, the stress-life approach is, to some degree, a proper method for calculation of the rolling bearing fatigue lifetime.
	Objavljeno v	Pergamon Press; Mechanism and Machine Theory; 2012; Vol. 47; str 16-30; Impact Factor: 1.366; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.056; A': 1; Avtorji / Authors: Glodež Srečko, Potočnik Rok, Flašker Jože	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
2.	COBISS ID	15867926	Vir: COBISS.SI

	Naslov	SLO	Analiza anizotropije in deformacijskega razmerja občutljivosti pri odprtih celičnih penah
		ANG	Analysis of anisotropy and strain rate sensitivity of open-cell metal foam
	Opis	SLO	Članek predstavlja numerično in eksperimentalno analizo odprto celičnih aluminijastih pen. Numerični model temelji na izračunanih tomografskih podatkih, s katerimi smo ponazarjali kompleksno mezo-strukturo materiala. Izvajali smo enoosne eksperimente za kvazi-statično obremenitev in ugotavljali odlično ujemanje.
		ANG	This paper addresses numerical and experimental analysis of the m.porer aluminium foam. Numerical models are based on computed tomography data in order to capture the complex material meso-structure. Uni-axial experimental tests were performed for quasi-static loading and an excellent agreement with numerical results has been obtained. Numerical analyses were extended for characteristic strain rates in order to analyse the strain rate sensitivity and anisotropy. Both, the micro-inertia and the base material strain rate sensitivity have an influence on the dynamic behaviour of the cellular metal
	Objavljeno v		Elsevier; Materials Science & Engineering; 2012; Vol. 541; str. 105-109; Impact Factor: 2.003;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.27; Avtorji / Authors: Vesenjaj Matej, Veyhl C., Fiedler Thomas
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID		16149782 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Tlačne lastnosti lotus tipov poroznih materialov.
		ANG	Compressive properties of lotus-type porous iron
	Opis	SLO	Porozni materiali tipa lotus izkazujejo neaktere edinstvene anizotropne mehanske in termične lastnosti. Te so zelo uporabne za vrsto industrijskih aplikacij. V članku smo predstavlili nekaj računskih modelov za določanje inženirskega tlačnega modula elastičnosti in inženirske trdnosti poroznih materialov tipa lotus takoo v vzdolžni kot tudi v prečni smeri v odvisnosti od orientacije por. Iz primerjave med računskimi, analitskimi in eksperimentalnimi rezultati lahko ugotavljamo zelo dobro korelacijo.
		ANG	Lotus-type porous materials exhibit some unique anisotropic mechanical and thermal properties which are very useful for a number of industrial applications. This paper evaluates several computational models for determining the compressive engineering elastic modulus and engineering yield stress of lotus-type iron in transversal and longitudinal direction in regard to pore orientation with parametric nonlinear finite element computational simulations for porosities ranging from 0 to 0.65. The considered pore topologies of evaluated computational models are either regular (indirectly reconstructed) or irregular (directly reconstructed). Comparison of computational results, experimental tests and analytical estimations shows good correlation of some evaluated computational models. The simplified porous model with pi/4 rotated aligned regular pores can be recommended for fast computational estimation of lotus-type material behaviour under mechanical loading, when some material parameters for homogenised lotus-type material modelling have to be determined.
	Objavljeno v		Elsevier; Computational materials science; 2012; Vol. 65; str. 37-43; Impact Factor: 1.574;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.27; Avtorji / Authors: Vesenjaj Matej, Kovačič Aljaž, Tane Masakazu, Borovinšek Matej, Nakajima Hideo, Ren Zoran
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID		15983894 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Karakteristike fotopolimernih celičnih struktur s silikonskimi polnili

	ANG	Characterization of photopolymer cellular structure with silicone pore filler
Opis	SLO	V sodobnih inženirskih strukturah se vse pogosteje uporabljajo celične strukture predvsem zaradi nekaterih prednostne lastnosti. zavedati pa se moramo, da je obnašanje teh celičnih struktur izdelanih iz krhkih materialov mnogokrat nepredvidljivo. Članek predstavlja eksperimentalno študijo uporabe različnih mešanic gume in silikona kot polnila por pri odprtih celičnih strukturah izdelanih iz fotopolimera M840. Rezultati eksperimentov takšnih amaterialov izkazujejo izboljšanne meahnske lastnosti in znatno višjo sposobnost absorbiranja energije.
	ANG	Cellular structures are increasingly being used in modern engineering due to their advantageous properties. However, the behaviour of cellular structures made of brittle materials under mechanical loading is often very unpredictable. This paper reports on an experimental study using different silicone rubber mixtures as pore filler material in an open-cell structure made of photopolymer, FullCure M840, to improve its behaviour under quasi-static and dynamic mechanical compressive loading. The experimental results show that the initial brittle behaviour has been completely stabilized by using the silicone pore filler, resulting in improved mechanical properties and significantly higher energy absorption capability of the cellular structure, thus providing unique material properties which could be adapted for individually optimized applications.
Objavljeno v		Applied Science Publishers Ltd; Polymer testing; 2012; Vol. 31, iss. 5; str. 705-709; Impact Factor: 1.608;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.894; A'': 1;A': 1; Avtorji / Authors: Vesenjak Matej, Krstulović-Opara Lovre, Ren Zoran
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
5.	COBISS ID	15585558 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Baza znanja za ergonomsko oblikovanje vgrajena v inteligentni sistem za podporo odločanju
	ANG	Ergonomic design knowledge built in the intelligent decision support system
Opis	SLO	Obstoječa računalniška orodja za ergonomsko konstruiranje ne podpirajo konstrukterjev pri višjih zahtevah v procesu konstruiranja. Zato so oblikovalci v tem procesu prepuščeni predvsem svojim lastnim znanjem in izkušnjam. Da bi odpravili ta problem smo razvili inteligentni sistem za podporo odločanju. V članku je predstavljena baza znanja, ki vsebuje različna znanja s področja ergonomskega oblikovanja, predvsem za oblikovanje ročnih orodij.
	ANG	Existing computer tools for ergonomic design are unable to assist designers with higher level advice within design processes. Thus, design engineers need to rely on their own knowledge and experience when making crucial decisions relating to products' ergonomic parameters. An intelligent decision support system has been developed in order to overcome this bottleneck. This paper presents a knowledge base, containing ergonomic design knowledge specific for hand tool design. A pneumatic hammer handle design is used as a case study in order to show how ergonomic design knowledge built within this system is used to improve the ergonomic value of a product.
Objavljeno v		Elsevier; International journal of industrial ergonomics; 2012; Vol. 42, iss. 1; str. 162-171; Impact Factor: 1.260;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.009; A'': 1; Avtorji / Authors: Kaljun Jasmin, Dolšak Bojan
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati programske skupine v letu 2012⁶

Družbeno-ekonomski dosežek			
1.	COBISS ID	15989270	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Lastnosti aluminijastih pen pod obremenitvijo z udarnimi valovi
		<i>ANG</i>	Behaviour of aluminium foam under shock wave loading
	Opis	<i>SLO</i>	V okviru vabljenega predavanja so bile sprva predstavljene osnovne lastnosti aluminijastih pen in podane njihove prednosti ter pomanjkljivosti. Potem so bile ovrednotene njihove možnosti uporabe. Naslednji del predavanja je bil namenjen razpravi o rezultatih opravljenih na vzorcih aluminijaste pene s posebnim poudarkom na njihovem obnašanju pod vplivom udarnih obremenitev. Predavanje je bilo nato osredotočeno na opis razvite metodologije za pravilno 3D geometrijsko modeliranje neurejenih struktur pene in posledično pripravo rešetke modela končnih elementov za uporabo v računalniških simulacij ter na koncu obremenitvam z udarnimi valovi.
		<i>ANG</i>	The invited lecture first reviewed some basic properties of aluminum foams and discuss their advantages and shortcomings. Then, their application possibilities were be briefly discussed. Next part of the lecture was dedicated to discuss the results of conducted experimental testing of aluminum foam samples with particular attention to their behaviour under impact loading. The lecture then focused on our methodology for proper 3D geometrical modelling of irregular aluminum foam structure and consequent formation of lattice finite element model, used in computational simulations. The lecture finished with discussion about behaviour of aluminium foam under shock wave loading.
	Šifra	B.04 Vabljeno predavanje	
	Objavljeno v	GSIntervision; Porous metals and metallic foams; 2012; Str. 501-506; Avtorji / Authors: Vesenjaj Matej, Borovinšek Matej, Ren Zoran, Irie Seiichi, Itoh Shigeru	
	Tipologija	1.06 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci (vabljeno predavanje)	
2.	COBISS ID	262554624	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Računalniško modeliranje zobnih vsadkov
		<i>ANG</i>	Compuetr modelling of teeth implantats
	Opis	<i>SLO</i>	Znano je, da optimalen naklon zobnega vsadka sovpada z naklonom korenine naravnega zoba, ki je bila nadomeščena z zobnim vsadkom. Pomanjkanje kostne mase (atrofija kosti) zlasti v zadnjih segmentih spodnje in zgornje čeljusti ter anatomske omejitve, kot so maksilarni sinusi, nosna votlina in mandibularni živec, pa običajno zahtevajo poševno vgradnjo zobnih vsadkov. Vsak takšen naklon zobnega vsadka povzroča nastanek večosnih obremenitev vsadka, kar povzroča resorpcijo marginalne kosti in tako sčasoma izgubo zobnega vsadka. V okviru te doktorske disertacije so bili z namenom določitve mehanskega odziva kostnega tkiva razviti različni natančni numerični modeli vseh sestavnih elementov konstrukcije implantatno nošene zobne prevleke, podprte z zobnim vsadkom, ki je lahko vstavljen v čeljustno kost na mesto spodnjega levega prvega kočnika pod različnimi koti. Začetna geometrija v simulacijah uporabljenih modelov zobnih vsadkov in opornikov zobnih prevlek je bila posneta po dejanskih tovrstnih izdelkih z imenom Ankylos Plus, proizvajalca Dentsply. Pri analizah je bila upoštevana tudi anizotropnost kostnega tkiva. Kostno tkivo je bilo modelirano z linearno elastičnim materialnim modelom, pri čemer so bile

		<p>elastične lastnosti tkiva odvisne od kostne gostote, ki je izražena v enotah Hounsfielda. Rezultati parametričnih računalniških simulacij kažejo, da je način modeliranja kostnega tkiva z elastičnim, od kostne gostote odvisnim ortotropnim materialnim modelom najprimernejši, saj je v njem prek kostne gostote neposredno upoštevan vpliv stanja kostnega tkiva. Nadalje se je izkazalo, da je trdnost v simulacijah uporabljenega zobnega vsadka pri večjih vrednostih okluzijskih sil nezadostna, saj je v tem primeru presežena meja plastičnosti materiala vsadka. Najpomembnejša ugotovitev je, da obstaja pri uporabi obravnavanega zobnega vsadka resna nevarnost trajne poškodbe kostnega tkiva pod vplivom vseh treh, v tej nalogi modeliranih vrednosti okluzijskih sil. Tako lahko na osnovi računalniških simulacij sklepamo, da obstoječa geometrija obravnavanega zobnega vsadka pri večjih vrednostih okluzijskih sil ni primerna, zato je v takšnih primerih priporočljivo uporabiti večji dimenzijski razred zobnega vsadka ali celo vsadek z drugačno geometrijo.</p>	
	ANG	<p>It is known that the optimal implant inclination corresponds with inclination of the natural tooth root, which was replaced by dental implant. Lack of bone availability (bone atrophy) especially in the posterior segments of the upper and lower jaw, along with the presence of anatomical landmarks such as the maxillary sinus, nasal cavity and the mandibular nerve, sometimes necessitate inclined insertion of implants. Implant inclination leads to multiaxial loading of dental implant, which causes marginal bone resorption and in time results in implant loosening. In the context of this doctoral thesis detailed computational models of all components of the replacement tooth, supported by dental implant, which can be inserted under different angles into the jaw bone in the place of the lower left first molar, were developed. The purpose was to determine the mechanical response of the bone tissue. The initial geometry of dental implant and abutment models, which were used in the simulations, was based on real implants with commercial name Ankylos Plus, manufactured by Dentsply. Bone tissue anisotropy was also taken into account in the simulations. The bone tissue was modelled as a linear elastic constitutive model with density-dependent elastic properties. The bone density was defined in Hounsfield units. The results of the parametric computational simulations show that the method of the bone tissue modelling with elastic, density-dependent orthotropic constitutive model is the most appropriate. The bone tissue state is taken into account through bone density directly in this constitutive model. Furthermore, it seems that the strength of the dental implant, which was used in computational simulations, is insufficient at higher occlusal forces, since the yield stress of dental implant was exceeded in these cases. The most important finding in using this dental implant is that there exists a serious risk of permanent bone tissue damage under the influence of all three occlusal force values, which were modelled in this doctoral thesis. Based on the computational simulations it can be concluded that the existing dental implant geometry is not suitable for higher occlusion forces. In such cases it is recommended to use larger dental implant, or dental implant with different geometry.</p>	
	Šifra	D.09 Mentorstvo doktorandom	
	Objavljeno v	F. Gačnik]; 2012; V, 164 str.; Avtorji / Authors: Gačnik Franci	
	Tipologija	2.08 Doktorska disertacija	
3.	COBISS ID	16026646	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Ekperimentalna in numerična analiza širjenja udarnih valov v celičnih materialih
		ANG	Experimental and numerical analyses of propagation of shock wave in cell metherial

<p>Opis</p>	<p>SLO</p>	<p>Celične strukture imajo privlačno kombinacijo fizikalnih in mehanskih lastnosti za uporabo v inženirstvu. Njihove mikro- in makroskopske lastnosti jim omogočajo uporabo v avtomobilski, železniški, ladjedelski, vesoljski in oklepni industriji kot izmenjevalci toplote, filtri, ležaji, dušilci zvoka, bio-medicinski vsadki, detonacijske zaščite in elementi za absorpcijo energije. Odziv celičnih gradiv pod vplivom udarnih obremenitev, predvsem pa širjenje napetostnih valov, še vedno ni dovolj pojasnjeno in je predmet nekaterih tekočih raziskav. Širjenje napetostnih valov skozi strukturo celičnega gradiva pod vplivom udarnih obremenitev ima izrazit vpliv na mehanizem deformacije, zaradi česar je njegove vplive potrebno popolnoma razumeti. Namen znanstvenoraziskovalnega projekta je bil povezati izkušnost obeh sodelujočih univerz za izboljšanje tekočih raziskovalnih aktivnosti in doseganje skupnega cilja, t.j. boljšega razumevanja širjenja napetostnih valov v celičnih gradivih. Projekt je obravnaval vpliv strukturnih lastnosti celičnih gradiv z in brez polnila na njihov odziv pod vplivom udarnih obremenitev, s poudarkom na študiji širjenja napetostnih valov in njegovega vpliva na deformacijo celičnega gradiva. Shock Wave and Condensed Matter Research Center na Univerzi v Kumamotu je izvedel celotno eksperimentalno testiranje analiziranih celičnih gradiv, Laboratorij za zahtevne inženirske simulacije na Univerzi v Mariboru pa je na osnovi izvedenih eksperimentalnih rezultatov razvil računalniške modele mehanizma nastajanja in širjenja napetostnih valov v celičnih gradivih, ki so bili analizirani s parametričnimi računalniškimi simulacijami. Računalniški modeli in simulacije so bili nato dodatno ovrednoteni v Shock Wave and Condensed Matter Research Center na Univerzi v Kumamotu. Končni rezultati raziskovalnega dela tega projekta predstavljajo razvoj tehnologije za kontrolo nastajanja in širjenja napetostnih valov v celičnih gradivih pod vplivom udarnih obremenitev.</p>
	<p>ANG</p>	<p>Cellular structures have an attractive combination of physical and mechanical properties for use in engineering. Their micro- and macroscopic properties make them perfect for use in automotive, rail, naval, aerospace and armor industry as heat exchangers, filters, bearings, acoustic dampers, bio-medical implants, blast protectors and especially as elements for crash energy absorption. The behavior of cellular materials under impact loading conditions and especially the shock wave propagation are still not well understood and are subject of several ongoing investigations. The shock wave propagation through the cellular material structure under impact loading conditions has a significant effect on its deformation mechanism and is therefore imperative to understand its effects thoroughly. The purpose of this cooperation project was to combine the expertise from both partner institutions to augment the ongoing research activities towards common goal, i.e. to better understand the shock wave propagation in cellular materials. The project was intended to investigate and examine the effect of cellular material and structural properties, with or without pore filler, on its behavior under impact loading conditions with particular interest in shock wave propagation and its effects on cellular material deformation. The Shock Wave and Condensed Matter Research Center at the Kumamoto University was handling all experimental testing of analyzed cellular materials, while the Laboratory for Advanced Computational Engineering at the University of Maribor was developing computational models of wave generation and propagation mechanism in cellular materials, based on conducted experimental testing results, which was tested through parametric computational simulations. The computational models and simulation results were then validated by The Shock Wave and Condensed Matter Research Center at the Kumamoto University. The end results of this research endeavor was the development of shock wave generation and propagation control technology for cellular materials, when subjected to impact loading.</p>

	Šifra	D.06 Zaključno poročilo o tujem/mednarodnem projektu	
	Objavljeno v	Fakulteta za strojništvo; Kumamoto University, The Shock Wave and Condensed Matter Research Center; 2012; 4 f.; Avtorji / Authors: Ren Zoran, Itoh Shigeru, Vesenjaj Matej, Borovinšek Matej, Tanaka Shigeru, Irie Seiichi	
	Tipologija	2.12 Končno poročilo o rezultatih raziskav	
4.	COBISS ID	262505728	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Model inteligentnega sistema za podporo odločanju pri izbiri polimernih materialov v procesu razvoja izdelkov
		ANG	Intelligent decision support system model for polymer material selection within a product development process
	Opis	SLO	<p>Proces razvoja izdelka je kompleksen proces, znotraj katerega mora inženir sprejemati mnogo pomembnih odločitev, ki se ne nanašajo le na konstrukcijo, ampak na vse faze dobe trajanja izdelka. Izbira materiala je v sklopu procesa konstruiranja izrednega pomena, saj izbrani material v začetnih fazah razvoja izdelka znatno vpliva na vse prihodnje aktivnosti v procesu, ter na posledice, ki jih ima izdelek na okolico v njegovi celotni dobi trajanja. Pri svojem delu konstrukterji mnogokrat naletijo na dileme v procesu odločanja, pri čemer so mladi, neizkušeni inženirji na začetku kariere, kot tudi mala in srednje velika podjetja, v zapostavljenem položaju, saj pomanjkanje izkušenj posledično pomeni slabši izdelek ali najem strokovnjaka.</p> <p>Vpliv izdelka na okolje je definiran z različnimi parametri ekološkega spektra, ki jih lahko nadzorujemo v procesu izbire materiala. Eden takih je recikliranje, ki je pereča problematika polimernih materialov, saj je delež reciklirane plastike bistveno manjši od deleža drugih materialov. Kvarni vpliv človeka na okolje in izkoriščanje neobnovljivih virov tako kažeta na pomembnost težnje k trajnostnemu razvoju. Z razvojem modela sistema za podporo odločanju pri izbiri polimernih materialov z upoštevanjem okoljskega vidika smo v sklopu doktorske disertacije skušali doprinesti k znanosti tega področja ter predvsem razviti racunalniško podporo pri konstruiranju okolju prijaznih izdelkov iz polimernih materialov v inženirski praksi.</p>
		ANG	<p>Product development process is a complex process and also decision-making process, which is not related only to product design but to all phases of product's life cycle. Material selection within design process is of great importance as preliminary material selection in early stages of design influences activities to follow and define the impact that product has on the environment through its life cycle. Young and inexperienced designers as well as small and medium sized enterprises are often in arduous position as they face dilemmas in decision-making due to lack of experience consequentially resulting as a bad design or a need for hiring an expert.</p> <p>Product's environmental impact is defined with various ecological parameters, which could be controlled in material selection process. Recyclability is one of problematic ecological parameters for polymer materials as their recycle fracture in current supply is quite low in comparison to other materials. Negative human influence on the environment and exploitation of non-renewable resources are pointing out the importance of sustainable development. Intelligent decision support system model for polymer material selection considering environmental impact developed and presented in this doctoral thesis is an original contribution to scientific society. Moreover, system model is computer support for designing environment-friendly polymer products in engineering practice.</p>
	Šifra	D.09 Mentorstvo doktorandom	

	Objavljeno v	U. Sancin]; 2012; X, 91 f., [51] f. pril.; Avtorji / Authors: Sancin Urška	
	Tipologija	2.08 Doktorska disertacija	
5.	COBISS ID	19425032	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Filozofija duha in kognitivno modeliranje v izobraževanju
		ANG	Philosophy of mind and cognitive modelling in education
	Opis	SLO	Današnje izobraževanje je na razpotju med teoretičnim razvojem in praktično inercijo. Ker praksa sama ne čuti potrebe po tem, da bi se tudi teoretično razvijala, ji je potrebno te teoretične smernice razvoja prikazati čim bolj celovito in čim bolj uporabniško prijazno. Zato smo se na UM odločili pripraviti konferenco na temo znanstvene teorije v praktični izvedbi. Primarni cilj konference je promovirati mednarodno sodelovanje med znanstveniki različnih disciplin s področja filozofije duha in kognitivnega modeliranja v izobraževanju. Splošen cilj je ustvariti integralne modele, povezave izobraževanja s sodobnimi znanji s področja filozofije duha, kognitivne znanosti, psihologije, nevroznanosti, kognitivnega modeliranja in umetne inteligence in inženirstva.
		ANG	The 1th International Scientific Conference on Philosophy of Mind and Cognitive Modelling in Education had been take place at the University of Maribor in Maribor, Slovenia. The conference series had the support of the experts in the field of Philosophy of Mind, Cognitive Science, Psychology, Neuroscience Artificial Intelligence and Education and had become established as a leading international forum for presentation latest research. The aim of the conference had been to promote further international co-operation among Scientists from different disciplines involved in the study of Philosophy of Mind and Cognitive Modelling in Education. The overall objective is to produce an integrated approach to problems of connection Education with the contemporary knowledge from the area of Philosophy of Mind, Cognitive Science, Psychology, Neuroscience, Cognitive modelling and Artificial Intelligence and engineering.
	Šifra	B.01 Organizator znanstvenega srečanja	
	Objavljeno v	Scientific Methodological Center Scientia Educologica; Philosophy of mind and cognitive modelling in education - 2012; Problems of education in the 21st century; 2012; Str. 5-6; Avtorji / Authors: Aberšek Boris	
	Tipologija	1.20 Predgovor, spremna beseda	

8. Drugi pomembni rezultati programske skupine v letu 2012⁷

Med vsemi drugimi pomembnimi rezultati programske skupine, ki so razvidni iz bibliografij posameznih članov in SICRIS-a naj izpostavimo le še dve monografiji:

FLAŠKER, Jože, REN, Zoran, TAŠNER, Frančišek. Gonila s polžnimi pari. 1. natis. Ljubljana: Pasadena, 2012. XIV, 278 str., ilustr. ISBN 978-961-6661-43-0. [COBISS.SI-ID 264504832]

ABERŠEK, Boris. Didaktika tehniškega izobraževanja med teorijo in prakso. 1. izd. Ljubljana: Zavod Republike Slovenije za šolstvo, 2012. 323 str., ilustr. ISBN 978-961-03-0002-1. [COBISS.SI-ID 258472704]

Obe monografiji predstavljata tako prenos izsledkov v prakso kot tudi njihovo komercializacijo. Poslanstvo programske skupine ni le ustvarjanje novih znanj temveč tudi širjenje teh znanj med uporabnike sta ti dve monografiji še toliko bolj pomembni.

9. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov v letu 2012⁸

9.1. Diplome v letu 2012⁹

vrsta usposabljanja	število diplom
bolonjski program - I. stopnja	28
bolonjski program - II. stopnja	0
univerzitetni (stari) program	54

9.2. Magisterij znanosti in doktorat znanosti v letu 2012¹⁰

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	MR	
29566	Urška Sancin	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
29576	Franci Gačnik	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Legenda:

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

10. Pretok mladih raziskovalcev – zaposlitev po zaključenem usposabljanju v letu 2012¹¹

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	Zaposlitev	
29566	Urška Sancin	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo	
29576	Franci Gačnik	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	D - Javni zavod	

Legenda zaposlitev:

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

11. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov ter študentov iz tujine, daljše od enega meseca, v letu 2012

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

12. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v letu 2012¹²

SLO

Sodelovanje v evropskem projektu - HPC-EUROPA2 (št. projekta: 228398)
Bilateralni mednarodni projekt: - Večfizikalne simulacije visokoenergijskih celičnih gradiv, BI-KR11-12-005, 2011-2012.

- Karakterizacija mehanskega obnašanja naprednih celičnih materialov pod vplivom udarnih obremenitev, BI-JP/12-14-002, 2012-2014.
- Eksperimentalno in računalniško testiranje APM krogel z napredno morfologijo por, BI/HR/12-13-042, 2012-2013.

Mednarodno sodelovanje:

- Kumamoto University, Japonska – odziv celičnih gradiv pri eksplozijskih obremenitvah in razvoj novih celičnih gradiv z vzdolžnimi porami (prof. Itoh, prof. Hokamoto),
- Univerza v Splitu, Hrvaška – karakterizacija različnih vrst celičnih gradiv z mehanskimi eksperimenti in termografijo (prof. Krstulović-Opara, prof. Domazet),
- The University of Newcastle, Avstralija – razvoj novih računalniških modelov neurejenih celičnih materialov (dr. Fiedler, prof. Murch, prof. Belova),
- University of Aveiro, Portugalska – karakterizacija zaprto-celičnih gradiv pri tlačnih in upogibnih obremenitvah (prof. Gracio, dr. Duarte),
- Karlsruhe Institute of Technology, Nemčija – karakterizacija celičnih gradiv s pomočjo intenzivnega paralelnega procesiranja (prof. Schweizerhof),
- Okinawa National College of Technology, Japonska – analiza deformiranja poroznih elementov z napredno morfologijo por na osnovi CT slik (prof. Higa, prof. Shimojima, prof. Masaki),
- IFAM Fraunhofer, Nemčija – mehanska in geometrijska karakterizacija poroznih elementov z napredno morfologijo in struktur iz kovinskih sintranih vlaken (dr. Lehmhus),
- Osaka University, Japonska – geometrijska rekonstrukcija in določitev mehanskih lastnosti lotus poroznih struktur (prof. Nakajima),

13. Vključenost v projekte za uporabnike, ki v letu 2012 potekali izven financiranja ARRS¹³

SLO

Uporabniki, s katerimi je programska skupina sodelovala so:

- ENRON d.o.o., Šentjanž pri Dravogradu
- Rotis d.o.o., Ljubljana
- Kveder d.o.o., Škofja vas
- KGL d.o.o., Litija

S temi uporabniki smo sodelovali trako na področju razvoja izdelkov kot tudi implementacije teh izdelkov v neposredno proizvodnjo.

14. Ocena tehnološke zrelosti rezultatov programa in možnosti za njihovo implementacijo v praksi (točka ni namenjena raziskovalnim programom s področij humanističnih ved)¹⁴

SLO

Izpostavimo tri pomembna področja dela programske skupine, ki so najprimernejša in tehnološko najbolj razvita za implementacijo v praksi:

V okviru doktorske disertacije: Računalniško modeliranje zobnih vsadkov so bili z namenom določitve mehanskega odziva kostnega tkiva razviti različni natančni numerični modeli vseh sestavnih elementov konstrukcije implantatno nošene zobne prevleke, podprte z zobnim vsadkom. Rezultati parametričnih računalniških simulacij kažejo, da je način modeliranja kostnega tkiva z elastičnim, od kostne gostote odvisnim ortotropnim materialnim modelom najprimernejši, saj je v njem prek kostne gostote neposredno upoštevan vpliv stanja kostnega tkiva. Tako lahko na osnovi računalniških simulacij sklepamo, ali obstoječa geometrija obravnavanega zobnega vsadka ustreza in temu prilagajamo ustrezno zobno protetiko, kar ima, za praktično uporabo zelo velik pomen, saj se s tem enostavno izognemo vsem potencialnim problemom, ki lahko nastopijo med uporabo. Rezultat je tako tehnološko zrel za uporabo v praksi.

Razvoj računalniških modelov za izračunavanje statičnih lastnosti in življenske dobe velikih ležajev se že vpeljuje pri proizvodnji ležajev v tovarni ROTIS. V predlaganem modelu smo izračunavali porazdelitev obremenitve po ležajnih površinah na osnovi statičnega ravnovesja med kontaktnimi obremenitvami na ležajnih površinah in zunanji obremenitvami, ki so delovale na ležaj. Ta tehnološki postopek je že delno implementiran v prakso.

Celične strukture imajo privlačno kombinacijo fizikalnih in mehanskih lastnosti za uporabo v inženirstvu. Njihove mikro- in makroskopske lastnosti jim omogočajo uporabo v avtomobilski, železniški, ladjedelski, vesoljski in oklepni industriji kot izmenjevalci toplote, filtri, ležaji, dušilci

zvoka, bio-medicinski vsadki, detonacijske zaščite in elementi za absorpcijo energije. Končni rezultati teh raziskov predstavljajo razvoj tehnologije za kontrolo nastajanj in širjenja napetostnih valov v celičnih gradivih pod vplivom udarnih obremenitev. Na osnovi teh raziskav pa so v fazi preizkušanja tudi različne vetrne turbine izdelane iz penastih mas v podjetju ENRON.

15. 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	
ocena potrebne infrastrukture in opreme ¹⁵	

16. Izjemni dosežek v letu 2012¹⁶

16.1. Izjemni znanstveni dosežek v letu 2012

Raziskave s področja neurejenih celičnih gradiv (aluminijastih pen, poroznih lotus struktur) so v tem letu najodmevnejši prispevek naše programske skupine. Odziv aluminijastih pen pri visokih deformacijskih hitrostih je bil obravnavan s Taylorjevim testom in pod vplivom udarnih valov. Izvedeni so bili tako numerični, kot dinamični eksperimentalni preizkusi vzorcev aluminijastih pen z uporabo eksplozivnih sredstev. Primerjava rezultatov je pokazala zelo dobro ujemanje med eksperimentalnimi in numeričnimi rezultati. Nadaljnja analiza aluminijastih pen pa je obravnavala še njihovo anizotropnost. Posebna pozornost je bila namenjena tudi raziskavi poroznih lotus materialov z vzdolžnimi porami, ki ga odlikujejo nekatere posebne mehanske in termične lastnosti. Z nelinearnimi parametričnimi računalniškimi simulacijami so bile določene materialne lastnosti, kot je inženirski modul elastičnosti in inženirska meja plastičnosti.

16.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek v letu 2012

Mednarodna znanstvena konferenca o filozofiji duha in kognitivnem modeliranju v izobraževanju ki je bila organizirana na Univerzi v Mariboru je bila namenjena znanstvenikom s področja filozofije duha, kognitivne znanosti, psihologije, nevroznanosti, umetne inteligence, tehnike in izobraževanja, skratka vsem, ki se tako ali drugače ukvarjajo z inteligentnimi sistemi na različnih področjih. Njen cilj je ustvariti vodilni mednarodni forum za predstavitev najnovejših izsledkov raziskav. Zavedati se moramo, da področje inteligentnih sistemov ni le hevristični, skratka matematični ali računalniški problem ampak je predvsem epistemološki, torej filozofski in kognitivni problem. Takoj ko pričnemo govoriti o inteligenci moramo to povezati z ljudmi, z njihovim dojetjem in procesiranjem informacij, metodam učenja in načinom njihovega odločanja. Ne smemo se zapirati v ozke strokovne (tehniške) okvirje, temveč sprejemamo širši pogled na svet in probleme v njem.

LETNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA ZA LETO 2012

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

Šifra programa	P2-0196
Naslov programa	Raziskave v energetske, procesne in okoljske inženirstvu
Vodja programa	6428 Leopold Škerget
Obseg raziskovalnih ur	skupaj :33660 od tega v letu 2012:5610
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	

2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS¹

Šifra	2.03
- Veda	2 Tehniške in tehnološke vede
- Področje	2.03 Mehanika

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem programu v letu 2012²

SLO

Na področju več-območne metode robnih elementov (MRE) za reševanje velikih sistemov enačb z več milijoni spremenljivk smo nadaljevali raziskovalno delo in rezultate objavili v Thermal Science Journal. Klasična metoda robnih elementov, kjer diskretiziramo samo rob območja, je omejena na velikost približno nekaj 10,000 vozlišč na enem osebnem računalniku. Glavni razlog je polna in nesimetrična matrika. Z uporabo »Fast Multipole Method« se velikost problema poveča na približno 500,000 vozlišč, kar še vedno ni primerljivo z ostalimi aproksimacijskimi metodami, npr. metodo končnih elementov (MKE). Več-območna MRE, ki smo jo razvili v naši skupini, poveča

uporabnost MRE na približno 10 milijonov vozlišč kar je primerljivo z MKE. Najpomembnejši razlog za uspeh je ekstremno povečanje praznosti systemske matrike, ki tako postane praktično diagonalna, kot v MKE. V sodelovanju z Brunel University v Londonu smo izpeljali nov integralni zapis difuzijske enačbe s spremenljivimi koeficienti. Nov zapis omogoča implementacijo učinkovitejšega numeričnega algoritma in s tem posledično zmanjšuje računsko zahtevnost in povečuje natančnost simulacijski orodij, ki simulirajo difuzijske procese s spremenljivo difuzivnostjo (na primer – simulacija toka tekočin na podlagi RANS povprečenja, simulacija prenosa toplote v nehomogenih območjih (tkivih) in simulacija prenosa snovi v napravah, kjer temperatura spreminja difuzivnost). Ukvarjali smo se z raziskovanjem vpliva različnih interpolacijskih funkcij na aproksimacijo funkcij polja po posameznih diskretnih elementih. Različne numerične sheme smo testirali na analitično rešljivem vstopnem tokovnem problemu. Stabilnost in natančnost konvektivno-difuzivne enačbe smo testirali v odvisnosti od vrednosti Pecletovega števila. Raziskovali smo vpliv različnih tipov mrežnih celic in interpolacijskih funkcij. Stabilno rešitev konvektivno-difuzivne enačbe pri velikih vrednostih Pecletovega števila smo dosegli z uporabo višje-rednih polinomskih interpolacijskih "residual-free bubble" RFB funkcij. Vpeljani so bili tudi dvoenačbeni modeli turbulence. V razviti numerični algoritem je bil vpeljan še Chienov in tudi Abe-Kondoh-Nagano model turbulence, s katerima so bili ponovljeni izračuni turbulentnega toka v kanalu. Dobili smo odlične rezultate, primerljive z rezultati drugih avtorjev. Ker se je model Abe-Kondoh-Nagano izkazal za relativno nestabilnega, smo preračune turbulentnih tokov nadaljevali s Chienovim in Spalart-Allmarasovim modelom turbulence in dodatno izračunali tok preko stopnice v kanalu s Chienovim modelom. Rezultati simulacij turbulentnega toka v kanalu in preko stopnice bodo predvidoma objavljeni v *Engineering Analysis with Boundary Elements*.

Na področju modeliranja večfaznih tokov je bilo nadaljevano delo na razvoju numeričnega algoritma za računalniško simulacijo toka suspenzij. Razviti model sledenja delcev na osnovi Lagrangevega modela sledenja je bil uporabljen za analizo učinkovitosti izločanja delcev v magnetnih izločevalnikih ob pogojih visokih gradientov jakosti magnetnega polja, rezultati raziskav so bili objavljeni v znanstveni reviji *Computational Mechanics*. V metodo robnih elementov je bil uspešno vgrajen SLD model ravnotežja, ki omogoča modeliranje pojava adsorpcije plinske sestavine na aktivno trdno steno. Razviti algoritem je bil preverjen na primeru znanih eksperimentalnih podatkov za adsorpcijo vodne pare v satovju iz aktivnega oglja. Rezultati raziskav so bili predstavljeni in objavljeni na mednarodni znanstveni konferenci ECCOMAS 2012. Nadalje je bilo na področju numeričnih simulacij večfaznih tokov je bilo izvedeno raziskovalno delo in razširitev obstoječega numeričnega orodja za namene simulacij izločanja delcev v kanalu z bifurkacijo, ki je izpostavljen magnetnemu polju. Omenjena raziskava sledi iz raziskav uspešnega izločanja namagnetnih delcev v ravnem kanalu, ki predstavlja biološko aplikacijo detoksikacije krvi s pomočjo vključitve mikronskih delcev in nato poznejšega izločevanja le teh iz toka krvi. Delo je bilo nadgrajeno z analizo toka skozi srčno zaklopko, objavljeno v *Strojniškem vestniku*. Delo je neposredno povezano z vprašanjem reševanja inverznih problemov, zlasti zaradi aplikacij v sodobni diagnostiki, kot sta MR in CT, kot tudi v nekaterih kliničnih aplikacijah kot je hipertermija in kriokirurgija. Tako je bilo področje raziskave usmerjeno na sam prenos toplote v tkivu oziroma s tem povezanim inverznim problemom, za razvoj novih pristopov neinvazivnega določevanja parametrov tkiva, kot so toplotne lastnosti in perfuzijski pretok krvi. Le-ta odraža tako fiziološko kot patološko stanje tkiva in je za diagnostiko še kako pomemben.

Na področju motorjev z notranjim zgorevanjem smo izvedli eksperimentalne in numerične raziskave možnosti povečanja zmogljivosti motorjev, zmanjšanja porabe goriva in zmanjšanja emisij nezaželenih produktov zgorevanja. Pri tem smo zlasti aktivno spremljali eksperimentalne in numerične raziskave vpliva uporabe biogoriv (biodizelsko gorivo, bioetanol) na karakteristike vbrizgavanja in curka goriva, razvoj in modifikacije postopka optimalnega projektiranja vbrizgalnega sistema dizelskega motorja in dizelskega motorja pri uporabi biogoriv ter numerično simulacijo procesov v vbrizgalni šobi. Nadaljevali smo tudi z razvojem metode sklopljenega reševanja enačbe

za korekcijo tlaka in prenosne enačbe za entalpijo. Sklopljen način reševanja pripomore k natančnejši aproksimaciji členov, ki popravljajo vrednost gostote v iterativnem postopku. Izboljšana metoda vodi do rešitve v manjšem številu iteracij in tako posledično skrajša računske čase. Metodo smo uporabili na realnih primerih motorjev z notranjim zgorevanjem. Poleg tega so se raziskave v letu 2012 navezovala na iskanje najprimernejše optimizacijske metode za določitev parametrov MCC modela zgorevanja, ki se uporablja za numerično simuliranje delovanja dizelskega motorja. V ta namen je bilo na analitičnem primeru preizkušenih več različnih optimizacijskih metod. Nadalje je bilo na področju vbrizgavanja goriva raziskovalno delo usmerjeno v numerične simulacije in merilni eksperiment. Pri merilnem eksperimentu je poudarek na snemanju vbrizgavanja curka v tlačno komoro s pomočjo hitre kamere. Zaradi kompleksnosti snemalne metode smo imeli pri svojem delu vrsto težav, ena večjih je pravilni izbor trenutka posnete slike, zaradi ustvarjene megle, ki je posledica vbrizgavanja goriva pod visokim tlakom. Pri vbrizgavanju goriva v tlačno komoro, ki je sestavljeno iz množice slik v območju razvoja curka, je bilo potrebno izdelati ustrezno merilno aplikacijo, ki omogoča sinhronizacijo proženja hitre kamere z merilnim sistemom za zajemanje podatkov vbrizgavanja (tlak, dvig igle, zgornja mrtva lega) in prilagoditi obdelavo podatkov oziroma rezultatov meritev.

Na področju vozil smo raziskovali tokovne in toplotne razmere pri zaviranju v zavornem disku in njegovi okolici. Pri zaviranju avtomobilski zavorni sistem pretvarja kinetično energijo celotnega avtomobila v toploto, katere večji del se kopiči v diskah, z njihove površine pa se širi v okolico s pomočjo konvekcije in sevanja. Razmere pri zaviranju na posebnem testu proizvajalca diskov smo simulirali s pomočjo računalniške dinamike tekočin. Poleg tega smo se ukvarjali z vprašanjem optimizacije prenosa toplote kot ključnega faktorja pri konceptualni in termični analizi procesa hlajenja in kaljenja.

Raziskave delovanja toplotnih turbinskih strojev v neustaljenih razmerah smo osredotočili na obravnavo aksialnih ventilatorjev v razmerah odcepljanja toka od sesalne strani lopatic. Eksperimentalne in numerične raziskave smo osredotočili na raziskavo razmer obtekanja lopatice v rotirajoči lopatični rešetki in raziskavo vpliva različnih turbulentnih modelov na napoved tokovnega polja v aksialnem ventilatorju. Eksperimentalni rezultati, ki smo jih pridobili z metodo PIV, so pokazali, da poteka obtekanje lopatic ventilatorja pri velikih pretokih gladko in brez odcepljanja; z zmanjševanjem pretoka pa se kot posledica odcepitev toka na eni od lopatic formira vrteči zastoj, ki potuje v smeri vrtenja rotorja a za njim zaostaja. V območju vrtečega zastoja se pred vstopom v rotor pojavi v področju vrha lopatice močan vrtinec, ki pomembno vpliva na tok med lopatičnimi kanali, pri čemer zaradi dinamike pojavov ne opazimo značilnih faz odcepitev toka, ki so značilne za osamljeno krilo v toku. Rezultati numeričnih simulacij so pokazali, da izbrana turbulentna modela, v našem primeru sta to bila $k-\varepsilon$ in SST model, korektno popišeeta razmere v aksialnem ventilatorju pri pogojih delovanja v nazivni točki, medtem ko je napoved dinamičnih tokovnih razmer ob nastopu vrtečega zastoja zadovoljiva kvalitativno ne pa tudi kvantitativno.

V okviru raziskovanja kavitacije v tokovni brazdi telesa potopljenega v vodni tok je bila v sodelovanju z Laboratorijem za vodne turbine Fakultete za strojništvo iz Ljubljane izvedena eksperimentalna analiza s korelacijo kavitacijsko vzbujenih pulzacij tlaka in analize fotografij kavitacijskih struktur posnetih s hitro kamero. Rezultati raziskave kažejo na visoko stopnjo povezanosti obeh spremenljivk na podlagi katerih je mogoče bolje razumeti dinamiko toka v kavitacijskem oblaku in celotni domeni. Težišče dela na področju turbin je bilo na aksialnih turbinah. Pri aksialnih turbinah napoved izkoristka na osnovi numeričnih rezultatov veliko bolj odstopa od meritev kot pri Francisovih turbinah. Glavni problem je močno nestacionaren tok v sesalni cevi. Stacionarni izračuni zato ne konvergirajo, vrednosti za izgube, izkoristek in pretok med izračunom nihajo. Nihanja so zlasti velika v točkah, ki ne ležijo na ovojnicah delnih krivulj izkoristka (off design points) in pri velikih pretokih. Pri velikih pretokih s stacionarnimi izračuni dobimo močno precenjene izgube v sesalni cevi in zato premajhen izkoristek. Rezultati se zelo izboljšajo z nestacionarnimi izračuni, zlasti če namesto dvo-enačbenih modelov ($k-\varepsilon$, $k-\omega$ SST) uporabimo naprednejše modele kot sta SAS SST in zonal LES, kar smo objavili na konferenci na Kitajskem.

V laboratoriju za zgorevanje in okoljsko inženirstvo je bilo v letu 2012 raziskovalno delo usmerjeno v pripravo celovitega numeričnega modela za simulacijo zgorevanja odpadne biomase v objektu realne kurilne naprave s pomočjo računalniške dinamike tekočin. Posvetili smo se predvsem pripravi ustreznega empiričnega ravnotežnega modela s pomočjo katerega bomo pridobili dovolj natančne robne pogoje za določitev produktov, ki nastanejo med trdno in plinasto fazo zgorevanja vzdolž rešetke (temperatura, hitrost, O₂, H₂O, CO, volatili).

Na področju toka skozi porozno snov smo se osredotočali na nadgradnjo robno območne integralske metode za reševanje prostorskih problemov dvojne difuzije v porozni snovi. Vodilne enačbe, ki definirajo problem naravne konvekcije zaradi dvojne difuzije v porozni snovi predstavljajo osnovne fizikalne zakone ohranitve mase, gibalne količine, energije in snovi. Problematika dvojne difuzije v porozni sredini je kljub velikemu razvoju znanosti v zadnjih nekaj desetletjih še vedno modelirana pretežno z uporabo 2D modelov, naše delo pa je bilo osredotočeno na razvoj in uporabo 3D modela, pri čemer razvijamo razširjeno obliko metode robnih elementov imenovano tudi robno območna integralska metoda.

4. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem programu in zastavljenih raziskovalnih ciljev v letu 2012³

SLO

V splošnem ocenjujemo, da smo od pričetka programa do zaključka v letu 2012 dosegli 60% realizacijo leta 2009 zastavljenega programa. Sicer smo si v letu 2012 zastavili cilje, ki smo jih v popolnosti dosegli:

- nov integralski zapis difuzijske enačbe s spremenljivimi koeficienti, ki omogoča implementacijo učinkovitejšega numeričnega algoritma in s tem posledično zmanjšuje računsko zahtevnost in povečuje natančnost simulacijskih orodij, ki simulirajo difuzijske procese s spremenljivo difuzivnostjo (na primer – simulacija toka tekočin na podlagi RANS povprečenja in simulacija prenosa toplote v nehomogenih območjih (tkivih) in simulacija LES prenosa snovi v napravah, kjer temperatura spreminja difuzivnost,
- na področju numeričnega algoritma za računalniško simulacijo toka suspenzij je bil razviti model sledenja delcev na osnovi Lagrangevega modela sledenja uporabljen za analizo učinkovitosti izločanja delcev v magnetnih izločevalnikih ob pogojih visokih gradientov jakosti magnetnega polja,
- izvedba eksperimentalnih in numeričnih raziskav možnosti povečanja zmogljivosti motorjev, zmanjšanja porabe goriva in zmanjšanja emisij nezaželenih produktov zgorevanja, s hkratnim aktivnim spremljanjem eksperimentalne in numerične raziskave vpliva uporabe biogoriv (biodizelsko gorivo, bioetanol) na karakteristike vbrizgavanja in curka goriva, razvoj in modifikacije postopka optimalnega projektiranja vbrizgalnega sistema dizelskega motorja in dizelskega motorja pri uporabi biogoriv ter numerično simulacijo procesov v vbrizgalni šobi,
- izvedba merilnega eksperimenta s poudarkom na snemanju vbrizgavanja curka v tlačno komoro s pomočjo hitre kamere, kjer je bilo zaradi kompleksnosti snemalne metode obilo težav, ena večjih je pravilni izbor trenutka posnete slike, zaradi ustvarjene megle, ki je posledica vbrizgavanja goriva pod visokim tlakom; tako je bilo pri vbrizgavanju goriva v tlačno komoro, ki je sestavljeno iz množice slik v območju razvoja curka, potrebno izdelati ustrezno merilno aplikacijo, ki omogoča

sinhronizacijo proženja hitre kamere z merilnim sistemom za zajemanje podatkov vbrizgavanja (tlak, dvig igle, zgornja mrtva lega) in prilagoditi obdelavo podatkov oziroma rezultatov meritev.

5.Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine v letu 2012⁴

/

6.Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine v letu 2012⁵

		Znanstveni dosežek	
1.	COBISS ID	16562710	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Difuzija toplote v fraktalni geometriji hladilne površine
		ANG	Heat diffusion in fractal geometry cooling surface
	Opis	SLO	V prispevku je prikazana numerična simulacija prevoda toplote v fraktalni geometriji Kochove snežinke z več območno metodo robnih elementov. Ideja in motivacija za to delo je izboljšanje hlajenja malih elektronskih elementov z uporabo fraktalne površine v smislu hladilnih reber. V tem delu velja predpostavka, da je prevod toplote edini mehanizem prenosa toplote. Rezultati so primerjani s toplotnim tokom ravne površine. Limitni primer neskončno majhnih fraktalov je izračunan s pomočjo Richardsonove extrapolacije.
		ANG	In the paper the numerical simulation of heat diffusion in the fractal geometry of Koch snowflake is presented using multidomain mixed Boundary Element Method. The idea and motivation of work is to improve the cooling of small electronic devices using fractal geometry of surface similar to cooling ribs. The heat diffusion is assumed as the only principle of heat transfer. The results are compared to the heat flux of a flat surface. The limiting case of infinite small fractal element is computed using Richardson extrapolation.
	Objavljeno v	"Vinča" Institute of Nuclear Sciences, University; Thermal science; 2012; Vol. 16, no. 4; str. 955-968; Impact Factor: 0.779; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.475; WoS: DT; Avtorji / Authors: Ramšak Matjaž, Škerget Leopold	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
2.	COBISS ID	16211990	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Robni zapisi za numerično rešitev 2D difuzijskih problemov s spremenljivimi koeficienti
		ANG	Boundary element formulations for the numerical solution of two-dimensional diffusion problems with variable coefficients
	Opis	SLO	V prispevku predstavljamo nova zapisa radialne integralske robne enačbe in radialne integralske robne integralsko-diferencialne enačbe za reševanje 2D difuzijskih problemov s spremenljivimi koeficienti. Metodi slonita na posebno izgrajeni Levi funkciji ali na standardni osnovni rešitvi Laplaceove enačbe, da spremenita robni problem v robno-območno integralsko enačbo ali v robno-območno integralsko-diferencialno enačbo. Uporabljena je radialna integracijska metoda za spremembo območnih integralov v robne. Tako dobimo samo robni zapis brez območnih integralov. Nadalje, je predlagana uporaba tehnike podobmočij, ki sloni na praznih matrikah in se tako izogne izračunu velikega števila območnih integralov. Predstavljeni so rezultati numeričnih testov za več primerov, kjer je poznana analitična rešitev.
			This paper presents new formulations of the radial integration boundary

		ANG	integral equation (RIBIE) and the radial integration boundary integro-differential equation (RIBIDE) methods for the numerical solution of two-dimensional diffusion problems with variable coefficients. The methods use either a specially constructed parametrix (Levi function) or the standard fundamental solution for the Laplace equation to reduce the boundary-value problem (BVP) to a boundary-domain integral equation (BDIE) or boundary-domain integro-differential equation (BDIDE). The radial integration method (RIM) is then employed to convert the domain integrals arising in both BDIE and BDIDE methods into equivalent boundary integrals. The resulting formulations lead to pure boundary integral and integro-differential equations with no domain integrals. Furthermore, a subdomain decomposition technique (SDBDIE) is proposed, which leads to a sparse system of linear equations, thus avoiding the need to calculate a large number of domain integrals. Numerical examples are presented for several simple problems, for which exact solutions are available, to demonstrate the efficiency of the proposed approaches.
	Objavljeno v		Pergamon Press; Computers & Mathematics with Applications; 2012; Vol. 64, iss. 8; str. 2695-2711; Impact Factor: 1.747; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.89; A': 1; WoS: EV, PN; Avtorji / Authors: Al-Jawary M.A., Ravnik Jure, Wrobel Luiz C., Škerget Leopold
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	16152342	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Visoko gradientno izločanje magnetnih delcev v viskozem toku z 3D Metodo robnih elementov
		ANG	High gradient magnetic particle separation in viscous flows by 3D BEM
	Opis	SLO	Metoda robnih elementov je bila uporabljena za študij gibanja magnetnih delcev v toku tekočine pod vplivom zunanega neenakomernega magnetnega polja. Razvita formulacija kombinira reševanje hitrostno-vrtinčne formulacije Navier-Stokes enačb z Lagrangevim sledenjem delcev, ob upoštevanju enostranskega vpliva tokovnega polja na delce. Razviti algoritem je bil uporabljen za preizkus možnih izvedb ločevanja z visoko gradientnim magnetnim poljem v ravnem kanalu, pri čemer se je izvedel izračun trajektorij delcev, ki so se gibali pod vplivom hidrodinamičnih in magnetnih sil. Gradient magnetnega polja je izviral iz magnetnih žic, nameščenih izven kanala. Izvedene so bile numerične simulacije s spreminjanjem zunanega magnetnega polja in pretoka tekočine, vse z namenom izračuna ločevalnega izkoristka obravnavane naprave. Rezultati so pokazali, da učinkovitost naprave pada linearno s povečevanjem pretoka tekočine, narašča pa s povečevanjem jakosti magnetnega polja, vendar samo do stanja magnetne nasičenosti delcev. Prav tako je bilo ugotovljeno, da ni mogoče dosežati visoke učinkovitosti izločanja v pogojih visokega pretoka oz. šibkega magnetnega polja. Prispevek podaja tudi priporočila za optimalno izbiro zunanega magnetnega polja in pretoka tekočine.
		ANG	The boundary element method was applied to study the motion of magnetic particles in fluid flow under the action of external nonuniform magnetic field. The derived formulation combines the velocity-vorticity resolved Navier-Stokes equations with the Lagrange based particle tracking model, where the one-way coupling with fluid phase was considered. The derived algorithm was used to test a possible design of high gradient magnetic separation in a narrow channel by computing particles trajectories in channel flow under the influence of hydrodynamic and magnetic forces. Magnetic field gradient was obtained by magnetization wires placed outside of the channel. Simulations with varying external magnetic field and flow rate were performed in order to asses the collection efficiency of the proposed device. We found that the

		collection efficiency decreases linearly with increasing flow rate. Also, the collection efficiency was found to increase with magnetic field strength only up a saturation point. Furthermore, we found that high collection efficiently is not feasible at high flow velocity and/or at weak magnetic field. Recommendation for optimal choice of external magnetic field and flow rate is discussed.
	Objavljeno v	Springer; Computational mechanics; 2012; Impact Factor: 2.065; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.301; A': 1; WoS: PO, PU; Avtorji / Authors: Ravnik Jure, Hriberšek Matjaž
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID	15906582 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Analiza karakteristik vbrizgavanja z različnimi mešanici alternativnih goriv
		<i>ANG</i> Numerical injection characteristics analysis of various renewable fuel blends
	Opis	<i>SLO</i> Članek se ukvarja z numerično analizo vpliva dodatka bioetanola k dizelskemu in biodizelskemu gorivu na process vbrizgavanja. Pokazano je, da so eksperimentalno določeni empirični izrazi za gostoto, hitrost zvoka in modul elastičnosti ustrezni za numerično modeliranje procesa vbrizgavanja za vsa testirana goriva. Dobljeni rezultati kažejo, da uporaba biodizelskega goriva izboljša pogoje mazanja. Ugotovljeno je, da dodatek etanola k dizelskemu in biodizelskemu gorivu na vseh delovnih režimih zmanjša vbrizgano količino goriva, kot začetka vbrizga, trajanje vbrizgavanja, srednjo hitrost vbrizgavanja in maksimalni tlak vbrizgavanja.
		<i>ANG</i> This paper deals with the numerical analysis of the influence of bioethanol addition to diesel and biodiesel fuel on the injection process. It has been shown that the determined empirical expressions for density, sound velocity and bulk modulus enable satisfactory numerical modeling of the injection process for all tested fuels. The analysis of numerical results shows that for all operating regimens simulated, the addition of bioethanol to biodiesel and to diesel reduces fuelling, injection timing, injection duration, mean injection rate and maximum injection pressure.
	Objavljeno v	Elsevier; Fuel; 2012; Vol. 97; str. 832-842; Impact Factor: 3.248; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.785; A': 1; WoS: ID, II; Avtorji / Authors: Torres Jiménez Eloisa, Kegl Marko, Dorado Rubén, Kegl Breda
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
5.	COBISS ID	15970582 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Vpliv termične obdelave na lastnosti letečega pepela iz sežigalnice odpadkov
		<i>ANG</i> Effect of thermal processing on the characteristics of incineration fly ash
	Opis	<i>SLO</i> Preiskovali smo možnosti imobilizacije letečega pepela iz sežigalnice odpadkov z uporabo različnih metod obdelave. Neposredno sintranje letečega pepela pri 1050 °C je proizvedlo material s povečano odpornostjo na izluževanje, čeprav visoka vsebnost halidov onemogoča doseganje visoke trdnosti. S taljenjem in litjem letečega pepela v kovinske gredice smo izdelali steklo z dobro kemijsko obstojnostjo in mehanskimi lastnostmi, ki so še bile izboljšane z devitrifikacijo in formiranjem steklo keramike. Najboljše razmerje med trdnostjo in odpornostjo izluževanju je bilo doseženo s procesom taljenja letečega pepela in litja v vodo, nato mletja in sintranja brez aditivov pri 850-950 °C. Na ta način smo proizvedli material, ki ga ni mogoče samo odložiti na odlagališču za inertne in nereaktivni odpad na odlagališču za nenevarne

		odpadke, pač pa ga lahko uporabimo kot surovino za proizvodnjo izdelkov. Članek podaja uporabne rezultate za zakonodajalce v Sloveniji glede ravnanja z letečim pepelom, ki nastaja v sežigalnicah odpadkov.
	ANG	This work investigated the possibilities of immobilizing incineration fly ash by applying different processing methods. Direct sintering of fly ash at 1050 °C produced material with increased resistance to leaching; however, the high content of halides prevented the achievement of appropriate strength. Fly ash melting and casting into metallic moulds resulted in the formation of glass with good chemical resistivity and mechanical properties, which were further improved by devitrification, and the formation of glass-ceramics. The most successful combination of strength and resistance to leaching was obtained by a process consisting of fly ash melting, by pouring the melt into water, then grinding, and sintering without additives at 850-950 °C. In this way, a material was produced that cannot only be landfilled as a stabilised and non-reactive waste in landfills for non-hazardous wastes, but can also be utilized as a valuable material for manufacturing useful products. This article provided valuable results for policy-makers in Slovenia, about the handling fly ash from incineration plants.
Objavljeno v		The Association; Journal of the Air & Waste Management Association; 2012; Vol. 62, iss. 5; str. 500-508; Avtorji / Authors: Zupanič Franc, Orešek Natalija, Samec Niko
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati programske skupine v letu 2012⁶

	Družbeno-ekonomski dosežek	
1.	COBISS ID	15993878 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<p>SLO Dr. Niko Samec: Sodobni objekti za energijsko izrabo odpadkov izmed vseh kurilnih naprav najmanj onesnažujejo okolje</p> <p>ANG Modern waste – to – energy plants have the lowest pollution rate among all combustion process plants</p>
	Opis	<p>SLO Sodobni objekti za energijsko izrabo odpadkov ne predstavljajo konkurence ostalim tehnikam obdelave odpadkov ampak dopolnjujejo hierarhijo ravnanja z odpadki in omogočajo izpolnitev evropske strategije o celoviti izrabi odpadkov. Proces termične obdelave nastopi šele po ponovni uporabi in recikliranju odpadkov kot izraba energije odpadkov. Zgorevanje odpadkov in obdelava dimnih plinov teh sodobnih objektov sta procesno optimirana in zagotavljata najnižje onesnaževanje okolja med vsemi kurilnimi napravami.</p> <p>ANG Modern waste – to – energy plants do not compete against other waste processing techniques but complement the waste treatment hierarchy and enable the fulfillment of European strategy on complete utilization of waste. The process comes into place after reuse and material recycle as the utilization of energy in waste. The waste combustion and flue gas treatment of these modern plants is process optimized and ensures lowest pollution levels among all combustion plants.</p>
	Šifra	F.23 Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev
	Objavljeno v	Dnevnik; Dnevnik; 2012; Leto 62, št. 109; str. 4; Avtorji / Authors: Samec Niko
	Tipologija	1.22 Intervju
2.	COBISS ID	16499478 Vir: COBISS.SI

	Naslov	SLO	Analiza numerične simulacije sevanja avtomobilske žarnice skozi lečo na ekran z upoštevanjem spektralnih pasov na izvor sevanja
		ANG	Numerical simulation analysis of automotive bulb radiation through lens onto the screen by considering spectral bands in radiation source
	Opis	SLO	Pri razvoju avtomobilskih žarometov v podjetju Hella-Saturnus je prenos toplote in hlajenje žarometa pomemben dejavnik funkcionalnosti. Razvili smo numerični model, ki ob upoštevanju konvekcije, prevoda in sevanja toplote z vključenimi spektralnimi pasovi, zelo natančno napove toplotne razmere v zapletenem sistemu avtomobilskega žarometa.
		ANG	In development of automotive headlamps the heat transfer and cooling of a lamp is an important design feature. A numerical model was developed, which based on heat convection, conduction and radiation with included spectral bands, enables an accurate prediction of thermal conditions in the complex automotive lamp system.
	Šifra	F.17 Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Objavljeno v	Fakulteta za strojništvo, Inštitut za energetsko, procesno in okoljsko inženirstvo; 2012; 15 f.; Avtorji / Authors: Škerget Leopold, Hriberšek Matjaž, Ravnik Jure, Zadravec Matej	
	Tipologija	2.13 Elaborat, predštudija, študija	
3.	COBISS ID	16500246	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Po sledih napredka - Matej Zadravec, 25. 04. 2012
		ANG	On the trail of progress – Matej Zadravec, 25. 04. 2012
	Opis	SLO	Strokovna televizijska oddaja, ki je v celoti namenjena predstavitvi izbranega avtorja in njegovega dela. V tej oddaji Matej Zadravec predstavi raziskovalno delo na področju računalniške dinamike tekočin s prikazom primera numerične simulacije delovanja vodne turbine. V prispevku je predstavljena primerjava dveh metod numerične simulacije Darrieusove vodne turbine s poudarkom na ustreznosti delovanja nove metode z uporabo modela gibanja togega telesa (model 6DOF). Ta omogoča simulacijo turbine, pri kateri je le-ta gnana s tokom tekočine.
		ANG	Professional telecast, which is entirely devoted to presenting a selected author and his work. In this show Matej Zadravec present research work in the field of computational fluid dynamics by showing examples of numerical simulations of water turbines. This work presents a comparison of two methods of numerical simulation of Darrieus water turbine with emphasis on the suitability of the new method using the model of a rigid body model (6DOF). This allows the fluid flow driven turbine simulation.
	Šifra	B.06 Drugo	
	Objavljeno v	2012; Avtorji / Authors: Zadravec Matej	
	Tipologija	3.11 Radijski ali TV dogodek	
4.	COBISS ID	16068118	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Analiza tokovnih razmer pri zdravi aortni zaklopki in njeni regurgitaciji ob upoštevanju koronarnih arterij in nenenewtonskega modela krvi
		ANG	Non-Newtonian blood flow around healthy and regurgitated aortic valve with coronary blood flow involved
		Večina numeričnih modelov toka krvi skozi aortno zaklopko obravnavajo umetne zaklopke, zato za razliko od le-teh pričujoče delo obravnava model biološke zaklopke. V delu je obravnavan tok krvi pri regurgitaciji aortne zaklopke kot tudi pri popolnoma zdravi, zato prikazuje vplive regurgitacije na delovanje srca in tok skozi koronarne arterije. Tako delo zajema tudi modeliranje toka krvi skozi koronarne arterije, njihov vpliv	

Opis	SLO	na tok v bližini zaklopke in morebitne kalcinacije. Pri tem je bil fizikalni problem obravnavan le za čas zaprtja zaklopke, saj ima regurgitacija v tem času največji vpliv, zaradi česar je bila uporabljena predpostavka o neelastični geometriji. Za modeliranje toka krvi je bil uporabljen newtonski potenčni model, saj se pojavljajo zastojna območja, ki v veliki meri vplivajo na reološke značilnosti krvi. Rezultati pa pri tem kažejo, da je vpliv koronarnega toka krvi na gibanje krvi okoli aortne zaklopke zanemarljiv, zaradi česar se lahko pojavi kalcinacija, prav tako pa da ima regurgitacija velik vpliv na delovanje srca, kot je velik aortni padec tlaka in povečan volumen levega ventrikla. Delo detajlno pokriva geometrijo računskega območja in fiziko problema, tako da so rezultati lahko ponovljivi.	
	ANG	Most numerical simulations about aortic valve are discussing about the blood flow through prosthetic valves, therefore this study covers a biological aortic valve. In this paper the simulation of blood flow around the regurgitated valve as well as around the health valve have been investigated and is showing how the regurgitation affects the heart function and coronary blood flow. Furthermore it also covers the coronary blood flow and its affect on the blood motion around the valve and consequently on the possible calcification. The physical problem has been treated for the period of closed valve, because of the regurgitation, which occurs at that time. For this restriction the assumption of non-elastic geometry has been used. Also the non-Newtonian Power Law model for the blood rheology has been used; because of the regions of slowly moving blood. Results are showing that the coronary blood flow does not have a high impact on the blood motion and thus the calcification is more probable as well that the regurgitation has a strong affect on the heart function, like aortic pressure drop, increased left ventricle volume, etc. The calcification reason has also been stated, but needs some further investigation. This paper covers in detail the geometry of computational domain and physics, so the results can be easily repeated.	
Šifra	F.15 Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz		
Objavljeno v	Zveza strojnih inženirjev in tehnikov Slovenije [et al.] = Association of Mechanical Engineers and Technicians of Slovenia [et al.]; Strojniški vestnik; 2012; Vol. 58, no. 7/8; str. 482-491; Impact Factor: 0.398; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.056; WoS: IU; Avtorji / Authors: Marn Jure, Iljaž Jurij, Žunič Zoran, Ternik Primož		
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
5.	COBISS ID	26520359	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Numerična simulacija toka in napoved izkoristka za aksialne turbine z naprednimi turbulentnimi modeli	
	ANG	Numerical flow simulation and efficiency prediction for axial turbines by advanced turbulence models	
Opis	SLO	V članku je predstavljeno izboljšanje stacionarnih numeričnih rezultatov z nestacionarnim izračunom z modeloma SAS SST in ZLES	
	ANG	The paper presents the improvement of steady state numerical results by transient simulations with SAS SST and ZLES turbulence models	
Šifra	F.02 Pridobitev novih znanstvenih spoznanj		
Objavljeno v	Institute of Physics; Proceedings of the 26th IAHR Symposium on Hydraulic Machinery and Systems, 19-23 August 2012, Beijing, China; IOP Conference Series; 2012; Vol. 15, prt. 6; str. 062016-1-062016-9; Avtorji / Authors: Jošt Dragica, Škerlavaj Aljaž, Lipej Andrej		
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci		

8. Drugi pomembni rezultati programske skupine v letu 2012⁷

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.

9. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov v letu 2012⁸

9.1. Diplome v letu 2012⁹

vrsta usposabljanja	število diplom
bolonjski program - I. stopnja	14
bolonjski program - II. stopnja	2
univerzitetni (stari) program	5

9.2. Magisterij znanosti in doktorat znanosti v letu 2012¹⁰

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	MR	
0	Matej Čontala	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Uroš Jeke	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
32962	Katja Kmpolšek	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	David Greif	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
33513	Miran Kapitler	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
29573	Jurij Iljaž	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Legenda:

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

10. Pretok mladih raziskovalcev – zaposlitev po zaključenem usposabljanju v letu 2012¹¹

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	Zaposlitev	
29573	Jurij Iljaž	<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

11. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov ter študentov iz tujine, daljše od enega meseca, v letu 2012

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Sodelovanje v programski skupini	Število mesecev	
0	Martin Červinka	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 - poddoktorand iz tujine

12. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v letu 2012¹²

SLO

/

13. Vključenost v projekte za uporabnike, ki v letu 2012 potekali izven financiranja ARRS¹³

SLO

<p>Numerično modeliranje termohidravličnih razmer v BMW meglenki; red. prof. dr. Leopold Škerget in red. prof. dr. Matjaž Hriberšek,</p> <p>Strokovno mnenje za obratovanje sežigalnice; dr. Filip Kokalj</p> <p>Izdelava idejnih rešitev optimizacije profila vtočnih rešeth na HE Vuzenica in HE Zlatoličje; red. prof. dr. Aleš Hribernik</p> <p>Analiza učinkovitosti delovanja obstoječe tehnologije MBO v okviru CERO Celje-Bukovžlak in predlog njene dopolnitve za doseganje zakonsko predpisanih okoljskih parametrov; red. prof. dr. Niko samec</p>

14. Ocena tehnološke zrelosti rezultatov programa in možnosti za njihovo implementacijo v praksi (točka ni namenjena raziskovalnim programom s področij humanističnih ved)¹⁴

SLO

<p>Nekateri elementi dosegajo prag zrelosti za tehnološki prenos. Tu gre zlasti za vprašanja tokovne in toplotne razmere pri zaviranju v zavornem disku in njegovi okolici, nadalje za vpliv uporabe biogoriv (biodizelsko gorivo, bioetanol) na karakteristike vbrizgavanja in curka goriva, razvoj in modifikacije postopka optimalnega projektiranja vbrizgalnega sistema dizelskega motorja in dizelskega motorja pri uporabi biogoriv ter numerično simulacijo procesov v vbrizgalni šobi, nadalje za analizo toka skozi srčno zaklopko, in končno za simulacijo zgorevanja odpadne biomase v objektu realne kurilne naprave s pomočjo računalniške dinamike tekočin.</p>
--

15. 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	
ocena potrebne infrastrukture in opreme ¹⁵	

16. Izjemni dosežek v letu 2012¹⁶

16.1. Izjemni znanstveni dosežek v letu 2012

<p>COBISS: 16110870</p> <p>V letu 2012 je Turboinštitut prejel zlato nagrado za kvaliteto opreme (Golden Award for Excelent Quality) na projektu Wan-Sung, ki jo podeljuje tajvansko Ministrstvo za ekonomijo.</p>
--

Nagrado smo prejeli za razvoj treh Francisovih turbin (Wanta, Sunclin I in Sunclin II), njihovo izdelavo in montažo. Numerična analiza toka je pomembno prispevala k doseženim visokim karakteristikam omenjenih turbin.

16.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek v letu 2012

/

LETNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA ZA LETO 2012

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

Šifra programa	P2-0118
Naslov programa	Tekstilna kemija
Vodja programa	2223 Alenka Majcen Le Marechal
Obseg raziskovalnih ur	skupaj :35700 od tega v letu 2012:5950
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
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.14 Tekstilstvo in usnjarstvo
Družbeno-ekonomski cilj	

2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS¹

Šifra	2.05
- Veda	2 Tehniške in tehnološke vede
- Področje	2.05 Materiali

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem programu v letu 2012²

SLO

Tekstilne materiale smo modificirali na protimikrobno obstojnost in UV zaščito. Problem prisotnosti mikroorganizmov na tekstilijah so funkcionalne, higienske in estetske težave, zato se tudi na področju tehnologije tekstilnih materialov vse bolj uveljavlja zaščita pred delovanjem različnih patogenih mikrobov. Na tekstilnih materialih so namreč v simbiotičnem odnosu prisotne glive, kakor tudi bakterije, zato je obdelava tekstilnih materialov pred delovanjem mikroorganizmov tako rekoč nujna. Eden izmed pristopov za doseg protimikrobne učinkovitosti tekstilnih materialov iz celuloze je funkcionalizacija viskoze s hitozanom v kombinaciji z 1,2,3,4 butantetrakarbonsilno kislino (BTCA), kakor tudi s kopolimerom hitozan/eugenol. Viskoza je biološko razgradljiv

substrat ob hkratni dobri površinski aktivnosti, kar pomeni, da jo je v smislu protimikrobne obdelave možno relativno učinkovito funkcionalizirati. Razen uspešne sinteze kopolimera hitozan/eugenol je pomembna tudi temperatura obdelave/sušenja obdelane viskoze, saj je s pravilno izbiro temperature možno zagotoviti pogoje za optimalno vezavo izbrane protimikrobno delujoče spojine na substrat. Na osnovi mikrobiološkega testiranja na delovanje različnih mikroorganizmov je ugotovljeno, da sušenje uporabljenih formulacij s pomočjo mikrovalov izrazito poveča količino dostopnihaminskih skupin, ki so ključnega pomena za zagotavljanje proti-mikrobne učinkovitosti. Polisaharid iz lesa, galaktoglukomanan in karboksimetiliran galaktoglukomanan smo uspešno sulfatirali in z njima funkcionalizirali PET površine. Uspešno smo optimizirali in uvedli in-vitro metodo za določanje protitrombogenosti polimernih površin s pomočjo kremenove mikrotehnice (QCM). V obširni študiji smo alternativno metodo primerjali z drugimi širše uporabljenimi in-vitro metodami za ugotavljanje hemokompatibilnosti, kot sta npr. določanje sproščenega hemoglobina in določanje gibljivosti eritrocitov. Ugotovili smo, da je metoda spremljanja tvorbe strdka s pomočjo QCM z vidika ponovljivosti in občutljivosti najprimernejša za in-vitro analizo hemokompatibilnosti trdnih površin. V letu 2012 smo uspešno razvili sinergistične formulacije med polisaharidi in rastlinskimi polifenoli. Tovrstne formulacije smo uporabili kot premaz za tekstilne materiale, kakor tudi PET folije. Funkcionalizirani materiali so poleg protimikrobnih izkazovali tudi antioksidativne lastnosti. V okviru te tematike sta potekli dve diplomski nalogi.

Pri izvedbi protimikrobnih testiranj vlaknatih (tekstilnih) vzorcev se dogaja, da neobdelani osnovni vzorci vlaken kažejo relativno visoko redukcijsko sposobnost na večino mikroorganizmov, zato smo v letu 2012 izvedli poglobljeno študijo interakcij med površino celuloznih materialov in širokim spektrom patogenih bakterij in gliv. V ta namen smo uporabili različne teste (ASTM E 2149-01, JIS L 1902:2002, ATCC 6538, ATCC 10536, ATCC 10231) ter epifluorescenčno mikroskopijo. Preučili smo vpliv oblike vzorca (morfologije, specifične površine), vlažnosti vzorcev ter površinske energije na inhibicijo patogenih mikroorganizmov. Ugotovili smo, da je za ponovljivost rezultatov nujna predhodna omočitev vzorcev.

Za modifikacijo tekstilnih materialov smo uporabljali tudi TiO_2 nanodelce v anatazni monokristalini in polikristalini obliki. Razredčene disperzije TiO_2 nanodelcev smo okarakterizirali glede na njihovo morfologijo in strukturo, velikost delcev, kemijsko sestavo površine delca in njegov naboj, itd. z uporabo različnih analitskih metod kot so SEM, TEM, XRD, DLS ter meritvami UV/Vis absorbance in Zeta potenciala v odvisnosti od pH. Iz SEM in TEM posnetkov je razvidno, da so monokristalini TiO_2 nanodelci okrogle oblike premera 50 nm, medtem ko imajo polikristalini delci izotropno morfologijo z majhnimi sferičnimi kristali premera 4-5 nm, ki agregirajo v posamezen (polikristalini) nanodelec. Vse disperzije imajo absorpcijski maksimum v UV področju; jakost absorpcije in valovna dolžina absorpcijskega maksimuma pa so odvisni od tipa in vsebnosti TiO_2 .

V okviru razvoja novih optičnih materialov za senzorske aplikacije so potekale študije metod 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. Posebno skupino optičnih materialov so predstavljali fluorescentni polprevodniški materiali in njihove kompozitne različice. Ti sestavljeni materiali so osnova naprednih optičnih kemijskih senzorjev. Poseben poudarek je temeljil na razvoju specialnih nanomaterialov, npr. na osnovi dopiranih garnetnih kristalov, za izdelavo visoko-temperaturnih fluorescentnih senzorskih sistemov. Razvoj teh je zajemal pripravo izbranih temperaturno obstojnih praškastih materialov, dopiranje ter sintranje, da se formira ustrezna kristalna struktura in dosežejo ustrezne fluorescentne karakteristike.

Pretežen del raziskav je bil usmerjen v razvoj novih metod kontrolirane sinteze magnetnih nanodelcev na osnovi spinelne kristalne strukture. Poseben poudarek je temeljil na površinski modifikaciji magnetnih nanodelcev s funkcionalnimi alkoksisilani za odstranjevanje ionov težkih kovin (Hg, Pb, Cd, Zn) iz odpadnih voda, kar predstavlja osnovo za razvoj tankoslojnih tekstilnih nanosov za uporabo v okoljevarstvu.

Razvili smo nove pigmentne fotokromne tiskarske barvne gošče (kompoziti etil celuloze-1,3-dihidro-1,3,3,4,5 ter (1,3,3,5,6)-pentametill-spiro-(2H-indol-2,3-(3H)-nafta(2,1-b)(1,4) oxazin). Vrednotenju reoloških lastnosti fotokromnih TBG je sledilo optimiranje pogojev tiskanja s tehniko ploskega filmskega tiska (površinska masa, debelina odtisa,

eno-dvostranski odtis, število prehodov rakla) in utrjevanja odtisov na celuloznih in PES/Bo tekstilnih substratih (surovinska sestava, gostota, površinska masa, površinska struktura substrata, obarvanost, stopnja penetracije). Rezultati potrjujejo, da lastnosti in tehnika nanašanja odgovarjata zahtevam izdelave pametnih tekstilij ter zaščitnih oblačil (senzorji). Raziskave so potekale v sodelovanju z Institute of Materials and Environmental Chemistry, Hungarian Academy of Sciences iz Budimpešte (H) in Basf Ag (D).

V preteklem letu smo nadaljevali z uvajanjem kemijsko-termičnega postopka pranja v industrijski pralnici, katerega učinkovitost je primerljiva konvencionalnemu termičnemu procesu pranja. Prav tako smo nadaljevali z razvojem postopkov čiščenja odpadnih pralnih vod s pilotnim membranskim bioreaktorjem. Ugotovili smo, da je pomembna prednost MBR tehnologije v primerjavi s klasičnimi postopki predvsem v nižji količini po čiščenju nastalega odvečnega blata, višji kakovosti očiščene odpadne vode, višji stopnji razgradnje raztopljenih organskih substanc in odstranjevanju morebiti prisotnih virusov in bakterij.

Na področju recikliranja tekstilnih odpadnih materialov smo izvedli preliminarne raziskave in sicer čistih vlaken poliestra, celuloze in volne ter recikliranja mešanic bombaž/poliester, volna/poliester, do produktov z višjo dodano vrednostjo oz. do izhodnih komponent.

V raziskavah, povezanih z odpadnimi vodami smo se osredotočili na študij učinkovitosti razbarvanja šestih realnih odpadnih vod, ki smo jih prijeli iz tekstilne tovarne Svilanit d.d. Ustreznost razbarvanih odpadnih vod in njihovo ponovno uporabnost v procesu barvanja smo želeli preveriti z laboratorijskim barvanjem in barvno metričnim ovrednotenjem. Ugotovili smo, da pri manj koncentriranih odpadnih vodah, kjer je absorbanca nizka, lahko dosežemo skoraj 100% razbarvanje v zelo kratkem času (10 min) pri uporabi 0,7 mL/L vodikovega peroksida ter pri nizkih močeh UV žarnice. Pri bolj koncentriranih odpadnih vodah z višjo absorbanco je potrebno uporabiti višjo moč UV žarnice. Za zadovoljivo znižanje TOC je potrebna kombinacija z drugimi tehnologijami. Zaključimo lahko, da sta uporaba UV/H₂O₂ AOP obdelave in izbor pogojev (moč UV žarnice, koncentracije H₂O₂ in čas) odvisna od stopnje onesnaženosti odpadne vode in od našega namena. Če uporabljamo AOP kot eno od metod razbarvanja, potem sta za nas pomembni učinkovitost in hitrost razbarvanja. Vlogo znižanja TOC lahko prevzamejo v naslednji fazi druge tehnologije (npr. MBR). Če pa pri AOP obdelavi želimo poleg razbarvanja znižati še TOC, potem bo seveda izbor parametrov obdelave drugačen. Odstotek znižanja TOC se običajno povečuje z naraščanjem moči UV žarnice. Na ta način bi lahko znižali TOC do stopnje, ko bi bila voda primerna za ponovno uporabo. Glede odpadne vode tovarne Svilanit lahko zaključimo, da so le nekateri izpusti obdelani z AOP, primerni za ponovno uporabo v procesu barvanja, druge bi bilo potrebno očistiti z dodatno metodo ali jih uporabiti pri postopku izpiranja ali pranja.

4. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem programu in zastavljenih raziskovalnih ciljev v letu 2012³

SLO

Cilji, ki so bili definirani z delovnim načrtom, so bili v celoti doseženi. Vse načrtovane raziskovalne aktivnosti so bile realizirane.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine v letu 2012⁴

V preteklem letu ni prišlo do bistvenih odstopanj in sprememb pri realizaciji raziskovalnega programa.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine v letu 2012⁵

Znanstveni dosežek

1.	COBISS ID	16353302	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Primernost naprednega oksidacijskega postopka za odpadne vode iz tekstilne plemenitilne industrije in usoda obstojnih organskih onesnažil	
	ANG	The applicability of an advanced oxidation process for textile finishing wastestreams & fate of persistent organic pollutants	
Opis	SLO	Trend smotrnejše rabe razpoložljivih vodnih virov spodbuja tekstilno plemenitilno industrijo k uporabi učinkovitih tehnologij čiščenja odpadnih vod, ki omogočajo ponovno uporabo vode in ne le njeno odvajanje v lokalne čistilne naprave. Članek povzema rezultate čiščenja odpadnih vod s H ₂ O ₂ /UV postopkom iz slovenske plemenitilne tovarne. Razbarvanja v laboratorijskem merilu smo izvedli na reprezentativnih vzorcih odpadne vode, vzorčenih v obdobju treh mesecev. Dosegli smo 80 % razbarvanje in 86 % redukcijo TOC vrednosti. Hkrati pa lahko uporaba UV sevanja za razgradnjo organskih onesnažil v tekstilni odpadni vodi, vodi do nastanka toksičnih dioksinov in njihovih derivatov, še zlasti zaradi prisotnosti in uporabe halogeniranih spojin v tekstilnih plemenitilnih procesih. Zato je bila izvedena tudi analiza prisotnosti dioksinov v vzorcih tekstilne odpadne vode pred in po uporabi H ₂ O ₂ /UV postopka čiščenja.	
	ANG	The trend of sustainable use of available water resources encourages textile finishing enterprises to implement efficient wastewater treatment technologies that enable water recycling, and not just it's discharging into the local wastewater treatment plants (WWTP). This paper presents the results obtained from the H ₂ O ₂ /UV treatment of wastewater from Slovene textile finishing company. Laboratory scale decolouration experiments were performed on the most representative wastewater samples, collected in three months period. In general 80 % decolouration and 86 % total organic carbon (TOC) reduction was achieved. On the other hand, the use of ultraviolet (UV) radiation to degrade and destroy organic pollutants in textile wastewater could lead to the formation of toxic dioxins and dioxin-like compounds, groups of persistent organic pollutants, especially due to the presence of halogenated compounds in textile finishing processes. For these reasons, textile wastewater samples were analysed for any content of dioxins before and after the treatment with H ₂ O ₂ /UV.	
Objavljeno v	University of Tehran, Graduate Faculty of Environment; International journal of environmental research; 2012; Vol. 6, no. 4; str. 863-874; Impact Factor: 1.462; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.978; WoS: JA; Avtorji / Authors: Volmajer Valh Julija, Majcen Le Marechal Alenka, Križanec Boštjan, Vajnhandl Simona		
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
2.	COBISS ID	15972118	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Optični senzorji, ki temeljijo na kvantnih pikah	
	ANG	Quantum dots based optical sensors	
Opis	SLO	Delo obravnava tematiko uporabe kvantnih pik v senzorske namene. Luminescentni senzorji so kemijski sistemi, ki podajo informacijo o prisotnosti analitov ob spremembi njihovih optičnih lastnosti. S prihodom luminescentnih nanodelcev so se odprle nove možnosti aplikacij. Kvantne pike so anorganski polprevodniki, ki imajo vrsto prednosti pred klasičnimi organskimi barvili. Predstavljena je bila vrsta aplikacij kvantnih pik uporabljenih v optičnih senzorjih in njihove senzorske karakteristike.	
		Luminescent sensors are chemical systems that can deliver information on the presence of selected analytes through the variations in their luminescence emission. With the advent of luminescent nanoparticles several new applications in the field of chemical sensing were explored.	

		ANG	Among them, quantum dots (QD) represent inorganic semiconductor nanocrystals that are advantageous over conventional organic dyes from many different points of view. In this short review, the optical detection of various analytes using QD-based probes/sensors is presented and significant sensors characteristics are discussed. The biosensing approaches are not included in this article.
	Objavljeno v		Trans Tech Publications; Diffusion in solids and liquids VII; Diffusion and defect data, solid state data; 2012; Str. 682-689; Avtorji / Authors: Lobnik Aleksandra, Korent Urek Špela, Turel Matejka
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	15890454	Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO	Karakterizacija viskoelastični lastnosti fibrinogena adsorbiranega na polietilen tereftalatne površine s pomočjo QCM-D
		ANG	Viscoelastic properties of fibrinogen adsorbed onto poly (ethylene terephthalate) surfaces by QCM-D
	Opis	SLO	V pričujočem delu je bil predstavljen nov pristop določanja biokompatibilnosti s pomočjo QCM-D (kremenove mikrotehnice z disipacijsko enoto). Adsorpcija fibrinogena na PET in modificirane PET površine je bila spremljana in-situ z pomočjo QCM-D. ocenjena je bila debelina adsorbiranega proteinskega sloja na osnovi Voightovega viskoelastičnega modela. Hidrofilnost in morfologija površin je bila določena s pomočjo goniometra in AFM. Rezultati kažejo, da so površine PET predhodno obdelane s sulatiranimi polisaharidi bolj hidrofilne kot nemodificirane površine in , da se na modificirane površine fibrinogen ne adsorbira v taki meri kot na neobdelane. QCM-D in ustrezen programski paket (QTools) za modeliranje je odličen pripomoček za karakterizacijo modelnih površin in določanje biokompatibilnosti teh površin.
		ANG	In presented study a new approach using QCM-D for biocompatibility determination was introduced. The adsorption of fibrinogen on PET and modified PET surfaces was monitored in-situ using QCM-D. Protein layer thicknesses were estimated on the basis of a Voight based viscoelastic model. The hydrophilicities and morphologies of the surfaces were investigated using a goniometer and AFM. The results showed that PET surfaces coated with sulphated polysaccharides are more hydrophilic and more fibrinogen-repulsive than non-modified PET surfaces. QCM-D equipped with QTools modelling software is well-applicable to the characterisation of surface properties and can be optimised for biocompatibility determination.
	Objavljeno v		Elsevier; Polysaccharides as source of advanced and sustainable products; Carbohydrate polymers; 2013; Str. 246-255; Impact Factor: 3.628;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.543; A': 1; WoS: DW, EE, UY; Avtorji / Authors: Doliška Aleš, Ribitsch Volker, Stana-Kleinschek Karin, Strnad Simona
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID	16248598	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Celuloza modificirana s ciklodekstrinom
		ANG	Cyclodextrin-grafted cellulose
			Ciklodekstrini (CD) lahko tvorijo komplekse z veliko različnimi molekulami, zaradi česar so zelo atraktivni v različnih področjih, od farmacije, biokemije, prehrane in tekstila. V tem članku je predstavljena fizikalno-kemična karakterizacija raziskovalnega dela s ciklodekstrini modificirane celuloze. Uporabljene so bile naslednje metode: infrardeča spektroskopija (FTIR), jedrska magnetna resonanca v trdnem (CP-MAS NMR- jedrska magnetna resonanca v trdnem z navzkrižno polarizacijo

Opis	SLO	vrtenja vzorca pod magičnim kotom) , polariziran optični mikroskop (POM) in termogravimetrična analizo (TGA). S CP-MAS NMR in FTIR smo dokazali, da so se ciklodekstrini kemijsko vezali na celulozne OH skupine preko esternih vezi. Z raztapljanjem celuloze z vezanim CD v "superphosphoric" kislinski raztopini, kljub povečani hidrofilitnosti zaradi modifikacije, smo s POM dognali, da je obdelana celuloza manj topna v primerjavi z neobdelanim polimerom. V skladu z rezultati predvidevamo, da je prišlo do nastanka kompleksne mreže med ciklodekstrinskim molekulami in celulozo.
	ANG	Cyclodextrins (CDs) can form inclusion complexes with a wide variety of molecules making them very attractive in different areas, such as pharmaceuticals, biochemistry, food chemistry and textile. In this communication we will report on the physico-chemical characterization of cellulose modified with CDs by means of infra-red spectroscopy (FTIR), cross polarization magic angle spinning solid state nuclear magnetic resonance (CP-MAS NMR), polarized optical microscopy (POM) and thermal gravimetric analysis (TGA). Both CP-MAS NMR and FTIR indicate that CDs are chemically attached to cellulose backbone through the formation of ester bonds. Furthermore, the CD-grafted cellulose was dissolved in a "superphosphoric" acid solution but, despite the increase of hydrophilicity due to the modification, POM revealed that cellulose was less soluble when compared to the unmodified polymer. The formation of a complex CD-cellulose network is suggested.
Objavljeno v	Applied Science Publishers; Carbohydrate polymers; 2012; Impact Factor: 3.628; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.543; A': 1; WoS: DW, EE, UY; Avtorji / Authors: Medronho Bruno, Andrade Rita, Vivod Vera, Östlund A., Miguel Maria de Graça Martins, Lindman Bjorn, Vončina Bojana, Valente Artur J. M.	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
5. COBISS ID	15791638	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Določevanje razkuževalnega učinka tekstilij v tekočem ogljikovem dioksidu z uporabo različnih indikatorskih mikroorganizmov
	ANG	Determining the disinfection of textiles in compressed carbon dioxide using various indicator microbes
Opis	SLO	V članku je predstavljena raziskava o razkuževalnem učinku inokuliranih tekstilnih krpic z uporabo tekočega ogljikovega dioksida; kot okolju prijazen način razkuževanja tekstilij v primerjavi s konvencionalnimi postopki pranja z vodo. Razkuževalni učinke smo določili z uporabo naslednjih mikroorganizmov, ki smo jih inokulirali na bombažne testne krpice: Enterococcus faecium, Enterobacter aerogenes in Candida albicans.
	ANG	This paper presents a research on the disinfection efficiency of inoculated textile swatches by compressed carbon dioxide, an environmental friendly way to disinfect textiles as opposed to the conventional laundering procedures using water. The disinfection efficiency was determined by using the following microbes inoculated on cotton test fabrics: Enterococcus faecium, Enterobacter aerogenes and Candida albicans.
Objavljeno v	Blackwell Science; Journal of applied microbiology; 2012; Vol. 112, iss. 3; str. 475-484; Impact Factor: 2.337; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.822; WoS: DB, QU; Avtorji / Authors: Fijan Sabina, Škerget Mojca, Knez Željko, Šostar-Turk Sonja, Neral Branko	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati programske skupine v letu 2012⁶

	Družbeno-ekonomski dosežek		
1.	COBISS ID	15803926	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Tekstilna plemenitilna industrija kot vir organskih polutantov
		ANG	Textile finishing industry as an important source of organic pollutants
	Opis	SLO	V poglavju je predstavljena tekstilna industrija kot pomemben izvor organskih onesnažil. Podrobno je predstavljena celotna veriga tekstilne proizvodnje s potencialnimi izvori onesnaženja, od surovega materiala, uporabljenih kemikalij, barvil in narave tekstilnih postopkov do končnega produkta. Razen tega je podrobneje obravnavana problematika nekaterih postopkov čiščenja tekstilnih odpadnih vod kot tudi sežig odpadnega tekstilnega materiala.
		ANG	In a chapter textile industry as a significant source of organic pollutants is presented. The whole textile chain with potential source of pollution is discussed in detail, from raw materials, used chemicals and dyes, nature of textile processes to final products. Additionally, some textile wastewater treatment processes are discussed as well as the incineration of waste textile materials.
	Šifra	B.06 Drugo	
	Objavljeno v	InTech; Organic pollutants ten years after the Stockholm convention - environmental and analytical update; 2012; Str. 29-54; Avtorji / Authors: Majcen Le Marechal Alenka, Križanec Boštjan, Vajnhandl Simona, Volmajer Valh Julija	
	Tipologija	1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji	
2.	COBISS ID	16727062	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Voda v industriji-prilagoditi za uporabo, smotrna raba vode v kemijski, papirni, tekstilni in prehrabni industriji
		ANG	Water in industry, fit-for-use, sustainable water use in chemical, paper, textile and food industry
	Opis	SLO	Trajnostna uporaba vode v industriji z medsektorskim integriranim pristopom je pomemben cilj projekta AquaFit4use. Ostali skupni cilji so: razvoj in vpeljava novih, zanesljivih, stroškovno učinkovitih tehnologij, orodij in metod za trajnostno oskrbo, uporabo in odvajanje vode, zmanjševanje vpliva na okolje ter proizvodnja in uporaba takšne kvalitete vode, ki ustreza specifičnim zahtevam posameznih faz v industriji (»fit for use« – ustrezna za uporabo v posameznem procesu) iz vseh razpoložljivih virov in prispevanje k dolgoročnemu zapiranju vodnih tokov na ekonomičen, trajnostni in varen način s hkratnim zagotavljanjem kvalitete proizvodov in stabilnosti proizvodnje. Štirje stebri projekta so: a) industrijska voda prilagojena za uporabo, b) integrirano upravljanje vodnih virov, c) močno sodelovanje industrije in d) medsektorske tehnologije in pristop. Srce projekta AquaFit4use je razvoj novih medsektorskih tehnologij in je osredotočen na preprečevanje mašenja filtrov membran, čiščenje slanih tokov, dezinfekcijo in odstranjevanje specifičnih substanc. Intenzivnemu sodelovanju med industrijami bo sledil prenos in implementacija pridobljenega znanja in tehnologij. Projekt AquaFit4use temelji na delu tematske delovne skupine Water Supply and Sanitation Technology Platform (WSSTP), ene od tehnoloških platform EU. Pričakovani učinki projekta AquaFit4use so: znatno zmanjšanje potrebe po sveži vodi (20 do 60 %) in izpusta industrijskih odplak; integracija procesnih tehnologij za nadaljnje zapiranje vodnih tokov; izboljšana stabilnost procesov in
		ANG	

		<p>kvaliteta proizvodnje v različnih sektorjih ter krepitev konkurenčnosti evropske vodne industrije.</p> <p>Poročilo vsebuje glavne izsledke, dognanja in rezultate konceptov čiščenja vode v štirih evropskih industrijskih sektorjih, ki omogočajo zapiranje vodnega kroga in smotrnejšo porabo vode.</p>
	ANG	<p>Sustainable water use in industry is the goal of AquaFit4Use, by a cross-sectorial, integrated approach. The overall objectives are: the development and implementation of new, reliable, cost-effective technologies, tools and methods for sustainable water supply, use and discharge in the main water consuming industries in order to significantly reduce water use, mitigate environmental impact and produce and apply water qualities in accordance with industrial own specifications (fit - for - use) from all possible sources, and contributing to a far-going closure of the water cycle in a economical, sustainable and safe way while improving their product quality and process stability. The 4 pillars of the project are:</p> <p>a) Industrial Water Fit-for-use, b) Integrated water resource management, c) Strong industrial participation and d) Cross-sectorial technologies and approach.</p> <p>The heart of AquaFit4Use however is the development of new cross-sectorial technologies, with a focus at biofouling and scaling prevention, the treatment of saline streams, disinfection and the removal of specific substances. By intensive co-operation between the industries, the knowledge and the technologies developed in this project will be broadly transferred and implemented. This AquaFit4Use project is based on the work of the Working group 'Water in Industry' of the EU Water Platform WSSTP. The expected impacts of AquaFit4Use are: A substantial reduction of fresh water needs (20 to 60%) and effluent discharge of industries; integrating process technologies for further closing the water cycles; Improved process stability and product quality in the different sectors and strengthening the competitiveness of the European Water Industry.</p> <p>In report the main achievements and results of developed wastewater treatment concepts in four European industrial sectors, leading to sustainable and close loop water management is presented.</p>
	Šifra	D.06 Zaključno poročilo o tujem/mednarodnem projektu
	Objavljeno v	Faculty of Mechanical Engineering, Department of Textile Materials and Design, Laboratory for chemistry, dyes and polymers; 2012; 48 f.; Avtorji / Authors: Majcen Le Marechal Alenka, Brodnjak-Vončina Darinka, Vajnhandl Simona, Novak Nina, Golob Darko, Volmajer Valh Julija, Šimon Ernest, Jerič Tina
	Tipologija	2.12 Končno poročilo o rezultatih raziskav
3.	COBISS ID	15769366 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Optični kemijski senzorji : priprava in aplikacije ANG Optical chemical sensors : design and applications
	Opis	SLO V knjižnem poglavju je predstavljen pregled najpomembnejših parametrov, ki vplivajo na oblikovanje in pripravo senzorja in končnih senzorskih karakteristik. Pregled izbranih aplikacij temelji na nanosenzorjih, ki so bili pripravljene na osnovi polimernih nanodelcev (z uporabo npr. poliakrilatov, polistirena) in na osnovi sol-gel nanodelcev, in sicer za določevanje pH, kisika, ionov in nekaterih ostalih molekul. ANG The book chapter reviews the most important parameters that contribute to the sensor's design and its final characteristics. The survey of selected applications of nanosensors is based on polymer nanoparticles (prepared from e.g. polyacrylates, polystyrene) and on sol-gel based nanoparticles, namely for the determination of pH, oxygen,

		ions and some other molecules.
Šifra	B.06	Drugo
Objavljeno v	InTech; Advances in chemical sensors; 2012; Str. 3-28; Avtorji / Authors: Lobnik Aleksandra, Turel Matejka, Korent Urek Špela	
Tipologija	1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji	
4.	COBISS ID	16098582 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Barvanje volnene preje z barvili ekstrahiranimi iz listov navadnega oreha in merjenje barve
	ANG	Dyeing of wool yarn by colorants extracted from common walnut leaves and colour measurement
Opis	SLO	V prispevku smo preučevali možnost uporabe naravnih barvil, ekstrahiranih iz vodne raztopine svežih listov navadnega oreha (<i>Junglans regia</i>), za barvanje volnene preje. Uporabili smo dva postopka barvanja, standardno barvanje in barvanje z dodajanjem kovinskih soli. Spreminjali smo tudi začetno koncentracijo ekstrahiranih barvil ter vrsto in količino kovinskih soli. Dodatek CuSO ₄ v barvalno kopel daje bolj zelenkast ton in dodatek FeSO ₄ bolj moder in manj rdeč odtenek v primerjavi z originalnimi (po standardnem postopku barvanimi) vzorci. Kovinske soli povečajo tudi jakost barvila in barvne obstojnosti na pranje in svetlobo.
	ANG	The main contribution of the presented work was to study the possibility of using natural colorants obtained by aqueous extraction of fresh leaves of common walnut tree (<i>Junglans regia</i>) for dyeing of wool yarn, which would be later used for unique knitted and embroidered products with high-added value. Two dyeing procedures, standard dyeing and meta-mordanting, were carried-out using different initial concentrations of extracted colorant, as well as the type and the amounts of mordants during metamordanting procedure. The obtained results of colour measurement confirmed that when the type of mordant was varied during meta-mordanting, the wide spectre of colour hues could be obtained, i.e. from light brown over greenish- brown to dull olive. Generally, the employment of CuSO ₄ mordant gives greener hues and FeSO ₄ bluer and less red hues compared to original (un-mordanted) samples. Metallic salts also enhance the colour strength and fastness properties of dyed samples to washing and artificial light.
Šifra	B.03	Referat na mednarodni znanstveni konferenci
Objavljeno v	Faculty of Textile Technology, University of Zagreb; Book of proceedings; 2012; Vol. 1; str. 761-766; Avtorji / Authors: Ojstršek Alenka, Fakin Darinka	
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	

8. Drugi pomembni rezultati programske skupine v letu 2012²

<p>Konference</p> <p>V letu 2012 smo bili organizatorji dveh mednarodnih konferenc:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Central European Conference 15-17. 09. 2012 v Portorožu 2. Eco day 12.12.2012, v Mariboru <p>Končno poročilo o rezultatih raziskav</p> <p>VONČINA, Bojana, MIGUEL, Maria de Graça Martins, VOLMAJER VALH, Julija, VAJNHANDL, Simona, NOVAK, Nina, VIVOD, Vera, JERIČ, Tina, VALENTE, Artur J. M., MEDRONHO, Bruno.</p>
--

Kontrola združevanja vodnih sistemov polimerov in površinsko aktivnih snovi s pomočjo ciklodekstrinov : znanstveno tehnološko sodelovanje s Portugalsko v letih 2010- in 2011 : končno poročilo Maribor: Fakulteta za strojništvo, Oddelek za tekstilne materiale in oblikovanje, Laboratorij za kemijo, barvila in polimere; Coimbra: University of Coimbra, Department of Chemistry, 2011. 2 f. [COBISS.SI-ID 15928342]

Patenti

KORENT UREK, Špela, LOBNIK, Aleksandra. Postopek in Si[_{sub}]O₂ nanosenzor za določevanje organofosfornih spojin : patent št. SI 23557 A, datum objave 31.5.2012; patentna prijava št. P-201000406 z dne 26. 11. 2010. Ljubljana: Urad RS za intelektualno lastnino, 2012. [7, 3] str. [COBISS.SI-ID 16107286]

KOŠAK, Aljoša, BAUMAN, Maja, LOBNIK, Aleksandra. Postopek površinske obdelave tankoslojnih kompozitnih (TFC) membran s tetraalkoksisilani za zadrževanje ionov težkih kovin pri postopkih filtracije odpadnih voda : patent št. SI 23535 A, datum objave prijave 31.5.2012; patentna prijava št. P-201000413 z dne 29. 11. 2010. Ljubljana: Urad RS za intelektualno lastnino, 2010. [22, 3] str. [COBISS.SI-ID 16106774]

BAUMAN, Maja, KOŠAK, Aljoša, LOBNIK, Aleksandra. Postopek površinske obdelave tankoslojnih kompozitnih (TFC) nanofiltracijskih membran s funkcionalnimi alkoksisilani za odstranjevanje ionov težkih kovin pri postopkih filtracije odpadnih voda : patent št. SI 23534 A, datum objave prijave 31.5.2012; patentna prijava št. P-201000412 z dne 29. 11. 2010. Ljubljana: Urad RS za intelektualno lastnino, 2012. [20, 2] str. [COBISS.SI-ID 16106518]

9. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov v letu 2012⁸

9.1. Diplome v letu 2012⁹

vrsta usposabljanja	število diplom
bolonjski program - I. stopnja	1
bolonjski program - II. stopnja	2
univerzitetni (stari) program	3

9.2. Magisterij znanosti in doktorat znanosti v letu 2012¹⁰

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	MR	
29581	Brigita Altenbaher	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
0	Heike Ehmann	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Tamilselvan Mohan	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	

Legenda:

Mag. - Znanstveni magisterij

Dr. - Doktorat znanosti

MR - mladi raziskovalec

10. Pretok mladih raziskovalcev – zaposlitev po zaključenem usposabljanju v letu 2012¹¹

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	Zaposlitev	
29581	Brigita Altenbaher	<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

11. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov ter študentov iz tujine, daljše od enega meseca, v letu 2012

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

12. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v letu 2012¹²

SLO

RAZISKOVALNI PROGRAMI (PROJEKTI)
<p><u>Z. OP</u></p> <ul style="list-style-type: none">• Ga.N. 280759: NanoBarrier : Vanja Kokol• Ga.N. 280519: NanoSelect: Vanja Kokol• Ga.N. 290486: EPNOE CSA : Karin Stana Kleinschek• Ga.N. 264115: STREAM : Karin Stana Kleinschek• Ga.N. 211534: Aquifit4use : Alenka Majcen Le Marechal• Ga.N. 214653: Surfucell : Karin Stana Kleinschek• Ga.N. 214015: Step : Karin Stana Kleinschek
<p><u>EUREKA</u></p> <ul style="list-style-type: none">• E!5852 : Nanofuntampons : Lidija Fras Zemljič• E!4952 : Biopacking : Lidija Fras Zemljič• E!5851 : FeVal : Simona Strnad
<p><u>MNT- ERA.Net II</u></p> <ul style="list-style-type: none">• 3211-12-000022 : nPOSSCOG : Vanja Kokol• 3211-12-000023 : WoundSens : Karin Stana Kleinschek• 3211-10-000458 : Tabana : Vanja Kokol• 3211-10-000369 : Antimicrob peptides : Vanja Kokol
<p><u>COST</u></p> <ul style="list-style-type: none">• COST Action MP1105 : FLARETEX : Bojana Vončina
<p><u>BILATERALNO SODELOVANJE</u></p> <ul style="list-style-type: none">- BI-AR/12-14-011: Priprava okolju in človeku prijaznih tekstilnih materialov obdelanih s sredstvi proti mrčesu : Bojana Vončina- BI-FI/11-12-017 : Protimikrobna funkcionalizacija celuloznih materialov : Lidija Fras Zemljič- BI-IN/10-12-004 : Priprava tekstilnih filtrov za selektivno filtriranje odpadnih vod : Alenka Majcen Le Marechal- BI-HU/11-12-016 : Kemijski senzorji za detekcijo aminov : Aleksandra Lobnik- BI-RO/12-13-008 : Funkcionalizacija sintetičnih polimerov za razvoj nove protimikrobne embalaže : Lidija Fras Zemljič- BI-RS/12-13-031 : Modeliranje termomehanskih pogojev in dimenzioniranje reaktorjev za hidrolizo lignoceluloznih substratov pri postopku pridobivanja bioplina : Aleksandra Lobnik- BI-TR/11-13-006 : Uporaba ultrazvoka in UV sevanja za obdelavo medicinskih tekstilij : Alenka Majcen Le Marechal- BI-TR/10-12-002 : Priprava UV/VIS zaščitnih tekstilnih materialov s pomočjo mikro in nano enkapsuliranje fotokromnih barvil : Bojana Vončina- BI-US/12-13-037 : Razvoj tehnologije za zaprti krog recikliranja potrošniških in

industrijskih tekstilnih poliestrskih odpadkov : Alenka Majcen Le Marechal

MEDNARODNO SODELOVANJE

- Evropska tekstilna platforma:

- a) Član Horizontalne skupine za izobraževanje – Alenka Majcen Le Marechal
- b) Thematic Expert Group 1: New speciality fibres & fibres composites for innovative textile products - Majda Sfiligoj Smole
- c) Thematic Expert Group 4: Horizontal Task Group Innovation and Standards - Tatjana Kreže

- Evropska platforma za vode:

- a) TWG3 (Technical Working Group Water and Industry), WSSTP (Water Supply and Sanitation Technology Platform) – Alenka Majcen Le Marechal
- b) Pilot Advisory Group – PAG – Alenka Majcen Le Marechal

- Forest based products technology platform (FP-TP) - član znanstvenega odbora Value chain group "Specialties and New Products" - Karin Stana-Kleinschek;

- AUTEX (združenje tekstilnih univerz), član vodstva - Alenka Majcen Le Marechal

- Član tehničnega komiteja CEN/TC 248 WG25 - Bojana Vončina

- Član evropske Tehnološke platforme TEG 2 - Alenka Majcen Le Marechal, Bojana Vončina

- EWP (European Water Partnership) – Alenka Majcen Le Marechal

- Slovenian representative of MC (management committee) – Vanja Kokol

13. Vključenost v projekte za uporabnike, ki v letu 2012 potekali izven financiranja ARRS¹³

SLO

- FP-7; Workprogramme Topic addressed: FP7 ENV-2007-1 : Innovative technologies and services for sustainable water use in industries; Project Title: Sustainable Water Use in Chemical, Food, Paper and Textiles Industry, Fit-for-Use; prof.dr. Alenka Majcen Le Marechal. Vključenih 35 partnerjev iz 15 evropskih držav, naš oddelek je odgovoren za tekstilni sektor. Vključeni sta tudi dve slovenski tekstilni podjetji (Tekstina, Svilanit) ter združenje slovenske tekstilne industrije IRSPIN. Cilj projekta je rešitev obdelave odpadnih vod v posameznem sektorju, prenos spoznanj iz enega v drugi sektor in maksimalno recikliranje obdelane vode.

- MUDRA Learning Network: Projekt je bil pripravljen v okviru programa sodelovanja flamske vlade/podjetij/izobraževalnih ustanov (Belgija) z državami/regijami srednje in vzhodne Evrope. Gre za prenos znanja in izkušenj v mala in srednje velika tekstilna podjetja v Sloveniji in na Hrvaškem. Sodelujejo partnerji iz flamske gospodarske zbornice, Univerze v Gentu, Hrvaške gospodarske zbornice, Univerze v Zagrebu, Mariborske razvojne agencije – Euro Info Centra Maribor, Področne gospodarske zbornice Murska Sobota in UM – FS/OTMO.

- NATO SCIENCE FOR PEACE AND SECURITY (SPS) PROGRAMME: Selective removal of heavy metals and radionuclides from water with advanced adsorptive ceramic membranes : Aleksandra Lobnik

- Analize razkuževalnega učinka pralnega sredstva "Professional by Faks Helizim" z uporabo standardnih bioindikatorjev, Sonja Šostar-

Turk.

- Analize razkuževalnega učinka pralnih sredstev "Sensolan", "Šteriasan" in "DiWel AF" z uporabo standardnih bioindikatorjev, Sonja Šostar-Turk.
- Analize razkuževalnega učinka pranja rezantov v splošni bolnišnici Celje z uporabo standardnih bioindikatorjev, Sonja Šostar-Turk.
- Lastnosti standardnih madežev niza EMPA 108 5th ed., Branko Neral.
- Učinkovitost programov pranja tekstilij iz umetnih vlaken v gospodinjskem pralnem stroju, Branko Neral
- Razvoj postopka priprave tekstilij z nano-enkapsuliranimi naravnimi eteričnimi olji, Majda Sfiligoj Smole.

14. Ocena tehnološke zrelosti rezultatov programa in možnosti za njihovo implementacijo v praksi (točka ni namenjena raziskovalnim programom s področij humanističnih ved)¹⁴

SLO

Rezultati s področja raziskav na pilotnem nivoju v tekstilnih tovarnah Svilanit in Tekstina kažejo, da bi lahko uporabljene tehnologije implementirali v praksi za ponovno uporabo odpadne vode v procesih.

Preliminarne 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.

15. 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 ¹⁵	pilotne naprave 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

16. Izjemni dosežek v letu 2012¹⁶

16.1. Izjemni znanstveni dosežek v letu 2012

LETNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA ZA LETO 2012

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

Šifra programa	P2-0123
Naslov programa	Oblačilno inženirstvo in tekstilni materiali
Vodja programa	4628 Jelka Geršak
Obseg raziskovalnih ur	skupaj :11050 od tega v letu 2012:2210
Cenovni razred	B
Trajanje programa	01.2009 - 12.2013
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	

2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS¹

Šifra	2.05
- Veda	2 Tehniške in tehnološke vede
- Področje	2.05 Materiali

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem programu v letu 2012²

SLO

Raziskovalno delo na raziskovalnem programu je bilo zasnovano na kontinuiteti raziskovalnih aktivnosti, izvedenih v letu 2011 in se je kot nadgradnja teoretičnih in aplikativnih dosežkov odvijalo na treh povezanih raziskovalnih sklopih, pomembnih za razvoj oblačilne znanosti. To so:

- a) študij obnašanja tkanin pri podajanju,
- b) raziskava podajanja oblačil, njihovega pristajanja in 3D dinamična simulacija oblačil,
- c) raziskava in razvoj modela za vrednotenje toplotno fiziološkega udobja pri nošenju

oblačil.

Realizacija raziskovalnega programa je potekala v skladu z zastavljenimi cilji, vendar v zmanjšanem obsegu, kar je posledica zmanjšane obsega dela zaradi bistvenega skrčenja obsega financiranja (gl. tč. 4 Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev).

V okviru prvega sklopa smo nadaljevali z raziskavami obnašanja tkanin pri podajanju, kjer smo se na podlagi dobljenih spoznanj nekaterih vplivnih dejavnikov na kompleksne deformacije tkanin pri podajanju osredotočili na študij časovno odvisnega Poissonovega koeficienta, kajti znano je, da je mehansko obnašanje viskoelastičnih materialov odvisno od časa in temperature. Za ta namen smo razvili metodo za določanje časovno odvisnega Poissonovega koeficienta kot odnosa med transverzalno in longitudinalno deformacijo. Metoda temelji na slikovni analizi časovne spremembe transverzalne in longitudinalne deformacije. Na podlagi analize rezultatov je ugotovljeno, da Poissonov koeficient s časom obremenjevanja preizkušanca narašča. Pri tem je zaznana intenzivnejša rast predvsem v prvih 3 do 5 s, kar je posledica nastalih deformacij v materialu, povzročenih preko trenja na površini veznih točk med sistemom osnovnih in votkovnih niti. Podrobnejša analiza rezultatov raziskav kaže na kompleksnost deformacije, ki se ne prenaša preko trenja med sistemoma niti vezave pri medsebojnem raztezanju/stiskanju le v transverzalni in longitudinalni smeri, ampak se zaradi usmerjenosti vlaken v preji (ta je pogojena s smerjo in intenziteto vitja) istočasno prenaša tudi longitudinalno v smeri vitja preje. Dobljena spoznanja kažejo na izrazito kompleksnost problema in so podlaga za proučevanje različnih odzivov ploskih tekstilij pri podajanju.

Raziskovalne aktivnosti v okviru drugega sklopa raziskav so se odvijale v smeri nadgradnje študija virtualno simuliranih računalniško skonstruiranih modelov oblačil in virtualnega prototipiranja. Pri tem smo se v letu 2012 osredotočili na virtualno prototipiranje oblačil z vidika modeliranja in simulacije virtualnih teles, simulacije mehanskih lastnosti tekstilij in prileganja oblačila telesu. Vzporedno je potekal tudi razvoj 3D modela telesa v sedečem položaju, ki predstavlja pomemben korak k virtualnemu prototipiranju oblačil za invalide in druge ljudi s posebnimi potrebami.

Rezultati raziskave primerjave prileganja oblačil na digitalnih parametričnih in skeniranih telesnih modelih kažejo, da imajo tako na prileganje kot na podajanje oblačil pomembno vlogo parametri mehanskih lastnosti uporabljenih tkanin in specifični parametri definiranih metod spajanja krojnih delov v oblikovan virtualni model oblačila. Rezultati raziskave, ki sicer potrjujejo uporabnost 3D virtualnega prototipiranja za načrtovanje, razvoj in virtualno pomenjanje modnih in športnih oblačil kažejo, da so za realno virtualno načrtovanje oblačil potrebne še nadaljnje raziskave kompleksnih deformacij ploskih tekstilij kot tudi metod in orodij za definiranje geometrijskega modela oblačila, ki bi zagotovil realno spajanje posameznih krojnih delov, tj. ploskih tekstilij v oblikovan virtualni model oblačila. Rezultati verifikacije virtualno simuliranih računalniško skonstruiranih in modeliranih krojev kažejo še vedno na dva pomembna problema, ki nastopata pri oblikovanju virtualno simuliranih modelov. To sta: (1) problem definiranja t.i. geometrijskega modela oblačila, oblikovanega iz 2D skonstruiranih krojnih delov (ta je pogojen z definiranjem načina »spajanja« posameznih skrojnih delov - predvsem pri neklasičnih primerih oblačil) in (2) karakterizacija parametrov posameznih mehanskih lastnosti, ki bi dovolj dobro opisali podajanje tkanine v izdelanem oblačilu.

V okviru tretjega sklopa raziskav smo nadaljevali s študijem odnosa med snovnimi

lastnostmi in posameznimi parametri toplotno fiziološkega udobja pri nošenju oblačil, kjer smo nadaljevali z:

- a) biofizikalnimi analizami specifičnih oblačil oziroma oblačilnih sistemov (oblačilni sistemi za hladno okolje in perilo, namenjeno nošenju pod steznikom v toplen okolju) in
- b) raziskavami toplotno fiziološkega udobja pri nošenju oblačil (proučevali smo toplotno fiziološko udobje pri nošenju oblačil v hladnem okolju ter perila, namenjenega otrokom s skoliozo, ki nosijo posebne steznike, v toplen okolju).

Iz rezultatov raziskave je ugotovljeno, da so toplotno fiziološke obremenitve testnih oseb neposredno odvisne od vrste in strukture oblačil oz. oblačilnih sistemov, ki jih so nosile testne osebe, njihovih toplotno fizioloških lastnosti in sposobnosti akumuliranja odvečne toplote in/ali znoja. Dobljena spoznanja so pomemben podatek za načrtovanje ustreznih oblačilnih sistemov za določeno toplotno okolje in bodo služila za opredelitev potrebnih snovnih lastnosti materialov za želeno toplotno okolje.

Poleg tega smo nadaljevali tudi z raziskavami razvoja izvirne zasnove modelov perila, ki bo na podlagi posebne ergonomsko prilagojene konstrukcije zagotavljalo ustrezno fiziološko in ergonomsko udobje otrok s skoliozo med nošenjem le-tega pod posebnimi stezniki. Za izvedbo konstrukcijske rešitve je bil uporabljen model 3D zajetih telesnih mer oblike telesa, kar je omogočilo neposredno prilagajanje oblikovanja steznika in izvedbo ustrezne konstrukcije ter geometrije šivov po meri razvitega perila, namenjenega otrokom s skoliozo. Dobljeni rezultati predstavljajo pomemben prispevek k proučevanju ergonomskega in fiziološkega udobja med nošenjem oblačil.

Pomemben del raziskav pa predstavlja študij koncepta kompleksnega načrtovanja funkcionalnih zaščitnih oblačil, ki zahteva tako sistematičen in interdisciplinarni pristop objektivne karakterizacije materialov kot upoštevanje preverjenih tehničnih specifikacij in razvoja novih metod in tehnik za izdelavo multifunkcionalnih zaščitnih oblačil. Rezultati izvedene študije nudijo pomembne informacije, potrebne za oblikovanje in razvoj modela za vrednotenje toplotno fiziološkega udobja pri nošenju oblačil.

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

4. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem programu in zastavljenih raziskovalnih ciljev v letu 2012³

SLO

Realizacija raziskovalnega programa je potekala v skladu z zastavljenimi cilji, vendar v zmanjšanem obsegu. Zmanjšan obseg dela je posledica bistvenega skrčenja obsega financiranja (odobrenih 2.210 ur letno oz. 1.3 FTE) glede na načrtovano število raziskovalnih ur v prijavi raziskovalnega programa (3.967 ur).

V okviru raziskovalnega programa smo tako v letu 2012 realizirali okoli 75 odstotkov načrtovanih aktivnosti in zastavljenih ciljev prvega in tretjega sklopa raziskav glede na terminski plan, medtem ko smo v okviru drugega raziskovalnega sklopa realizirali okoli 25 odstotkov zastavljenih ciljev, kar je skladno z zmanjšanim obsegom financiranja raziskovalnega programa. Glede na naravo znanstveno-raziskovalnega dela in nadgradnjo rezultatov tega niso bile v okviru drugega raziskovalnega sklopa realizirane aktivnosti, ki se nanašajo na vrednotenje videza moških suknjičev (sklop B; aktivnosti i in j), oz. so bile le delno realizirane (sklop B; aktivnosti g i h).

5.Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine v letu 2012⁴

6.Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine v letu 2012⁵

		Znanstveni dosežek	
1.	COBISS ID	16688918	Vir: vpis v poročilo
	Naslov	<i>SLO</i>	Upravljanje izdelave oblačil - sistematičen pristop k načrtovanju, vodenju in nadzoru
		<i>ANG</i>	Clothing manufacture management : a systematic approach to planning, scheduling and control
	Opis	<i>SLO</i>	<p>Obsežna monografija Upravljanje izdelave oblačil: sistematični pristop k načrtovanju, vodenju in nadzoru nudi kritičen pogled in oceno o načrtovanju procesov izdelave oblačil, razumevanju razvoja izdelka in načrtovanja proizvodnje. Načrtovanje procesov izdelave oblačil zavzema ključno vlogo pri uvajanju novih izdelkov, predvsem v pogledu sposobnosti hitrega prilagajanja dinamičnim spremembam na globalnem trgu. Osem poglavij monografije izčrpno pokriva inženirsko načrtovanje izdelave oblačil, vodenje in nadzor.</p> <p>V prvem poglavju je predstavljen splošen pregled klasifikacije oblačil in terminologija za posamezne vrste oblačil. Poglavje 2 podaja pregled razvoja in analizo sistemov oblačilnih velikosti oblačil, medtem ko so v poglavju 3 opredeljena ključna vprašanja razvoja izdelka kolekcij. Ta poglavja so podlaga za inženirsko načrtovanje posameznih procesov izdelave oblačil. Poglavja 4 do 7 obravnavajo posamezne aspekte načrtovanja izdelave oblačil, od konstrukcijski in tehnoloških zahtev načrtovanja in vodenja do spremljanja in nadzora. Zadnje poglavje obravnava zahteve za kakovost materialov za oblačila, definicije in minimalne standarde kakovosti.</p> <p>Monografija je namenjena širokemu spektru bralcev, vključno s študenti, raziskovalci in akademiki, kot tudi strokovnjakom na področju oblikovanja oblačil in inženiringa.</p>
		<i>ANG</i>	<p>The fully comprehensive monograph "Clothing-manufacture management – a systematic approach to planning" scheduling, and control, provides a critical overview and appreciation of design of clothing-manufacture processes, and an understanding of product development and production planning. Design of clothing manufacturing processes plays an essential role in introducing new products, particularly in the ability to adapt quickly to dynamic changes in the global market. The eight chapters of the book provide detailed coverage of clothing-manufacture planning, management, and scheduling.</p> <p>Chapter 1 gives a general overview of clothing classification and terminologies for individual clothing types. Chapter 2 therefore provides an overview of the development and analysis of sizing systems of clothing. Chapter 3 reviews the key issues in product development - garment collection. These chapters provide the context for designing particular clothing manufacturing processes. Chapters 4 to 7 discuss particular aspects of clothing manufacturing engineering, ranging from engineering, planning, scheduling to monitoring and controlling. The last Chapter provides an overview of quality requirements for clothing materials, definitions and minimum quality standards.</p> <p>The monograph is intended for a wide spectrum of readers, including students, researchers and academics, as well as professionals in the field of clothing design and engineering.</p>
	Objavljeno v	Woodhead Publishing Series in Textiles, no. 147	

	Tipologija	2.01 Znanstvena monografija	
2.	COBISS ID	16395286	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Virtualno prototipiranje oblačil in njihovo prileganje telesu
		<i>ANG</i>	Virtual prototyping of garments and their fit to the body
	Opis	<i>SLO</i>	Virtualno prototipiranje oblačil omogoča velik potencial za načrtovanje in razvoj izdelkov ter tržnih procesov. Prileganje oblačila modelu telesa je pomemben dejavnik pri načrtovanju udobnih, funkcionalnih in dobro prilagajajočih se oblačil. Danes nudi večina CAD sistemov za konstruiranje krojev oblačil tudi programsko opremo za simulacijo 3D virtualnih oblačil, ki omogoča prototipiranje in ocenjevanje prileganja oblačil v virtualnem okolju. Kroj oblačila, ki sestoji iz dvodimenzionalnih krojnih delov, oziroma njegovo prileganje telesu se ocenjuje na 3D modelu človeškega telesa, kjer parametričen maneken ali skenirano človeško telo predstavljata virtualni model telesa. Sestavek obravnava virtualno prototipiranje oblačil z vidika modeliranja in simulacije virtualnih teles, simulacije mehanskih lastnosti tekstilij in prileganja oblačila telesu. Na podlagi predhodnih raziskav številnih avtorjev in študije prileganja ženskih jaken modelom teles, kot so realni, virtualni parametričen in virtualni skeniran model ženskega telesa, na podlagi definiranih ocenjevalnih kriterijev na različnih področjih jaken s sprednje in zadnje strani ter od strani, avtorji prispevka ugotavljajo, da je virtualno prototipiranje obetavna tehnika, ki ima potencial za nadomestitev klasičnega prototipiranja oblačil. Uspešna pa je lahko le, če so upoštevane vse specifične značilnosti tekstilnih materialov in v primeru uporabe natančnega virtualnega modela telesa pri simulaciji prileganja oblačil.
		<i>ANG</i>	Virtual prototyping of garments provides high potential for design, product development and marketing processes. Fit of a garment on the body model is an important factor to design comfortable, functional and well fitted garments. Today, the majority of CAD systems for garments' pattern design have 3D virtual garments simulation software for garment prototyping and fit evaluation. The garment is composed of 2D patterns and evaluation of the garment's fit is performed on the 3D human body model, where parametric mannequin or scanned human body represent a virtual body model. Based on the results of this study and many recent research works it can be assured that virtual prototyping is a promising technique that has a potential to replace conventional garments' prototyping. However, it can be successful only when all specific characteristics of the textile materials and accurate virtual body models to simulate the garment fit are fully taken into account.
	Objavljeno v	DAAAM International Publishing; DAAAM International scientific book 2012; 2012; Str. 601-618; Avtorji / Authors: Jevšnik Simona, Pilar Tanja, Stjepanović Zoran, Rudolf Andreja	
	Tipologija	1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji	
3.	COBISS ID	16334102	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	3D virtualno prototipiranje oblačil
		<i>ANG</i>	3D virtual prototyping of clothing products
			Proizvajalci modnih in specialnih oblačil so danes usmerjeni k zmanjševanju stroškov in časa razvoja prototipov oblačil. Postopki 3D virtualnega prototipiranja, ki so se izkazali za zelo uspešne v nekaterih drugih industrijah, npr. v avtomobilski industriji, so se pričeli v zadnjih desetih letih pospešeno uvajati v tekstilno in oblačilno industrijo. Prispevek obravnava možnosti in zahteve pri uvajanju 3D virtualnega prototipiranja v procesu razvoja modnih in specialnih oblačil. V raziskavi

Opis	SLO	sta najprej opisana postopka virtualnega prototipiranja ženskih modnih oblačil na primerih različnih modelov kril in jaken. V nadaljevanju je opisan razvoj tekmovalnega dresa smučarja skakalca. Pri obeh vrstah oblačil je bilo izvedeno pomerjanje prototipov na dveh vrstah 3D telesnih modelov. Za izvedbo računalniške simulacije videza oblačil so bili uporabljeni realni mehanskofizikalni parametri uporabljenih tekstilnih materialov. Izvedena je bila primerjava prileganja oblačil na digitalnih parametričnih in skeniranih telesnih modelih. Rezultati raziskave so potrdili uporabnost 3D virtualnega prototipiranja za načrtovanje, razvoj in virtualno pomerjanje modnih in športnih oblačil. V obeh primerih je za uspešno realizacijo postopka potrebno uporabiti dejanske lastnosti tekstilnih materialov in ustrezne virtualne telesne modele.	
	ANG	Producers of fashion and special garments are nowadays oriented towards the reduction of development cost and prototype development time. 3D virtual prototyping, which has been recently introduced to clothing industry, become a topic of increasing interest of both computer graphics and clothing industry. Based on the results of many recent studies, we can claim that 3D virtual garment prototyping is a promising technique, which will due to its potential considerably replace conventional methods of clothing prototypes' development. These technologies are especially important when a garment prototype should be developed for special purposes such as competitive sports apparel, protective or special clothing.	
	Objavljeno v	Technical University of Lodz Press; Innovations in clothing technology & measurement techniques; 2012; Str. 28-41; Avtorji / Authors: Stjepanović Zoran, Pilar Tanja, Rudolf Andreja, Jevšnik Simona	
Tipologija	1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji		
4.	COBISS ID	16252438	Vir: COBISS.SI
Opis	Naslov	SLO	Merilni sistem za programirano merjenje in vrednotenje mehanskih lastnosti fleksibilnih linijskih in ploskih materialov
		ANG	Measuring system for programmed measurement and evaluation of mechanical properties of linear and flat flexible materials
		SLO	Merilni sistem za programirano merjenje in vrednotenje mehanskih lastnosti fleksibilnih linijskih in ploskih materialov se sestoji iz merilne strojne opreme z vgrajeno merilno enoto s pripadajočim senzorskim sistemom za preizkušanje nateznih in/ali kompresijskih obremenitev in merjenje njihovih mehanskih deformacij ter iz pripadajoče programske opreme za prosto programiranje in krmiljenje procesa merjenja, za avtomatsko zajemanje podatkov, njihovo vrednotenje in prikaz rezultatov. Namenjen je za preizkušanje oziroma programirano merjenje različnih mehanskih deformacij preizkušancev iz fleksibilnih linijskih materialov, kot so sukanci, preje, trakovi in ploskih materialov, kot so tkanine, pletenine, netkane tekstilije, usnje, laminati, kompoziti, ki so posledica nateznih sil in/ali longitudinalnih kompresijskih sil, deformacij pri cikličnih obremenitvah ter relaksacije napetosti v materialu in podobno. Konstrukcijska rešitev strojne opreme s pripadajočo programsko opremo omogoča avtomatsko zajemanje numeričnih podatkov meritev obremenitev - deformacija, izračun povprečne krivulje napetost-deformacija in numerično vrednotenje parametrov viskoelastičnih lastnosti ploskih in linijskih materialov. Deluje s pomočjo dveh senzorjev in sicer za nižje sile služi induktivni merilnik sile, za višje sile pa uporovni merilnik sile.
		Measuring system for programmed measurement and evaluation of mechanical properties of liner and flat flexible materials consists of the measurement hardware with built-in measuring unit with the sensor system for testing tensile and/or compression loads and their mechanical	

			<p>deformations. Furthermore, the system has appropriate software for programming and controlling the measurement process, automated data acquisition, evaluation and display of results. It is intended for testing and programmed measuring of various mechanical deformations of linear flexible materials such as threads, yarns, ribbons, and flat materials such as woven and knitted fabrics, nonwoven textiles, leather, laminates, and composites. The deformations in these materials are a consequence of tensile forces and/or longitudinal compressive forces, deformations in cyclic loading and relaxation of tension in flexible materials. Hardware design solution with the corresponding software enables automated capture of numerical data of load-deformation measurements, calculation of the average stress-strain curve and numerical evaluation of parameters of viscoelastic properties of flat and linear materials. The system uses two sensors. For lower loads it uses an inductive force transducer while for higher loads a resistive force transducer is used.</p>
	Objavljeno v	Ministrstvo za gospodarski razvoj in tehnologijo, Urad RS za intelektualno lastnino; 2012; [14] str.; Avtorji / Authors: Geršak Jelka	
	Tipologija	2.24 Patent	
5.	COBISS ID	16051734	Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO	Specifičnosti koncepta kompleksnega načrtovanja funkcionalnih zaščitnih oblačil
		ANG	The peculiarities of a complex design concept for functional protective clothing
	Opis	SLO	<p>V zadnjih dveh desetletjih so potekale intenzivne raziskave na številnih ustanovah s ciljem razviti učinkovita zaščitna oblačila za delavce v industriji, kot tudi za oborožene sile. Osnovna zahteva za civilne kot obrambne namene je zaščita, oz. potreba po zaščiti, tj. zavarovanju ljudi, ki se soočajo z različnimi tveganji in vremenskimi razmerami. Pri tem je zlasti pomembno, da se razvije učinkovita osebna varovalna oprema in ovrednotijo morebitne nevarnosti znotraj področja kemičnih, bioloških in radioloških nevarnosti, ki pogosto niso zajete v standardnih opredelitvah in mednarodnih predpisih.</p> <p>V prispevku je predstavljena študija specifičnosti koncepta kompleksnega načrtovanja funkcionalnih zaščitnih oblačil, kot pomembnega dela osebne varovalne opreme v primeru onesnaženja s kemičnimi in biološkimi snovmi. Zahteve za zaščitna oblačila so predstavljene glede na namen, funkcijo, oz. vrsto zaščite, kot tudi z vidika sistematičnega pristopa k načrtovanju, razvoju in izvedbi zaščitnega funkcionalnega oblačila. Kompleksnost dizajna zaščitnih oblačil je zasnovana na sistematičnem, interdisciplinarnem pristopu objektivne karakterizacije materialov, z upoštevanjem preverjenih tehničnih specifikacij ter na razvoju novih metod in tehnik za izdelavo multifunkcionalnega zaščitnega oblačila. Poleg tega je treba spremljati in ocenjevati morebitne nevarnosti, s katerimi se srečujejo uporabniki.</p>
		ANG	<p>Over the last two decades extensive work has been carried out by a number of institutes with the aim of developing efficient protective clothing for industrial workers, as well as for the armed forces. The primary requirement for both civil and defence applications is protection, resp. need for protection - for saving valuable humans faced with various hazards and climatic conditions. It is particularly important to develop efficient personal protective equipment and to evaluate potential hazards within the domain of chemical, biological and radiological threats, which are often not covered by standard definitions and international regulations.</p> <p>This contribution presents certain peculiarities of a complex design concept for protective clothing, as an important component of personal protective equipment in case of contamination by chemical and biological agents. The requirements for protective clothing are given according to</p>

	<p>their purposes, functions, resp. type of protection, as well as the system's approach to the design, development, and implementation of protective functional clothing.</p> <p>The complex design of protective clothing should be based on a systematic, interdisciplinary approach, when considering the objective characterisation of materials, by taking into account verified technical specifications, and the development of new methods and techniques for the manufacturing of multifunctional protective clothing. Furthermore, it is necessary to monitor and evaluate any potential hazards encountered by the user.</p>
Objavljeno v	Proceedings, (Proceedings of the CB Medical Treatment Symposium): Croatian Chamber of Economy, 2012, str. 248-254: Avtorji/Authours: Gerašk Jelka, Marčić Milan
Tipologija	1.06 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci (vabljeni predavanja)

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati programske skupine v letu 2012⁶

	Družbeno-ekonomski dosežek	
1.	COBISS ID	16099350 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Integracija 3D podatkov telesa v funkcionalno oblačilo
		ANG 3D body datas integration in functional wear under brace
	Opis	<p>SLO Skolioza je deformacija hrbtenice, ki se najpogosteje pojavi pri deklicah, predvsem v času pubertete, v zgodnjih najstniških letih. Življenje s skoliozo je lahko resna težava za otroka, še posebej, kadar se zahteva nošenje posebnega steznika, da bi zaustavili njeno napredovanje. Steznik je 5 mm debel plastični oklep, ki ga mora oseba nositi 24 ur na dan. Nošenje steznika povzroča ne le fizične, temveč tudi psihične težave. Trenutno spodnje perilo, ki ga nosijo otroci, ki uporabljajo steznike, je komercialno perilo, ki je na voljo na tržišču. Glede na to je cilj raziskave raziskati in razviti izvirno zasnovo hlač, prsnika in majice, ki bodo izdelani iz posebej izbranih specialnih materialov in skonstruirani tako, da bo oblikovano oblačilo imelo minimalno število šivov. Ker so tovrstna oblačila namenjena nošenju pod steznikom, morajo ta zagotavljati ustrezno fiziološko in ergonomsko udobje otrok med nošenjem. Za izvedbo konstrukcijske rešitve je porabljen model 3D zajetih mer in oblike telesa, ki zagotavlja možnost neposrednega prilagajanje steznika in razvitega perila otrokom s skoliozo.</p> <p>ANG Scoliosis is a spinal deformity that most commonly appears in girls and makes itself apparent at puberty during the early teenage years, but it affects approximately 12 million people worldwide. Living with scoliosis can be especially difficult for children, particularly when a brace is required to stop its progression. The brace is 5 mm thick plastic armour that is to be worn 24 hours a day. To wearing it cause not just physical hardship but psyche trouble as well. Currently, the underwear that is worn by children under the brace is the commercially available materials and tailoring forms determined. Our goal is the unique design of pant, bra and t-shirt patterns with least seam and we use a special raw material. Wearing it under the brace will be improved the children physiological conditions and comfort. We use 3D scanned body model to make measurement and to do t-shirt construction.</p>
	Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci
	Objavljeno v	Faculty of Textdtile Technology, University of Zagreb; Book of proceedings; 2012; Vol. 1; str. 1023-1028; Avtorji / Authors: Geršak Jelka, Halász Marianna, Nagy Szabó O., Koleszár A.

	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
2.	COBISS ID	15772950	Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO	Urednik mednarodne revije
		ANG	The Editor of Journal of fiber bioengineering and informatics
	Opis	SLO	Journal of Fiber Bioengineering and Informatics (JFBI) (ISSN 1940-8676) 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 1940-8676) is an academic peer-reviewed 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. ISSN 1940-8676. http://www.jfbi.org .	
Tipologija	4.00 Sekundarno avtorstvo		
3.	COBISS ID	70514177	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Konstrukcija oblačil
		ANG	Garment pattern design
Opis	SLO	Učbenik Konstrukcija oblačil nudi osnovna znanja za konstruiranje temeljnih krojev ženskih, moških in otroških oblačil, ki se uporabljajo za namene modeliranja krojev oblačil. Prav tako nudi osnove modeliranja krojev na primerih vseh obravnavanih vrst oblačil. Konstruiranje temeljnih krojev oblačil je v učbeniku povzeto po nemškem konstrukcijskem sistemu M. Müller & Sohn. Delo je neposredno namenjeno študentom na visokošolskem strokovnem in univerzitetnem študijskem programu na Fakulteti za strojništvo Univerze v Mariboru. Vsebina učbenika je razdeljena v osem poglavij. V uvodnem delu je predstavljena zgodovina razvoja konstruiranja krojev oblačil in razvoj kroja oblačila. V naslednjem poglavju so predstavljene osnovne anatomske značilnosti in konstitucija človeškega telesa, ki so podlaga za razumevanje antropometričnih merjenj telesnih mer in proporcev človeka, katerih tematiko zajema tretje poglavje. Četrto poglavje obravnava tabele mer in sisteme velikosti oblačil, na katerih sloni konstruiranje krojev oblačil v oblačilni industriji. Peto poglavje podrobneje obravnava konstruiranje temeljnega kroja oblačila s pomočjo omenjenega konstrukcijskega sistema in modeliranje kroja, ki temelji na osnovi konstrukcijske skice modela oblačila. Zadnja tri poglavja obsegajo konstruiranje temeljnih krojev ženskih, moških in otroških oblačil. Prav tako so predstavljeni tudi enostavnejši primeri modeliranja krojev oblačil.	

			<p>The textbook Garment pattern design provides the basic knowledge for construction of the basic patterns for women, men and children garments, which are used for modelling of the garments' patterns. It also provides the basics of garments patterns modelling. Construction of basic garments patterns is summarized in the textbook according to the German construction system M. Müller & Sohn. The work is directly intended for students in higher professional and university study programs at the Faculty of Mechanical Engineering, University of Maribor. Content of the textbook is divided into eight chapters. In the introduction part the history of the construction of the garment patterns is presented, as well as development of the garment patterns. The next chapter presents the basic anatomical characteristics and constitution of the human body, which are the basis for understanding of the anthropometric measurements of body dimensions and human proportions, whose topic covers third chapter. The fourth chapter discusses the table of measurements and clothing size systems, on which basis the construction of garment patterns in the clothing industry. The fifth chapter discusses in detail the construction of garment patterns that based on the mentioned construction system and pattern pieces modelling according to the construction drawing of the garment model. The last three comprehensive chapters cover the construction of basic patterns for women, men and children garments. It also presents modelling of pattern pieces for simple examples of garments designs.</p>
	ANG		
	Šifra	D.10	Pedagoško delo
	Objavljeno v	Fakulteta za strojništvo, Oddelek za tekstilne materiale in oblikovanje, Laboratorij za oblačilno inženirstvo ter fiziologijo in konstrukcijo oblačil; 2012; VIII, 169 str.; Avtorji / Authors: Rudolf Andreja	
	Tipologija	2.03	Univerzitetni ali visokošolski učbenik z recenzijo
4.	COBISS ID	16739862	Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO	Objektivno merjenje in vrednotenje tekstilij in oblačil
		ANG	objective measurement and evaluating of textile and clothing
	Opis	SLO	Vloga objektivnega merjenja in vrednotenja tekstila in oblačil. Elastičnost v inženirstvu, študij viskoelastičnih lastnosti tekstilnih materialov. Objektivno vrednotenje mehanskih in fizikalnih lastnosti tkanin. Vpliv mehanskih lastnosti tkanin na preoblikovanje ploskih tekstilij v 3D obliko. Kompleksne deformacije tekstilnih struktur. Razvoj toplotno izolacijo lastnosti inteligentnih oblačil in njihov vpliv na udobje pri nošenju.
		ANG	The role of objective measurement and evaluating of textile and clothing. Elasticity in engineering; viscoelastic studies of textile fabric. Objective evaluation of mechanical and physical properties of fabric. The impact of mechanical properties of textiles in transforming from 2D into 3D shape. Complex deformation of textile structure. Development of the thermal insulation properties of intelligent clothing and their influence on wearing comfort.
	Šifra	B.05	Gostujoči profesor na inštitutu/univerzi
	Objavljeno v	Tekstilno-tehnološki fakultet Sveučilišta Zagreb, 2012	
	Tipologija	3.14	Predavanje na tuji univerzi
5.	COBISS ID	16560918	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Razvoj 3D modela telesa v sedečem položaju za prototipiranje oblačil
		ANG	Developing the accurate sitting position 3d body model for garment prototyping
			Področje simulacij tekstilij in prototipiranje oblačil je v zadnjih 20 letih je pritegnilo veliko pozornosti številnim raziskovalcem, saj omogoča hiter odziv na trende v oblačilni industriji z namenom zagotoviti nižje

Opis	SLO	<p>proizvodne stroške, hkrati pa povečati učinkovitost proizvodnje oblačil. Razvoj oblačil si je danes praktično nemogoče zamisliti brez pomoči naprednih tehnologij za skeniranje človeškega telesa, ki hitro in zanesljivo zajemajo dimenzije telesa v obliki 3D skeniranih podatkov. Ta tehnika omogoča pridobivanje natančnih antropometričnih telesnih mer, ki se uporabljajo v 2D in 3D CAD sistemih za načrtovanje, konstruiranje, vizualizacijo in animacijo videza oblačil na virtualnih manekenh. V oblačilni industriji zasledimo uporabo inovativnih računalniških programov in navidezne resničnosti v virtualnem prototipiranju na virtualnih manekenh v stoječem položaju. Na ta način sodobna oblačilna industrija izključuje ljudi s posebnimi potrebami oz. invalidne osebe. Za njih morajo biti oblačila prilagojena vsakemu posebej, da se jim zagotoviti udobje pri nošenju oblačil. V prispevku je opisan razvoj zanesljivega 3D modela telesa v sedečem položaju, ki predstavlja prvi korak k virtualnemu prototipiranju oblačil za invalide in druge ljudi s posebnimi potrebami.</p>
	ANG	<p>The field of cloth simulation and garment prototyping has in the last twenty years attracted a lot of attention of numerous researchers. It enables a quick response to the clothing industry trends in order to ensure lower production costs while increasing the efficiency of garments production. Development of garments is practically unthinkable without the help of advanced body scanning technology. It enables fast and reliable capture of physical body dimensions in the form of 3D scanned data. This technique allows the extraction of accurate anthropometric body dimensions to be used in 2D and 3D CAD system for design, construction, visualization and animation of garment appearance on virtual mannequins. In apparel industry the current use of innovative computer programs and virtual reality reflects virtual prototyping on virtual mannequins in a standing position. In this way modern clothing industry excludes physically disabled people for which garments need to be individually adapted to each person to ensure wearing comfort. In our contribution we are describing the development of an accurate 3D body model in sitting position. It represents the first step to garment virtual prototyping for physically disabled people and other people with special physical needs.</p>
Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci	
Objavljeno v	Technical Faculty "Mihajlo Pupin"; Proceedings; 2012; Str. 133-138; Avtorji / Authors: Kozar Tatjana, Rudolf Andreja, Jevšnik Simona, Stjepanović Zoran	
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	

8. Drugi pomembni rezultati programske skupine v letu 2012^Z

Organizacija in izvedba Mednarodne zimske šole Design Week 2012, ki je potekala od 14. do 20. 10. 2012 na Fakulteti za strojništvo Univerze v Mariboru v organizaciji Laboratorija za oblačilno inženirstvo ter fiziologijo in konstrukcijo oblačil ob dotaciji MIZKŠ, NCO CMEPIUS - Centra za mobilnost in evropske programe.

Na mednarodni zimski šoli Design Week 2012 je sodelovalo 82 udeležencev iz 9 držav. V izvedbo je bilo aktivno vključenih 9 tujih predavateljev (iz Finske, Madžarske, Slovaške in Hrvaške), kar je pomembno prispevalo h kakovosti mednarodne zimske šole.

Tematika zimske šole je bila koncipirana tako, da so priznani strokovnjaki na podlagi interdisciplinarnih znanj predstavili design iz različnih vidikov, kjer so se zvrstile tematike, kot so:

- sodobna umetnost in dizajn,
- združevanje prakse in teorije pri oblikovanju oblačil,
- 3D in digitalna vizualizacija pri dizajnu oblačil,
- anthropos metron,
- odnos med svetlobo in tekstilijami,

- barva kot likovni element kompozicije,
- dizajn zasnovan na tradicionalnih tekstilijah,
- design in novi mediji,
- digitalni dizajn.

Pomemben del aktivnosti CEEPUS Winter school – Design week 2012 so predstavljale kreativne delavnice:

- Digitalna vizualizacija in dizajn oblačil,
- Kreativno prostoročno risanje,
- Vizualizacija kolekcije oblačil,
- Objektivno vrednotenje mehanskih lastnosti tkanin z vidika pristajanja oblačil,
- Industrijski dizajn,
- Vzorec moje osebnosti,
- Polstenje – mehke površine,
- Nakit iz tekstilij,
- Simulacija vzorcev tkanin na podlagi vezave in pestrega tkanja z Arahne CAD sistemom,
- Zračna čipka,
- Milo občutij,
- Digitalni dizajn,

kjer je prišla do izraža kretivnost mladih udeležencev.

Zaključne misli so predstavljene na <http://design.fs.uni-mb.si/dws/index.php/conclusion>
DESIGN WEEK 2012 Concluding Thoughts.

Sklep o potrditvi rokopisa univerzitetnega učbenika «Objektivno vrednovanje plošnih tekstilija i odjeće» na Sveučilištu v Zagrebu (priloga Odluka Senata)

9. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov v letu 2012⁸

9.1. Diplome v letu 2012⁹

vrsta usposabljanja	število diplom
bolonjski program - I. stopnja	2
bolonjski program - II. stopnja	1
univerzitetni (stari) program	

9.2. Magisterij znanosti in doktorat znanosti v letu 2012¹⁰

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

Legenda:

Mag. - Znanstveni magisterij

Dr. - Doktorat znanosti

MR - mladi raziskovalec

10. Pretok mladih raziskovalcev – zaposlitev po zaključenem usposabljanju v letu 2012¹¹

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

11. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov ter študentov iz tujine, daljše od enega meseca, v letu 2012

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Sodelovanje v programski skupini	Število mesecev	
0	Bipin Kumar (IIT Delhi)	C - študent - doktorand	1	
0	K. Shabaridharan (IIT D)	C - študent - doktorand	1	
0	Orsolya Nagy Szabo (ob	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

12. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v letu 2012¹²

SLO

Raziskovalci raziskovalne skupine v letu 2012 nismo bili neposredno vključeni v projekte okvirnih programov EU, ampak smo aktivno delovali v okviru treh bilateralnih projektov in ene CEEPUS mreže:

3D Modeling of Human Body and Integrating Human Dimensions into Products; BI-HU/10-11-007 (slovensko-madžarski znanstveno raziskovalni projekt); vodja slovenskega raziskovalnega tima: red. prof. dr. Jelka Geršak

Development of Clothing for Extreme Cold Environment; BI-IN/10-12-006 (Slovenko-indijski bilateralni znanstveni projekt); vodja slovenskega raziskovalnega tima: red. prof. dr. Jelka Geršak

Sustainability in Clothing Design - Mass Customization as a Strategy; BI-FI/11-12-013 (slovensko-finski bilateralni znanstveni projekt); vodja slovenskega raziskovalnega tima: red. prof. dr. Jelka Geršak

Design and Development of Multifunctional Protective Clothing; CEEPUS network CIII-SI-0217-00-1011; glavni koordinator: red. prof. dr. Jelka Geršak

Rezultat aktivnega delovanja v okviru mednarodnih, zlasti bilateralnih raziskovalnih in razvojnih projektov je prijava skupnega projekta, in sicer v okviru Lifelong Learning Programme: action Erasmus multilateral projects z naslovom »Knowledge Alliance of Clothing Education, Research and Innovation« (Submission number: 540450-LLP-1-2013-1-SI-ERASMUS-EKA.

13. Vključenost v projekte za uporabnike, ki v letu 2012 potekali izven financiranja ARRS¹³

SLO

Konstrukcijska risba : strokovno usposabljanje za Boxmark Leather d.o.o., Kidričevo, 15.11.2012. 2012 (RUDOLF, Andreja) [COBISS.SI-ID [16606230](#)]

14. Ocena tehnološke zrelosti rezultatov programa in možnosti za njihovo implementacijo v praksi (točka ni namenjena raziskovalnim programom s področij humanističnih ved)¹⁴

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 dela raziskovanja. Na tem področju se lahko izpostavi razvit *merilni sistem za programirano merjenje in vrednotenje mehanskih lastnosti fleksibilnih linijskih in ploskih materialov*. Za izum je bil dodeljen patent št. SI 23645 A, datum objave 31.8.2012; patentna prijava št. P-201200162, datum vložitve prijave 24.5.2012. Ljubljana: Ministrstvo za gospodarski razvoj in tehnologijo, Urad RS za intelektualno lastnino, 2012 [COBISS.SI-ID [16252438](#)]

Razvit merilni sistem ima vse možnosti za svojo implementacijo v prakso.

15. 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	
ocena potrebne infrastrukture in opreme ¹⁵	

16. Izjemni dosežek v letu 2012¹⁶

16.1. Izjemni znanstveni dosežek v letu 2012

Znanstvena monografija Clothing manufacture management : a systematic approach to planning, scheduling and control.
Obsežna monografija Upravljanje izdelave oblačil: sistematični pristop k načrtovanju, vodenju in nadzoru, ki pomeni pomemben prenos v okviru raziskovalnega programa posredno razvitega znanja, nudi kritičen pogled in oceno o načrtovanju procesov izdelave oblačil, razumevanju razvoja izdelka in načrtovanja proizvodnje. Načrtovanje procesov izdelave oblačil zavzema ključno vlogo pri uvajanju novih izdelkov, predvsem v pogledu sposobnosti hitrega prilagajanja dinamičnim spremembam na globalnem trgu. Osem poglavij monografije izčrpno pokriva inženirsko načrtovanje izdelave oblačil, vodenje in nadzor. Pomemben prispevek predstavlja tudi bogata terminologija.

16.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek v letu 2012

--

LETNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA
ZA LETO 2012

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

Šifra programa	P1-0112
Naslov programa	Raziskave atomov, molekul in struktur s fotoni in delci
Vodja programa	11854 Matjaž Žitnik
Obseg raziskovalnih ur	skupaj : 53040 od tega v letu 2012: 8840
Cenovni razred	C
Trajanje programa	01.2009 - 12.2014
Izvajalci raziskovalnega programa (javne raziskovalne organizacije - JRO in/ali RO s koncesijo)	106 Institut "Jožef Stefan" 795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo 1540 Univerza v Novi Gorici Univerza v Ljubljani, 1554 Fakulteta za matematiko in fiziko [] [] [] []
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	1 NARAVOSLOVJE 1.02 Fizika []
Družbeno-ekonomski cilj	[]

2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS¹

Šifra	1.03
- Veda	1 Naravoslovne vede
- Področje	1.03 Fizika

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem 3. programu v letu 2012²

SLO

Nadaljevali smo raziskave na področju kvantne interference neločljivih parov elektronov, ki jih oddajajo atomi pri absorpciji svetlobe in pri neelastičnem sipanju elektronov. Teoretično smo obdelali primer izmenjalne interference pri Augerjevem razpadu $M_{4,5}-N_1N_{2,3}$ v kriptonu ter $N_{4,5}-O_1O_{2,3}$ v ksenonu ter obravnavo dopolnili s kotno občutljivimi meritvami ($\gamma, 2e$). Objavili smo povzetek meritev

resonančnih Augerjevih spektrov po elektronskem vzbujanju stanj $2p^{-1}4s/4p$ v argonu. Meritve fluorescenčnih spektrov helija smo dopolnili s teoretično obravnavo razpada enojno vzbujenih stanj v električnem polju z upoštevanjem interakcije spin-tir. Dokončali smo modeliranje pridelkov metastabilnih atomov helija pri "škattlastem" vzbujanju enojno vzbujenih stanj, izmerjenih v odvisnosti od jakosti statičnega električnega polja. Dokončali smo analizo meritev kotne porazdelitve fotoelektronov pri "dvobarvni" fotoionizaciji (sinhrotron+laser) helijevih atomov tik nad prvim pragom za ionizacijo. Z raziskovalno skupino iz laboratorija LCPMR in Univerzite P&M Curie smo nadaljevali poskuse z magnetno steklenico na področju dvojne fotoionizacije preprostih organskih molekul, kot so benzen, C_2H_n ter C_3H_n . V objavo smo poslali rezultate meritev Augerjevih spektrov K(C)-VV v koincidenzi s fotoelektroni za Siegbahnovno molekulo ethyl trifluoroacetat $C_4H_5F_3O_2$, kjer ima vsak ogljikov atom z nekoliko različno kemijsko okolico. Prvič smo se udeležili poskusa na finski žarkovni liniji I411 na švedskem sinhrotronu MAX-lab v Lundu. Poskus z naslovom "The study of Electronic Structure and Decay Dynamics of Hydrochlorocarbons by Valence and Cl L shell Photoexcitation and Ionization" smo opravili v sodelovanju z raziskovalno skupino iz Oulu University na Finskem. Osredotočili smo se na merjenje fotoelektronov in Augerjevih elektronov ter nabitih ionskih fragmentov na kloriranih ogljikovodikih. Marca 2012 smo prisostvovali poskusu na žarkovni liniji Low Density Matter (LDM) na novem laserju na proste elektrone (FEL) FERMI, ki je začel s poskusnim obratovanjem v okviru sinhrotrona Elettra. Ob odprtju 1. Mednarodnega razpisa FERMI aprila 2012 smo vložili predlog za poskus: "Multi-photon excitation of He doubly excited states", ki je bil odobren za 2013. Na področju raziskav z visokoločljivo rentgensko spektroskopijo pri vzbujanju s sinhrotronsko svetlobo smo v letu 2012 sodelovali pri dveh eksperimentalnih projektih. Na žarkovni liniji 6-2 sinhrotrona SSRL na nacionalnem raziskovalnem centru SLAC v Stanfordu smo opravili meritve večelektronskih ekscitacij v okolici kriptonovega absorpcijskega roba K (dvojne vzbuditve $1s4p$ in $1s3d$). Dodatno smo opravili tudi natančne meritve strukture hipersatelitskih spektralnih črt $K\beta^h$ (sevalni prehod $1s^2-1s3p$) za nekatere spojine V in Cr ter meritve odvisnosti njihove intenzitete od energije vzbujanja v energijskem področju od praga za dvojno ionizacijo lupine $1s$ do nasičenja. Na žarkovni liniji SuperXAS sinhrotrona SLS v Švici smo z in-situ meritvami resonančnega neelastičnega sipanja preučevali elektronsko strukturo feromagnetnih nanodelcev. Z meritvijo magnetnega cirkularnega dikroizma (MCD) smo opazovali vpliv zunanega magnetnega polja na elektronsko strukturo feromagnetnega jedra in dodatnih delcev na zunanji površini. Na področju uporabe visokoločljive rentgenske spektroskopije pri vzbujanju s protonskim žarkom (HR-PIXE) na MIC IJS smo uspešno opravili meritve klorovih emisijskih spektrov $K\beta$ v vzorcih atmosferskih aerosolov. Objavili smo natančen opis in predstavitev ključnih lastnosti visokoločljivega spektrometra rentgenskih žarkov domače izdelave. V preglednem članku smo predstavili rezultate meritev resonančnega neelastičnega sipanja na atomih in enostavnih molekulah, ki smo jih s spektrometrom opravili v preteklih letih. V sodelovanju s skupino z Univerze v Sheffieldu smo objavili še rezultate meritev emisijskih spektrov žvepla v vzorcih stekel, ki se uporabljajo pri vitifikaciji visoko radioaktivnih jedrskih odpadkov. S kolegi z Univerze v Uppsali smo objavili rezultate meritev visokoločljivih emisijskih spektrov Fe in Zr, ki omogočijo preučevanje elektronske strukture tankih (nekaj nm) večplastnih struktur amorfne kovinske zlitine $Fe_{100-x}Zr_x$. V sodelovanju z Univerzo v Fribourgu smo predstavili površinsko občutljivo tehniko rentgenske fluorescence pri ostrih emisijskih kotih (GEXRF), ki kombinira vzbujanje s sinhrotronsko svetlobo in detekcijo fluorescence z visokoločljivim Braggovim spektrometrom, in omogoči globinsko profiliranje lahkih elementov implantiranih v silicij. V sodelovanju s centrom odličnosti CO NOT smo izvedli in-situ meritve XANES in EXAFS na Li-ionskih ($Li_2Mn_0.2Fe_0.8PO_4$ in Li_2MnPO_4) in žveplovih (Li_2S_x) baterijah ter referenčnih spojinah in elektrolitih za Li-S baterije z izjemno visoko energijsko gostoto. Nadaljevali smo obsežnejši večletni projekt razvoja različni katalizatorjev (mezoporozna sita, dopiranih s Ca, Cr, Mn, Fe, Ni in Cu kationi ter oorgano-metalne spojine s temi elementi, in CuPd katalizatorji) v sodelovanju s Kemijskim inštitutom, Ljubljana. V sodelovanju z Biotehniško fakulteto UL smo izvedli dva sklopa meritev XAS, namenjena določitvi porazdelitve polutantov (Se, Hg, Cd, Zn, Fe) v rastlinah. V objavo smo poslali raziskavo porazdelitve in vezave kadmija v celicah rastlin, ki to kovino hiperakumulirajo (*Thlaspi praecox*). O teh raziskavah smo objavili obsežno poglavje v znanstveni monografiji: *Phytotechnologies : remediation of environmental contaminants*. V sodelovanju z Laboratorijem za raziskave materialov UNG smo v *Advanced Functional Materials* objavili odmevno raziskavo o načinu gradnje mangana v kristalno strukturo stroncijevega titanata, ki pojasni njegove magnetne lastnosti. Objavili smo raziskavo absolutnega preseka za fotoefekt v okolici barijevih robov L. V letu 2012 smo nadaljevali delo na področju raziskav v zvezi s fuzijsko problematiko, ki potekajo v sklopu EU ob tesni koordinaciji Euratoma in EFDA. Raziskave smo izvajali v okviru 7. OP EU EURATOM na dveh projektih Slovenske fuzijske asociacije (SFA – Asociacija EURATOM- MŠZKS) in sicer: »Procesi z nevtralnimi atomi in molekulami vodika« ter »Uporaba metod s pospešenimi ioni pri študiju interakcije plazme in

sten v tokamakih«. V okviru fuzijske problematike smo še posebno delali na treh, s strani EFDA podprtih projektih, ob tesnem sodelovanju z IPP, Garching (Nemčija), CEA, Cadarache (Francija) ter INFLPR, Bukarešta (Romunija). Preučevali smo zadrževanje devterija na površinah mešanih in večplastnih struktur (W-C-Al), ki bodo nastajale tudi na stenah pri obratovanju fuzijskega reaktorja ITER. Razvili smo metodo, pri kateri s spreminjanjem vpadne energije ionskega žarka ^3He in detekcijo protonov iz reakcije $\text{D}(^3\text{He},\text{p})\ ^4\text{He}$ merimo globinsko globinsko porazdelitev devterija. Dobljene rezultate smo predstavili na konferenci PSI, sprejeti so tudi v objavo v J. Nucl. Mater. Objavili smo rezultate prejšnjih *in-situ* meritev erozije in depozicije ogljikovih plasti z atomarnim curkom. V sodelovanju s CEA je devetmesečno podoktorsko usposabljanje na Univerzi Aix-Marseille in CEA, Cadarache opravila dr. S. Markelj. Študirala je termodesorpcijo devterija z volframa, ki je izpostavljen ionom devterija ter načine čiščenja volframa s površinskimi tehnikami pod pogoji ultravisokega vakuumu. Spektrometer za vibracijsko spektroskopijo vodikovih molekul smo opremili s sistemom za diferencialno črpanje. Nadaljevali smo sodelovanje v okviru COST-akcije CM0805 "Kemično vesolje: razumevanje kemije v astronomskem okolju". Objavili smo preseke za tvorbo nizkoenergijskih negativnih ionov vodika iz malih ogljikovodikov in v sodelovanju z OU, Milton Keynes, UK pričeli podrobne meritve tvorbe negativnih ionov pri trku elektronov z acetilenom na območju od 2 do 80 eV. S sodelovanjem pri raziskavah na žarkovni liniji ALOISA (Laboratorio IOM-CNR TASC) tržaškega sinhrotrona smo preučevali elektronsko strukturo hetero-organskih in hibridnih stičnih mej ter nanostrukturiranih materialov. V hibridnih nanosih tetraftalične in benzoične kisline na monoplasti cisteamina smo pokazali, da formiranje specifične amino-karboksilne sklopitve omogoča kemijsko selektivno samourejevanje hibridnih nanosklopov na kovinskih substratih. Pri študiju transporta naboja prek praznih molekulskih orbital pi-sklopljenih aromatskih molekul smo določili vpliv prostorskega prekrivanja sosednjih orbital na ultrahitro dinamiko nosilcev naboja. Raziskovali smo lastnosti materialov z meritvami notranjih magnetnih in električnih hiperfinih polj z Mössbauerjevo spektroskopijo, predvsem za magnetne nanomateriale in katodne materiale litijevih baterij. Pridobili smo merilni čas na pospeševalniku Petra v Hamburgu za projekt »In-situ NRS mapping of iron based composite electrode materials for Li-ion batteries« za raziskave porazdelitev kationov v LiFeBO_3 vzorcih, pripravljenih na tri različne načine: keramična, v zaščitni atmosferi in priprava s samovžigom. Strukturo vzorcev in porazdelitev kationov v materialu smo določili iz rentgenskih uklonskih slik posnetih na difraktometrih v laboratoriju in na sinhrotronu APS v Chicagu, z Mössbauerjevo in z NMR spektroskopijo. Na žarkovni liniji MIC z visokoenergijskim fokusiranim ionskim žarkom smo izvedli niz meritev elementnih porazdelitev v rezinah bioloških tkiv, pripravljenih s tehniko hitre zamrznitve in liofilizacije. V sodelovanju z »Université catholique de Louvain«, Belgija, smo preučevali porazdelitve železa in mikroelementov v rižu ter privzemne mehanizme natrija iz slanih tal v rastlinah paradiznika. Nadaljevali smo s preučevanjem procesov prerazporeditve natrija in klora v slanih puščavskih tleh in vpliva gradienta slanosti na rast korenin. Pokazali smo na učinkovitost metode mikro-PIXE pri kvantitativnem spremljanju procesov vnosa težkih kovin pri rastlini *Typha latifolia* v sodelovanju s Helmholtzovim centrom iz Minhna. Uspešno smo izvedli meritve na rezinah zamrznjenega tkiva v hidriranem stanju. V sodelovanju z Vojnomedicinsko akademijo iz Beograda smo preučevali vnos zlatih nanodelcev v človeške makrofage. V približno tanke tarče smo tehtali elementni inventar posameznega makrofaga z natančnostjo enega pg. Dobili smo dobili prve rezultate s spektrometrom na čas preleta (angl. Time Of Flight, TOF) za metodo MeV SIMS. V letu 2012 smo v okviru Paketa nabave velike raziskovane opreme št. 14 instalirali nov ionski izvor tipa "Multicusp". V okviru projekta 7. OP EU SPIRIT smo omogočili dostop raziskovalcev na raziskovalno opremo ionskega pospeševalnika IJS iz evropskega raziskovalnega prostora. Izvajali smo štiri projekte mednarodnega dostopa, ki so jih izvedli raziskovalci iz Belgije, Izraela, Srbije in UK. Na področju rentgenske fluorescenčne spektrometrije (XRF) smo se v letu 2012 ukvarjali z meritvami in kvantifikacijo porazdelitve elementov na celičnem nivoju v rastlinskih vzorcih pri vzbujanju s sinhrotronsko svetlobo in rentgensko fluorescenčno analizo emitirane svetlobe. Meritve so potekale na rentgenskem mikroskopu TwinMic (Elettra), v okviru skupnega projekta s sodelavci iz Biotehnične Fakultete UL. Opravili smo kalibracijo in validacijo XRF sistema s certificiranimi standardnimi referenčnimi materiali in standardnimi referenčnimi materiali, ki smo jih pripravili v našem laboratoriju. Študirali smo lokalizacijo silicija, arzena in selena v rastlinskih tkivih na Si-K, As-L₃ in Se-L₃ črtah. Udeležili smo se skupnih meritev na sinhrotronu ESRF v Grenoblu na liniji ID21, kjer smo ugotavljali vpliv kadmija na metabolne poti žvepla v koreninah ranega mošnjaka. Objavili smo rezultate meritev prašenja premoga, železove rude in glinice v odvisnosti od velikostne frakcije, hitrosti vetra in stopnje vlaženja, ki smo jih pred časom opravili v Luki Koper.

Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem programu in 4. zastavljenih raziskovalnih ciljev v letu 2012³

SLO

Osnovne raziskave v atomski in molekularni fiziki so v letu 2012 potekale v skladu s pričakovanji. Poleg poglobljenega študija (metastabilnih) atomov poteka širitev problematike na druge vire svetlobe (free-electron laser) ali njihovo kombinacijo (dvobarvni poskusi), kjer so pomembni večfotonski procesi. Pri tem gre v glavnem za meritve na žarkovni liniji GasPhase Photoemission na sinhrotronu Elettra ter za novi laser na proste elektrone Fermi. Vedno večjo pozornost namenjamo eksperimentalni in teoretični obravnavi preprostih molekul. Pri tem smo v letu 2012 navezali stike s finsko skupino raziskovalcev na Univerzi Oulu in skupaj izvedli poskus na sinhrotronu MaxLab (Lund). Na področju absorpcije in emisije rentgenske svetlobe je bilo leto 2012 v glavnem v znamenju sodelovanja z drugimi raziskovalnimi skupinami in uporabno orientirano: pridobili smo podatke (XANES, XAFS, XES), ki so pomembni za razumevanje delovanja novih materialov in procesov, ki potekajo v rastlinskih tkivih. V ospredju sta določanje globinskih porazdelitev, lateralno 2D mapiranje z mikrožarkom, prihaja obdobje 3D analiz ter meritev z (izboljšano) časovno ločljivostjo, meritve se odvijajo na sinhrotronih Elettra (Trst) in ESRF (Grenoble), prvič smo se udeležili poskusov na SLS (Zurich) ter SSRL (Stanford). Predlagali smo novi pristop za snemanje signalov v okolici praga brez zahteve po premikanju vpadne energije rentgenskih žarkov, ki jo bo moč s pridom uporabiti pri novih pulznih monokromatskih virih svetlobe za preučevanje snovi. Razvijamo in uvajamo nove, bolj občutljive tehnike mapiranja z ionskim žarkom (TOF SIMS). V letu 2012 smo realizirali nadgraditev svetlosti z montažo novega ionskega izvora na MIC IJS, ki smo jo pripravljali vse od odobritve paketa raziskovalne opreme št. 14. Razvili smo tehniko transferja vzorcev in meritev na hitro zamrznjenih tankih rezin tkiva z ionim žarkom, ki je alternativa dosedanjim meritvam na posušenih tkivih. Na področju študija površin so še vedno v ospredju raziskave obnašanja tankih plasti organskih materialov na kovinskih podlagah, kjer se akumulira osnovno znanje o vrsti in uporabnosti povezav organskih plasti z anorgansko podlago. Z Moessbauerjevo spektroskopijo poskušamo prodreti tudi na zunanjih merilnih napravah, predvsem z mapiranjem mikroskopskih domen, kjer je potreben dobro fokusiran vzbujevalni žarek. Z vpeljavo diferencialnega črpanja smo izboljšali kontrast meritev z vibracijskim spektrometrom. Našo opremo ter eksperimentalne postaje so uporabljali tudi raziskovalci iz drugih raziskovalnih skupin, ki so obiskali ionski pospeševalnik v okviru evropske povezave SPIRIT.

Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine v 5. letu 2012⁴

Cilji raziskovalnega programa se v letu 2012 niso bistveno spremenili.

V letu 2012 se je programu avtomatsko priključil novi mladi raziskovalec Anže Založnik. Od dveh MR v programu, ki sta v letu 2012 uspešno končala usposabljanje, je ena raziskovalka našla delo v gospodarstvo (Nataša Grlj), drugi raziskovalec pa je dobil status raziskovalca R v istem programu (Gregor Kladnik). S tem smo podprli delo na aktualnem področju fizike površin in organskih plasti, ki spada med programske prioritete.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine v letu 2012⁵

Znanstveni dosežek	
1. COBISS ID 26125351	Vir: COBISS.SI
Naslov SLO	Kvantifikacija dinamike prenosa naboja v TT-sklopljenih molekularnih sistemih
ANG	Quantifying through-space charge transfer dynamics in TT-coupled

Znanstveni dosežek	
Opis	<p>molecular systems</p> <p>Razumevanje vloge interakcije med molekulami pri prenosu naboja skozi prostor v n-staknjenih molekularnih sistemih je bistveno za optimano snovanje elektronskih materialov, vendar so kvantitativne študije težavne predvsem zaradi nezadostne kontrole morfologije molekul. Tu poročamo o uporabi koncepta ure na notranjo vrzel z resonantno fotoemisijo pri študiju prenosa naboja s femtosekundno občutljivostjo v ciklofanah, ki so sestavljeni iz dveh precizno n-staknjenih sistemih, ki ju skupaj držijo alifatske verige. Študirali smo [2,2] paraciklofan (22PCP) in [4,4] paracklofan (44PCP), pri katerih sta obroča razmaknjena za 0.3 nm oziroma 0.4 nm. Ugotovili smo, da je prenos naboja skozi sistem 44PCP 20-krat počasnejši kot v 22PCP. Razliko pripisujemo manjši sklopitvi obročev v 44PCP. Te meritve ilustrirajo uporabo resonantne fotoemisijske spektroskopije notranjih lupin v časovni domeni kot splošno metodo za kvantifikacijo sklopitve v n-staknjenih sistemih.</p>
Objavljeno v	<p>Understanding the role of intermolecular interaction on through-space charge transfer characteristics in n-stacked molecular systems is central to the rational design of electronic materials. However, a quantitative study of charge transfer in such systems is often difficult because of poor control over molecular morphology. Here we use the core-hole clock implementation of resonant photoemission spectroscopy to study the femtosecond charge-transfer dynamics in cyclophanes, which consist of ANG two precisely stacked n-systems held together by aliphatic chains. We study two systems, [2,2]paracyclophane (22PCP) and [4,4]paracyclophane (44PCP), with inter-ring separations of 3.0 and 4.0 Å, respectively. We find that charge transfer across the n-coupled system of 44PCP is 20 times slower than in 22PCP. We attribute this difference to the decreased inter-ring electronic coupling in 44PCP. These measurements illustrate the use of core-hole clock spectroscopy as a general tool for quantifying through-space coupling in n-stacked systems.</p> <p>Nature Publishing Group; Nature communications; 2012; Vol. 3; str. 1086-1-1086-7; Impact Factor: 7.396; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.271; A¹: 1; A¹: 1; Avtorji / Authors: Batra Arunabh, Kladnik Gregor, Vázquez Héctor, Meisner Jeffrey S., Floreano Luca, Nuckolls Colin, Cvetko Dean, Morgante Alberto, Venkataraman Latha</p>
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
2. COBISS ID	25740839
Vir:	COBISS.SI
Naslov	SLO Rekonstrukcija topografije površine z metodo stereo-PIXE
Opis	<p>ANG Surface topography reconstruction by stereo-PIXE</p> <p>Opisujemo metodo za rekonstrukcijo topografije površine, ki temelji na meritvi asimetrije pridelka rentgenskih žarkov izsevanih na nasprotnih staneh vzbuditvenega žarka. Asimetrija pridelka v dveh vzporedno pomerjenih rentgenskih mapah nastane vsled razlike v absorpciji rentgenskih žarkov, ki potujejo proti obema detektorjema skozi topografsko modificirano površinsko plast. Izmerjeno mapo asimetrij pretvorimo v mapo lokalnega nagiba površine, odkoder je potem mogoče rekonstruirati topografijo. Metoda je uporabna pri mikro-XRF ter mikro-PIXE meritvah, njeno delovanje pa smo preverili s primerjavo rezultatov rekonstrukcije površine z metodo stylus profilometry. Lateralna ločljivost predlagane topografske metode je odvisna od najmanjše produkcijske globine za dano vrsto vzbujevalnega žarka v danem materialu ter od absorpcijske dolžine za dano energijo rentgenskih žarkov v njem.</p>
	ANG A method of sample surface topography reconstruction is described based

Znanstveni dosežek	
	<p>on the asymmetry in the X-ray yields acquired by a pair of X-ray detectors positioned at opposite sides of the probing beam. The yield asymmetries in the two simultaneously acquired elemental maps are caused by differences in the X-ray absorption along the X-ray exit route in the sample with a topographically structured surface. The approach presented introduces an asymmetry factor of the X-ray intensity in each of the image pixels to obtain an image asymmetry matrix. The dependence of the asymmetry factor on the local target inclination in the detector plane is calculated for a flat sample surface model. The image asymmetry matrix is then converted into the local inclination angle matrix. As the last step, the surface topography is then reconstructed from the local inclination angle. The method is based on X-ray absorption phenomena and could be applied equivalently in X-ray elemental mapping methods using excitation beams with a well-defined direction in the sample. This includes micro-X-Ray Fluorescence analysis (micro-XRF) and micro-Proton Induced X-ray Emission (micro-PIXE). We demonstrated the method by topographic analysis of engraved metallic samples with stereo-PIXE and compared it with the results of stylus profilometry. The smallest value of the X-ray production depth and the characteristic X-ray attenuation length determines the lateral resolution of the proposed topography reconstruction method.</p>
Objavljeno v	<p>The Royal Society of Chemistry; Journal of analytical atomic spectrometry; 2012; Vol. 27, issue 5; str. 834-840; Impact Factor: 3.220; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.255; A': 1; Avtorji / Authors: Gholami Hatam Ebrahim, Pelicon Primož, Lamehi-Rachti Mohammad, Vavpetič Primož, Kakuee Omidreza, Grlj Nataša, Čekada Miha, Fathollahi Vahid</p>
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek helper
3. COBISS ID	26062631 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO Vpliv sevanja gama na modelske steklene materiale za spravilo srednje- in visoko-radioaktivnih materialov v UK
Opis	<p>ANG The effects of [gamma]-radiation on model vitreous wastefoms intended for the disposal of intermediate and high level radioactive wastes in the United Kingdom</p> <p>SLO Študirali smo vpliv sevanja gama na modelske steklene materiale, ki so, oziroma bi jih lahko uporabljali za imobilizacijo srednje in visokoradioaktivnih odpadkov. Ugotovili smo, da obsevanje teh materialov, tudi z najvišjimi dozami, ki smo jih uporabili (8 Mgy), nima bistvenega efekta na mehanske lastnosti modelskih materialov, rezultati FTIR in Ramanske spektroskopije pa kažejo, da zaradi sevanja v steklih ne pride do bistvenih direktnih poškodb silicijeve mreže. Majhen efekt sevanja pojasnimo s prezenco multivalentnih ionov v steklu, še posebej Fe, ki preko redox mehanizma Fe²⁺-Fe³⁺ anihilira pare elektron-vrzel, ki se pojavijo zaradi absorpcije gama žarkov v materialu. Redukcijo materiala zaradi obsevanja pokažejo tudi rezultati meritev XANES in XES na robu K za žveplo.</p> <p>ANG The effect of γ-radiation on a variety of model vitreous wastefoms applied to, or conceived for, immobilisation of UK intermediate and high level radioactive wastes was studied up to a dose of 8 MGy. It was determined that γ-irradiation up to this dose had no significant effect upon the mechanical properties of the wastefoms and there was no evidence of residual structural defects. FTIR and Raman spectroscopy showed no</p>

Znanstveni dosežek	
	evidence of radiation directly affecting the silicate network of the glasses. The negligible impact of this γ-irradiation dose on the physical properties of the glass was attributed to the presence of multivalent ions, particularly Fe, and a mechanism by which the electron-hole pairs generated by γ-irradiation were annihilated by the Fe^{2+}-Fe^{3+} redox mechanism. However, reduction of sulphur species in response to γ-radiation was demonstrated by S K-edge XANES and XES data.
Objavljeno v	North-Holland; Journal of nuclear materials; 2012; Vol. 429, no. 1/3; str. 353-367; Impact Factor: 2.052; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.684; A": 1; A': 1; Avtorji / Authors: McGann O. J., Bingham P. A., Hand R. J., Gandy A. S., Kavčič Matjaž, Žitnik Matjaž, Bučar Klemen, Edge R., Hyatt N. C.
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek helper
4. COBISS ID	4863514 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO Silikatni nanodelci, funkcionalizirani z manganom kot katalizatorji tipa fenton za čiščenje vode preko naprednih oksidacijskih procesov (AOP)
	ANG Manganese functionalized silicate nanoparticles as a fenton-type catalyst for water purification by advanced oxidation processes (AOP)
Opis	SLO Mokra katalitična oksidacija z vodikovim peroksidom (WHPCO) je eden od uporabnejših industrijskih pristopov k problemu razgradnje organskih polutantov v vodi z uporabo naprednih oksidacijskih procesov (AOPs). Pokažemo, da silikatni nanodelci, funkcionalizirani z manganom, s svojo poroznostjo delujejo kot superiorni nanokatalizatorji Fentonovega tipa WHPCO, ker lahko razgradijo 80% testnega organskega vzorca v 30 minutah, pri nevtralnem pH in pri sobni temperaturi. Z rentgensko absorpcijsko spektrometrijo pokažemo, da sledi superiorna aktivnost iz vgrajenega mangana, ki uspešno razgradi H_2O_2 na reaktivne hydroxile, vendar, drugače kot nanodelci Mn_3O_4 ali Mn_2O_3, ne promovira hkratne razgradnje vodikovega peroksida. Predstavljeni material torej vpelje novo družino Fentonovih nanokatalizatorjev, ki je okoljsko prijazna, poceni in se odlikuje s superiorno učinkovitostjo za razgradnjo H_2O_2 v reaktivne hidroksile, ki nato zlahka razgrajujejo organske polutante, raztopljene v vodi.
	ANG Wet hydrogen peroxide catalytic oxidation (WHPCO) is one of the most important industrially applicable advanced oxidation processes (AOPs) for the decomposition of organic pollutants in water. It is demonstrated that manganese functionalized silicate nanoparticles with interparticle porosity act as a superior Fenton-type nanocatalyst in WHPCO as they can decompose 80% of a test organic compound in 30 minutes at neutral pH and room temperature. By using X-ray absorption spectroscopic techniques it is also shown that the superior activity of the nanocatalyst can be attributed uniquely to framework manganese, which decomposes H_2O_2 to reactive hydroxyls and, unlike manganese in Mn_3O_4 or Mn_2O_3 nanoparticles, does not promote the simultaneous decomposition of hydrogen peroxide. The presented material thus introduces a new family of Fenton nanocatalysts, which are environmentally friendly, cost-effective, and possess superior efficiency for the decomposition of H_2O_2 to reactive hydroxyls (AOP), which in turn readily decompose organic pollutants dissolved in water.
Objavljeno v	Wiley Interscience; Advanced functional materials; 2012; Vol. 22, issue 4; str. 820-826; Impact Factor: 10.179; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.27; A": 1; A': 1; Avtorji / Authors: Novak Tušar Nataša, Maučec Darja, Rangus Mojca, Arčon Iztok, Mazaj Matjaž, Cotman

Znanstveni dosežek	
Magda, Pintar Albin, Kaučič Venčeslav	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek helper
5. COBISS ID	25706535 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO Zasnova in delovne karakteristike visokoločljivostnega spektrometra za nežne rentgenske žarke z ukrivljenim kristalom.
	ANG Design and performance of a versatile curved-crystal spectrometer for high-resolution spectroscopy in the tender x-ray range
Opis	SLO Konstruirali smo visokoločljivostni spektrometer za rentgenske žarke z energijami od 2-6 keV, ki je cel postavljen v vakuum in dosega ločljivost, ki je pod naravno razpadno širino notranjih vrzeli. Spektrometer je zasnovan za merjenje emisij rentgenskih žarkov pri vzbujanju plinastih in trdnih tarč z rentgensko svetlobo in ionskimi žarki. Dobro fokusacijo dosega tudi pri relativno veliki tarči, ko je ta postavljena znotraj Rowlandovega kroga. Spektre zbira s pozicijsko občutljivim detektorjem rentgenskih žarkov, ki se sipljejo na ukrivljenem kristalu. Njegova kompaktna zasnova omogoča relativno enostavno instalacijo spektrometra na žarkovne linije pospeševalnikov in sinhrotronov. Članek predstavlja glavne značilnosti spektrometra in ilustrira njegove možnosti s predstavitvijo izbranih eksperimentalnih primerov.
	ANG A complete in-vacuum curved-crystal x-ray emission spectrometer in Johansson geometry has been constructed for a 2-6 keV energy range with sub natural line-width energy resolution. The spectrometer is designed to measure x-ray emission induced by photon and charged particle impact on solid and gaseous targets. It works with a relatively large x-ray source placed inside the Rowland circle and employs position sensitive detection of diffracted x-rays. Its compact modular design enables fast and easy installation at a synchrotron or particle accelerator beamline. The paper presents main characteristics of the spectrometer and illustrates its capabilities by showing few selected experimental examples.
Objavljeno v	American Institute of Physics.; Review of scientific instruments; 2012; Vol. 83, no. 3; str. 033113-1-033113-8; Impact Factor: 1.367; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.379; Avtorji / Authors: Kavčič Matjaž, Budnar Miloš, Mühleisen Artur, Gasser Franc, Žitnik Matjaž, Bučar Klemen, Bohinc Rok
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek helper

Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati programske skupine v letu 7. 2012⁶

Družbeno-ekonomski dosežek	
1. COBISS ID	25615911 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO Lokalizacija in kvantifikacija svinca in hranil v <i>Typha latifolia</i> z metodo mikro-PIXE
	ANG Localization and quantification of Pb and nutrients in <i>Typha latifolia</i> by micro-PIXE
Opis	SLO <i>Typha latifolia</i> je rastlina, ki se včasih uporablja za remediacijo okolja. V tem delu posebej raziskujemo akumulacijo, lokalizacijo in porazdelitev svinca ter mineralnih hranil v koreninskem sistemu in listih te rastline, ki smo jo vzgojili v lončkih pri koncentracijah svinca 0, 50, 100 in 250 mM.

Družbeno-ekonomski dosežek

Rezultati nakazujejo, da svinec v koreninah tvori komplekse s spojinami fosforja in žvepla, ki lahko predstavljajo tudi vezavna mesta za cink. Zaradi svojega razvejanega koreninskega sistema z veliko površino, na katero se v glavnem veže svinec, bi lahko *Typha latifolia* potencialno uporabili za fitoremediacijo zemlje in voda s (pre)visoko vsebnostjo svinca.

ANG *Typha latifolia* is a plant species widely used for phytoremediation. Accumulation, localization and distribution of Pb and mineral nutrients were investigated in roots, rhizomes and leaves of *Typha latifolia* grown at 0, 50, 100 and 250 mM Pb concentrations in a pot experiment under controlled conditions. Bulk elemental concentrations were determined by X-ray fluorescence (XRF) spectroscopy whereas micro-proton-induced X-ray emission (micro-PIXE) was used for element localization in root and rhizome tissues. Gradual increase in bulk Pb concentrations was observed in *Typha latifolia* roots and rhizomes treated with increasing Pb concentrations, however in rhizomes Pb concentrations were an order of magnitude lower than in roots. In leaves Pb concentrations were around the limit of detection for XRF (B20 mg g⁻¹). An increase in concentration of K and Ca in roots, rhizomes and leaves, of iron and zinc in roots and leaves, and of Mn in rhizomes was observed either at 50 and/or 100 mM Pb treatments, whereas for K and Ca in roots, rhizomes and leaves, Fe and Zn in roots and leaves and Mn in rhizomes, or at 250 mM Pb treatment the increase was seen for concentrations of Fe and Zn in rhizomes and Cu in roots. Mn concentrations decreased with Pb treatments in roots and leaves. Element localization using micro-PIXE analysis demonstrated Pb accumulation in epidermal and cortical tissues of treated roots and rhizomes, while in endodermis and vascular tissues Pb was not detected. A displacement of Ca from epidermal to cortical tissues was observed in Pb treated roots and rhizomes, pointing to cell wall immobilization of Pb as one of the tolerance mechanisms in *Typha latifolia*. High level of colocalization of Pb with P ($r = 0.60$), S ($r = 0.37$) and Zn ($r = 0.70$) was observed in Pb treated roots, while in rhizomes colocalization with the mentioned elements was still positive, but not that prominent. These results indicate that Pb may form complexes with phosphorus and sulfur compounds in roots and rhizomes, which may also represent attraction sites for binding Zn. Because of its large root and rhizome surface area acting as main sites for Pb adsorption, *Typha latifolia* may represent potentially efficient plant species for phytoremediation of Pb contaminated soils and waters.

Šifra

F.02 Pridobitev novih znanstvenih spoznanj

Objavljeno v

Royal Society of Chemistry; Metallomics; 2012; Vol. 2012, issue 4; str. 333-341; Impact Factor: 3.902; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 3.739; WoS: CQ; Avtorji / Authors: Lyubenova Lyudmila, Pongrac Paula, Vogel-Mikuš Katarina, Kukec Mezek Gašper, Vavpetič Primož, Vavpetič Primož, Grlj Nataša, Kump Peter, Nečemer Marijan, Regvar Marjana, Pelicon Primož, Schröder Peter

Tipologija

1.01 Izvirni znanstveni članek

2. COBISS ID

25703975

Vir: COBISS.SI

Naslov **SLO**

Emisije ubežnega prahu iz odprtih deponij premoga, železove rude in glinice

ANG

Fugitive dust emissions from a coal-, iron ore- and hydrated alumina stockpile

Družbeno-ekonomski dosežek	
Opis	<p>SLO Merili smo časovno odvisnost izgube mase ter emisij PM10 in črnega ogljika ob izpostavitvi testne površine zračnemu toku s hitrostjo 1-18 m/s. Določili smo mejne hitrosti vetra za štiri različne velikostne frakcije premoga in za tri frakcije železove rude, ki so spravljene na terminalu za razsuti tovor v Luki Koper ter za glinico, ki je ob izpostavitvi močan vir prašenja. Isto postavitev smo uporabili še za meritve učinka vlaženja najfinejše suhe frakcije premoga. Analiza je pokazala, da so izmerjene mejne hitrosti v skladu shemo Greley-Iversen in da mejne hitrosti za mešan vzorec ne moremo dobiti z enostavnim uteževanjem rezultatov za različne frakcije. Vlaženje s hitrostjo 1 l/m²/h zmanjša prašenje fine frakcije za faktor 100. Kupe železove rude imobiliziramo že z enkratnim vlaženjem, ki po sušenju privede do formiranja trdne skorje na površini. Pridobljene podatke bi lahko s pridom uporabili pri modeliranju odnašanja prahu iz terminala za razsuti tovor v Luki Koper.</p> <p>ANG Time dependence of mass loss from the test surface was measured together with concentrations of inhalable particulate matter (PM10) and black carbon (BC) in the vicinity of the test surface for wind velocities ranging from 1 - 18 m/s at 0.20 m above the centre of the test surface. Threshold wind velocities $u_{.20}$ were measured for four different size fractions of coal and for three different fractions of iron ore stored at the terminal, and for hydrated alumina - a strong dust emitter. The same set up was employed to study the suppression of dust emitted by the finest coal fraction ($d < 3 \mu\text{m}$) upon watering of the dry test surface. By CFD modelling the similarity of our size limited test track was examined with respect to a flat terrain situation. The analysis shows that measured wind velocity thresholds for different fractions are consistent with the predictions of the Greley-Iversen scheme. Although the dusting potential of the non-fractioned (realistic) coal sample reflects dusting potentials of its fractions, measurements show that the former cannot be estimated simply by a weighted average of different fractions. Watering (1.0 l/m²/h) of the coal surface reduced the mass outflow by one hundred times with respect to the dry coal surface when $u_{.20} = 11.3 \text{ m/s}$. Alternatively, stabilisation of the iron ore surface can be achieved by a single act of watering; upon drying agglomeration of hematite particles occurs and a firm crust forms on the surface strongly reducing further dusting.</p>
Šifra	F.01 Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin
Objavljeno v	InTech; Air pollution - monitoring, modelling and health; 2012; Str. 197-222; Avtorji / Authors: Topič Nebojša, Žitnik Matjaž
Tipologija	1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji helper
3. COBISS ID	[] Vir: vpis v poročilo
Naslov	SLO Večfotonske vzbuditve helijevih dvojno vzbujenih stanj
	ANG Multi-photon excitation of He doubly excited states
Opis	<p>SLO "Večfotonske vzbuditve helijevih dvojno vzbujenih stanj" je naslov predloga za eksperiment, ki smo ga poslali na 1. mednarodni razpis poskusov, ki se bodo izvedli leta 2013 na novem laserju na proste elektrone FERMI. FERMI je prvi popolnoma nastavljeni (energija, polarizacija) FEL vir na svetu, kjer gostota svetlobnega toka v fokusu žarka dosega izjemnih 10^{14} W/cm^2 na energijskem področju VUV. Naš raziskovalni predlog, ki smo ga sestavili na podlagi mnogih predhodnih izkušenj s poskusi in računi za atom helija, je bil sprejet. S tem si je (mednarodna) raziskovalna skupina v letu 2013 zagotovila merilni čas na eni od trenutno treh žarkovnih linij FERMI-ja (LDM: Low Density Matter).</p>

Družbeno-ekonomski dosežek	
	"Multi-photon excitation of He doubly excited states" is the title of our proposal to perform an experiment at a new free-electron-laser facility FERMI that was submitted on the occasion of the first international call for experiments. FERMI is the first fully tunable FEL light source reaching extremely high power densities of several 10^{14} W/cm ² in the VUV energy region. The proposal, that was written on the basis of our previous extensive experience with the metastable helium experiments was accepted granting the (international) group (PI is dr. M. Žitnik) an access to the LDM experimental station at the beginning of 2013.
Šifra	D.01 Vodenje/koordiniranje (mednarodnih in domačih) projektov
Objavljeno v	Elektronska prijava poskusa na http://www.elettra.trieste.it/vuo/
Tipologija	2.13 Elaborat, predštudija, študija helper
4. COBISS ID []	Vir: vpis v poročilo
Naslov	SLO Pridobitev doktorske štipendije Marie Curie za obdobje treh let
	ANG Marie Curie PhD Scholarship
Opis	SLO V letu 2012 smo pridobili in razpisali MC štipendijo za doktorski študij v Sloveniji, ki bo trajal 3 leta. V ospredju bo razvoj rentgenskega spektrometra z dobro energijsko ločljivostjo in dobrim izkoristkom, naprava bo uporabljala polikapilarno optiko in bo po lastnostih nekje vmes med polvodniškimi (SiLi) spektrometrom in kristalnim spektrometrom na ukrivljeni kristal.
	ANG In 2012 we have obtained an opportunity to open a 3-year MC PhD post in our research programme. The candidate will be dealing with development of the x-ray spectrometer with a medium spectral resolution and efficiency. The design is based on the use of the polycapillary lens coupled to the flat crystal and its expected characteristics are somewhere between the semiconductor (SiLi) and curved crystal spectrometer.
Šifra	D.08 Upravljanje in razvoj raziskovalnega dela
Objavljeno v	http://ec.europa.eu/euraxess/index.cfm/jobs/jobDetails/33841187
Tipologija	2.14 Projektna dokumentacija (idejni projekt, izvedbeni projekt) helper
5. COBISS ID []	Vir: vpis v poročilo
Naslov	SLO V letu 2012 so člani programske skupine sodelovali pri pripravi, izvedbi in analizi poskusov na 8 različnih sinhrotronih po svetu.
	ANG The members of the research programme have collaborated in preparation, execution and analysis of experiments at 8 different synchrotron facilities around the world.
Opis	SLO Dosežek kaže, da je v raziskovalnem programu zbrana kritična masa raziskovalcev, ki obvladajo eksperimentalne tehnike s sinhrotronsko svetlobo in ki (lahko) zadostijo vedno večjim potrebam domačih (in tujih) raziskovalnih skupin po naprednih analitičnih tehnikah (lastnosti novih materialov, rastlinska tkiva), tako da svetujejo in v končni fazi organizirajo realno izvedbo sinhrotronskih meritev na njihovih vzorcih.
	ANG This achievement demonstrates the existence of the critical mass of researchers in the programme that know the experimental techniques at synchrotrons very well so that they (can) fulfil the growing needs of other domestic (foreign) research groups in the need of such techniques (understanding behavior of new materials, functioning of plant tissues) to reach the synchrotron beamlines and actually perform the experiments there.

Družbeno-ekonomski dosežek	
Šifra	F.03 Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja
Objavljeno v	tem poročilu.
Tipologija	3.25 Druga izvedena dela helper

8. Drugi pomembni rezultati programske skupine v letu 2012⁷

- Uspešna montaža novega ionskega izvora z večjo svetlostjo na pospeševalniku Tandetron.
- Ugotovitev, da pri poškodovanem volframu (obstreljevanje z ioni W) lahko vstopi vodik tudi globoko v notranjost materiala. To je pomembno pri načrtovanju in pametni zasnovi sten fuzijskega reaktorja in sproža nove raziskave.
- Prvi računi absorpcijskih presekov in emisije v preprostih molekulah. Eksperimentalni in teoretični študij molekularne dinamike je ena od prioritet programa na nivoju osnovne znanosti.
- Prvi rezultati pri postavljanju tehnike TOF-SIMS na žarkovno linijo z ionskim mikrožarkom. Razvoj te metode bo omogočil mapiranje tkiv in drugih vzorcev s kemijsko občutljivostjo.
- montaža pozicijsko občutljivega detektorja (delay line) na izhodni ravnini elektronskega spektrometra. Ta novost omogoča bistveno bolj učinkovite meritve ionov in elektronov v koincidencah.
- Preboj pri interpretaciji eksperimentalnih rezultatov, kjer smo opazovali Starkova izogibaljšča z merjenjem pridelka metastabilnih atomov helija v odvisnosti od jakoti električnega polja. Dodatne, doslej nepojasnjene izjemno ostre črte so posledica naključne prisotnosti magnetnega polja! V prihodnosti načrtujemo sistematično raziskavo tega efekta.

9. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov v letu 9. 2012⁸

9.1. Diplome v letu 2012⁹

vrsta usposabljanja	število diplom
bolonjski program - I. stopnja	2
bolonjski program - II. stopnja	1
univerzitetni (stari) program	4

9.2. Magisterij znanosti in doktorat znanosti v letu 2012¹⁰

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	MR
290541	Nataša Grlj	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
295151	Gregor Kladnik	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/> helper

Legenda:

Mag. - Znanstveni magisterij

Dr. - Doktorat znanosti

MR - mladi raziskovalec

Pretok mladih raziskovalcev – zaposlitev po zaključenem usposabljanju v 10. letu 2012¹¹

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	Zaposlitev
290541	Nataša Grlj	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	[C - Gospodarstvo \]
295151	Gregor Kladnik	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	[D - Javni zavod \] helper

Legenda zaposlitev:

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

Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, 11. podoktorandov ter študentov iz tujine, daljše od enega meseca, v letu 2012

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Sodelovanje v programski skupini	Število mesecev
0 0	Luis Miguel Rodriguez	[D - podoktorand iz tujine \]	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

Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v letu 2012¹²

SLO

Projekti v okviru Slovenske fuzijske asociacije (SFA – Asociacija EURATOM-MŠZKS):

1.4.3-FU “Uporaba metod s pospešenimi ioni pri študiju interakcije plazme in sten v tokamakih.“, doc.dr. Primož Pelicon

1.4.1-FU “Interakcija vodika in devterija s stenami.“, dr. Iztok Čadež

Support of public and industrial research using ion beam technology (SPIRIT)

7. FP EU: JSI = WP4.4 (<http://www.spirit-ion.eu>), doc.dr. Primož Pelicon

Bilateralna Slovenija- Komisariat za alternativne energije in atomsko energijo Republike Francije (CEA):

Q2-0004 / 1000-11-340004: “Meritve in kontrola koncentracije devterija v fuzijskih materialih.“, doc. dr. Primož Pelicon

Bilateralna Italija-Slovenija: BI-IT/11-13-011: “Dinamika na nanometerski skali.“

doc.dr. M. Žitnik (projekt je uradno posebnega pomena za Italijo).

COST akcija CM0805 "Kemično vesolje: razumevanje kemije v astronomskem okolju.", doc.dr. Iztok Čadež

Meritve na sinhrotronih v letu 2012:

Naši raziskovalci so bodisi prijavitelji meritve ali pri meritvi uradno sodelujejo.

ELETTRA (Trst) 2012:

- 1) Proj. ID 20120091: "Intra- and Inter-channel exchange interference in (gamma,2e) angular distribution mediated by Ar2p, Kr3d and Xe4d hole."
- 2) Proj. ID: 20115273: "Understanding Gold-Carbon Covalent Bonds Created Using Trimethyltin Terminated Molecules."
- 3) Proj. ID: 20120173: "Local co-ordination of Si atoms in graphene-like two-dimensional silicon sheets."
- 4) Proj. ID: 20120267: "Interplay between the TiO₂(110) Defect States and overlayers of perylene-derivative acceptors."
- 5) Proj. ID: 20115112: "Speciation and ligand environment of mercury in roots of mycorrhizal and non-mycorrhizal plants."
- 6) Proj. ID: 20120044: "In situ XAS studies on Li-sulfur batteries."

PETRA (Hamburg) 2012:

- 1) Proj. ID 20110509: "In-situ NRS mapping of iron based composite electrode materials for Li-ion batteries."

HASYLAB-DESY (Hamburg) 2012:

- 1) Proj. ID 20110082: "In-situ XAS analysis of electrode materials for Li-ion and Na-ion rechargeable batteries and catalysts based on porous silicates."
- 2) Proj. ID 20110511: "Studies of thiol mediated cadmium and mercury uptake in plants for enhancing phytoextraction efficiency."

MAXLAB (Lund) 2012:

- 1) Proj. ID 20120085: "The study of Electronic structure and decay dynamics of hydrochlorocarbons by valence and Cl L-shell Photoexcitation and Ionization."

SOLEIL (Pariz) 2012:

- 1) Proj. ID: 20110875: "Multidimensional photoelectron spectroscopy with Hermes experiment: Studies of 2 site core double ionization in benzene, C₂H_n and C₃H_n compounds."

ESRF (Grenoble) 2012:

- 1) Proj. ID: EC-968: "Depicting the role of externally supplied organic sulphur compounds in Cd uptake, translocation, accumulation and detoxification in Cd hyperaccumulating and non-accumulating plants."

SLS (Villingen) 2012:

- 1) Proj. ID: 20110240: "Electronic structure of nanomagnets studied with 1s RIXS."

SSRL (Stanford) 2012:

- 1) Proj. ID: 3669A: "Studying atomic multielectronic processes through x-ray emission and resonant inelastic x-ray scattering."

Vključenost v projekte za uporabnike, ki v letu 2012 potekali izven

13. financiranja ARRS¹³

SLO

Ocena tehnološke zrelosti rezultatov programa in možnosti za njihovo

implementacijo v praksi (točka ni namenjena raziskovalnim programom s

14. področij humanističnih ved)¹⁴

SLO

Program je tehnološko zrel s stališča izvajanja analitike, ki je potrebna za napredne raziskave novih in obstoječih materialov in drugih vzorcev bodisi z ionskim žarkom, kjer je poudarek na elementnem mapiranju rastlinskih tkiv in profiliranju fuzijsko zanimivih materialov, ali na sinhrotronih, kjer so pogosto potrebne analize kemijskih okolic z absorpcijo in emisijo rentgenskih žarkov.

Ocenite, ali bi doseženi rezultati v okviru programa lahko vodili do

ustanovitve spin-off podjetja, kolikšen finančni vložek bi zahteval ta korak

15. ter kakšno infrastrukturo in opremo bi potrebovali

možnost ustanovitve spin-off podjetja	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
potrebni finančni vložek	300.000 Eur
ocena potrebne infrastrukture in opreme ¹⁵	Prenosni vzorčevalniki, testna oprema in kalibracijski poskusi

16. Izjemni dosežek v letu 2012¹⁶

16.1. Izjemni znanstveni dosežek v letu 2012

Dosežek na področju večelektronskih procesov v molekulah. Opazovanje "verižnega" sipanja fotoelektrona na lokaliziranih notranjih (K) lupinah atomov v molekuli. Izberemo, iz katerega atoma v molekuli izvira fotoelektron in vzdolž katere vezi v molekuli potuje do sosednjega atoma. Detekcija redkih dogodkov, pri katerih v koincidenzi detektiramo še sekundarni fotoelektron ter druge (Augerjeve) elektrone, poteka praktično brez ozadja in jo učinkovito izvedemo s spektrometrom za elektrone - magnetno steklenico. Rezultati kažejo na dosti večjo kemijsko občutljivost v takih spektrih glede na običajne fotoelektronske spektre (XPS), recimo, z lahkoto ločimo molekule C₂H₂, C₂H₄ in C₂H₆. Pri tem sodelujemo s mednarodno skupino raziskovalcev iz Laboratorija LCPMR na Univerzi P&M Curie v Parizu, in sicer pri poskusih (zajem podatkov) ter pri modeliranju spektrov. Dosedaj smo na to temo objavili 3 članke v Physical Review Letters (dva v 2011, en je sprejet v objavo 2013).

16.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek v letu 2012

**ZAKLJUČNA POROČILA O REZULTATIH RAZISKOVALNIH PROGRAMOV
ZA LETA 2009 - 2012**

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

Šifra programa	P2-0190
Naslov programa	Napredni koncepti menedžmenta proizvodnje in dimenzionalnega meroslovja
Vodja programa	6673 Bojan Ačko
Obseg raziskovalnih ur	10200
Cenovni razred	B
Trajanje programa	01.2009 - 12.2012
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

2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS¹

Šifra	2.03
- Veda	2 Tehniške in tehnološke vede
- Področje	2.03 Mehanika

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

3. Povzetek raziskovalnega programa²

SLO

Raziskovalni program-Napredni koncepti menedžmenta proizvodnje in dimenzionalnega meroslovja-ostaja s svojimi vsebinami in rezultati za slovensko gospodarstvo izjemno pomemben program. Področje proizvodnega oziroma inženirskega menedžmenta kot izrazito interdisciplinarno področje je ključnega pomena za dviginovativnosti v naših podjetjih, saj se ukvarja z razvojem novih izdelkov in storitev, organizacijskimi in tehničnimi inovacijami ter menedžmentom proizvodnje. Slovenska podjetja imajo ogromno rezerv pri organizaciji svojih tehniških in poslovnih procesov; znanja, ki jih bodo pridobila, pa bodo neposrednodvignila dodano vrednost njihovih izdelkov. Raziskovanje na interdisciplinarnih področjih, kjer prihaja do prekrivanja vsebin tehničnih in organizacijskih ved, omogoča večjo fleksibilnost pri prilagajanju spremembam v poslovnem okolju, zagotavlja celovito

razumevanje delovanja proizvodnih sistemov, tako s statičnega kot dinamičnega vidika, in doseganje konkurenčne prednosti proizvodnih in tehnično usmerjenih storitvenih podjetij. Projektni menedžment postaja vodilno menedžersko orodje v podjetjih in drugih organizacijah. Le z dobro planiranimi in izvedenimi projekti lahko dvigamo konkurenčnost podjetij in celotnega gospodarstva, hkrati pa izvajamo strategije in črpamo denar iz evropskih skladov. V času prehoda v svet nanotehnologij pa postaja tudi področje meroslovja eno izmed ključnih področij pri razvoju novih izdelkov in tehnologij. Dimenzionalna metrologija – v programu so tri glavna področja raziskav: vpeljava in uporaba primarnega etalona za dolžino (laserski etalon frekvence), kalibracije na koordinatnem merilnem stroju ob uporabi laserskega interferometra in akreditacija kalibracijskih postopkov ter razvoj in izdelava 3D etalonov in postopkov za kalibracijo optičnih skenirnih 3D merilnih naprav.

ANG

Research programme Advanced concepts in production management and dimensional metrology is still with its content and results very important programme for Slovenian economy. The production management and industrial management as two extremely interdisciplinary areas are essential to raise innovation level in Slovenian companies, since both areas deal with new product and services development, technical and organisational innovation and management of production. Slovenian companies have many reserves in organising their technical and business processes. With the knowledge from production management area they will have the possibility to improve added value of their products. Research in the inter-disciplinary area, where technical and organisation aspect intertwine, enables higher flexibility with adapting to changes in business environment, ensures holistic understanding of production systems performance from static and dynamic point of view, as well as achieving competitive advantage of manufacturing and technically oriented service companies. Project management is becoming prevalent managerial tool in companies and other organisations. Only with carefully planned and effectively implemented projects we will be able to improve companies' and national competitiveness level, implement strategies and raise money form European financial funds. At the same time we are approaching nanotechnology period, where metrology will have one of the leading roles in the development of new products and technologies. Dimensional metrology – the programme consists of three main research fields: introducing and applying primary standard of length (laser frequency standard), calibration on a coordinate measuring machine (CMM) by using laser interferometer and accreditation of calibration procedures, as well as development and production of 3D standards and procedures for calibrating optical 3D scanners.

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem programu³

SLO

Proizvodni menedžment:
V letu 2009 smo izvedli anketno raziskavo o proizvodni dejavnosti v SLO proizvodnih podjetjih, kjer smo spraševali 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 ...). Rezultati: proizvodna podjetja nadpovprečno sodelujejo, zaostajajo pri tehniških in organizacijskih inovativnih konceptih, energijsko učinkovite tehnologije ugodno vplivajo na ekološko učinkovitost, slabo na finančno.
V SLO podjetjih smo izvedli anketno raziskavo o stanju vitke proizvodnje in 6 sigme. Izvedena raziskava je prva obsežnejša raziskava na tem področju v Sloveniji. Rezultati raziskave v glavnem kažejo na to, da so posamezna orodja vitke proizvodnje prisotna v naših podjetjih. Vendar, glede na razpršenost odgovorov pri negativnih trditvah, koncept vitke proizvodnje v naših podjetjih še ni popolnoma sprejet oz. še ni prisoten v takšnem obsegu, da bi se njegovih prednosti in koristi zavedali vsi zaposleni.
Z odprtostjo trgov in ob kriznih turbulencah so podjetja izpostavljena večji konkurenci, kar zahteva še večjo inženirsko, ekonomsko in tehnološko učinkovitost, prožnost, kakovost, inovativnost, raznolikost izdelkov in hitro dobavo. Raziskava trendov povzema osnovne ugotovitve oz. značilnosti: poudarek je na razvoju trajnostnih oblik proizvodnje, kjer so ključni dejavniki varnost, zanesljivost, časovni in stroškovni prihranki, inovativnost, povečana korist in višja kakovost življenja. Na področju inženirskih aplikacij in upravljanja s tehnologijami smo v raziskavi (z objavo v SCI reviji) preučevali možnosti uporabe umetne inteligence, konkretno evolucijskih algoritmov pri modeliranju preoblikovalnih procesov s ciljem določanja napetosti tečenja.
Razvili smo večparametrski model napovedovanja sprejemljivosti izdelka na trgu, kar pomeni, da lahko z modelom in s poznavanjem značilnosti trenda zajamemo in predvidimo oblike izdelkov, še preden se tržišče tega zave. Tovrstno napovedovanje razvoja je lahko odločilna strateška prednost podjetja.
V SLO je odstotek zelo izobraženih strokovnjakov nad evropskim povprečjem, razpoložljiva

finančna sredstva za razvoj novih izdelkov (NPD) in storitev pa pod njim. Visoko izobražena delovna sila je pomemben dejavnik pri izboljšanju učinkovitosti NPD s pomočjo uporabe metod inovacijskega managementa (IMT). V raziskavi smo se osredotočili na uporabo sledečih metod pri razvoju novih izdelkov v slovenskih podjetjih: conjoint analiza, drevo napak (FTA), analiza možnih napak in njihovih vzrokov (FMEA), razvoj funkcij kakovosti (QFD), vrednostna analiza, metoda ciljnih stroškov, statistična procesna kontrola, teorija inventivnega reševanja problemov (TRIZ) in delfi metoda, in statistično načrtovanje preizkusov (DoE). Rezultati raziskave kažejo, da ima velik delež slovenskih podjetij še rezerve v povečanju učinkovitosti inovacijskih procesov z uporabo metod inovacijskega managementa.

V okviru leta inovativnosti in ustvarjalnosti smo pristopili k raziskavi in razvoju orodja za določitev inovacijske moči organizacije. Inovacijsko moč smo definirali z določitvijo inovacijskih kompetenc organizacije ter njenih zaposlenih (ovrednotili smo management, kulturo in znanje) in inovacijskim potencialom organizacije, kjer smo merili finance, tehnologijo in trg.

Razvoj in uvajanje naprednih konceptov menedžmenta povezuje strateški, inovacijski in projektni menedžment. Naše raziskovalna hipoteza pravi, da za uspešen razvoj naprednih konceptov proizvodnega menedžmenta mora biti vzpostavljena povezanost med strateškim ter inovacijskim in projektnim menedžmentom, kar zahteva ustrezne procesne in organizacijske rešitve, ki močno vplivajo na organizacijo procesov razvoja podjetja in menedžmenta nasploh. V raziskavi smo raziskali še značilnosti in delovanje ustvarjalnega okolja v inovacijskem procesu, usmerjenem v razvoj novih izdelkov ali storitev. Ugotovili smo, da mora biti inovacijski menedžment pri razvoju in uvajanju nekega razvojnega področja povezan s strateškim in projektnim menedžmentom, in da se mora vključevati v proces projektnega izvajanja strategij. Raziskava pomembno prispeva k oblikovanju koncepta razvoja novih izdelkov na osnovi več faznega modela in daje osnovo za nadaljnje vključevanje ustvarjalnosti v inovacijske procese.

Meroslovje:

- Zaključene so teoretične raziskave laserskega sevanja, vplivov na spremembe frekvence laserskega interferometra (LI) in vplivov okolice na valovno dolžino
- Izdelan je bil model za vrednotenje negotovosti kalibracije laserskih frekvenc.
- V sodelovanju z Univerzo v Wroclavu in proizvajalcem Lasertex smo izpopolnili algoritem za merjenje frekvenc LI. V sistem smo vključili frekvenčni analizator
- Dokončana je bila mednarodna interkomparacija CCL-K11, primarni etalon dolžine v LTM (slovenski nacionalni etalon) ustreza vsem zahtevam BIPM in omogoča kalibracije LI na najvišjem meroslovnem nivoju (mise-en-pratique)
- Izdelan je bil matematični model meritve na koordinatni merilni napravi (KMN) z uporabo LI (sistem KMN-LI), ovrednotena merilna negotovost za kalibracije zunanjih in notranjih dimenzij
- Izdelan, validiran in akreditiran je bil postopek umerjanja razdalj, premerov in stopničastih meril na integriranem sistemu KMN-LI
- KMN-LI je bil dopolnjen z naprednimi pozicionirnimi sistemi za lasersko optiko. Ovrednoten je bil merilni algoritem za merjenje krožnosti. Izvedena je bila vrsta eksperimentalnih meritev, tudi na mednarodnih etaloni. Izdelan in preskušen je bil algoritem za sočasno zajemanje podatkov z LI in KMN
- Izdelana sta bila dva etalona ter postopek (vključno z ovrednotenjem merilne negotovosti) za kalibracijo optičnih KMN
- Etalona za optične 3D naprave (2010) sta bila testirana v mednarodni medlaboratorijski primerjavi. Ovrednotena je bila tudi stabilnost v obdobju 1 leta

5. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem programu in zastavljenih raziskovalnih ciljev⁴

SLO

Zastavljene raziskovalne cilje raziskovalnega programa Napredni koncepti menedžmenta proizvodnje in dimenzionalnega meroslovja smo 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.

Uspešnost našega raziskovalnega programa se je še posebej povečala v obdobju 2009-2012, ko smo izdatno povečali število citatov naših objav, objavljenih znanstvenih člankov v uglednih revijah, poglavij v znanstvenih monografijah, izdali pa smo tudi 3 znanstvene monografije pri mednarodni založbi. Kot avtorji oz. soavtorji smo objavili 50 izvirnih znanstvenih člankov (25 v SCI revijah) ter 20 samostojnih poglavij v

znanstvenih monografijah. Skupno normirano število citatov članov za zadnjih 10 let je 712 oz. preko 70 na člana. Točkovanje v okviru vrednotenja bibliografskih kazalcev raziskovalne uspešnosti po metodologiji ARRS kaže, da ima v povprečju vsak član našega skupine preko 3,5 točke.

Sodelovali smo v večjem številu mednarodnih raziskovalno-razvojnih projektov ter sočasno povečevali število neposredno izvedenih projektov za industrijo in druga okolja (razvidno iz poročila). Izvajamo praktična usposabljanja v obliki seminarjev ali delavnic v slovenskih proizvodnih podjetjih. Člani našega raziskovalnega programa so aktivni na velikem številu področij kot člani uglednih mednarodnih združenj, uredniki domačih in mednarodnih znanstvenih revij, vabljeni predavatelji na tujih univerzah, certificirani projektni menedžerji, nacionalni presojevalci v okviru programov pridobivanja poklicnih kvalifikacij, ocenjevalci projektov v slovenskih in mednarodnih institucijah, ki pripravljajo razpise za pridobivanje nepovratnih sredstev ipd.

Pomen našega raziskovalnega programa in predvsem njegovih vsebin se kaže tudi v pedagoški odličnosti. Smo koordinator interdisciplinarnega študijskega programa Gospodarsko inženirstvo na Univerzi v Mariboru. Pohvalimo se lahko z izjemno velikim številom diplomskih in magistrskih nalog, ki so bile opravljene pod mentorstvom naših članov. Številke pravijo, da smo v obdobju 2009-2012 opravili 25 mentorstev na študijskih programih 1. stopnje (UNI), 3 mentorstva na študijskih programih 2. stopnje (porast se prične letos, saj študij končuje prva generacija vpisanih študentov) ter 47 mentorstev na starih univerzitetnih programih. K temu je treba dodati še 15 mentorstev pri znanstvenem magisteriju. Povečuje se tudi zanimanje za pripravo doktorskih disertacij v okviru našega programa (trenutno imamo skupaj 6 kandidatov), v obdobju 2009-2012 so bile zaključene tri doktorske naloge.

6. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine⁵

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

Raziskava na področju projektnega in inovacijskega menedžmenta se je izvedla v skladu s postavljenimi končnimi cilji s tem, da smo tekom raziskovanja in oblikovanja aplikacijskih modelov dopolnili cilje in sicer predvsem na povezavi inovacij s procesi oblikovanja strategij in njene projektne izvedbe. Poleg tega smo vključili v poslovne subjekte tudi projektno usmerjena podjetja, kar je uporabnost raziskave samo razširilo.

Kadrovske spremembe:

Programsko skupino je zaradi upokojitve zapustil vodja prof. dr. Andrej Polajnar. Njegove raziskovalne ure so se razporedile na ostale člane raziskovalnega področja proizvodni menedžment, vodenje pa je prevzel prof. dr. Bojan Ačko. Dodatno kadrovske spremembe na področju dimenzionalnega meroslovja (iz skupine je odšel v drugo programsko skupino dr. A. Godina, njegove raziskovalne ure pa smo prenesli na dr. Lucijo Črepinšek Lipuš) utemeljujemo s povečano potrebo po intenzivnosti raziskav na področju laserskih frekvenc ter zmanjšano potrebo po obsegu raziskav na etalonih za optične 3D merilnike (cilji so bili preseženi v letu 2010).

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁶

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	13642518	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Robustni algoritem za določitev sredine črtice v video-pozicionirnem merilnem sistemu
		ANG	Robust algorithm for determining line centre within a video positional measuring system
	Opis	SLO	Članek predstavlja izvirno znanstveno-razvojno delo na področju precizne kalibracije črtnih meril z laserskim interferometrom in video-pozicionirnim sistemom. Jedro prispevka predstavlja algoritem za

		avtomatsko detekcijo sredine merjene črtice, ki je bil v celoti razvit v LTM in realiziran v programskem okolju LabView.
	ANG	The paper presents research into line centre detection using a video positioning system, as part of a measuring system for line scale calibration. In the described approach, the video positioning system processes an image taken by a CCD camera to estimate the position of the observed line's centre. An important part of this research is also an analysis of line scale contamination's influence (scratches, dirt, usage, etc.) on line position determination. The outcome of the research is mathematical models that can be used as a base for developing a positioning algorithm. This algorithm is simple and adaptable to different types of line scales. It also includes a module for increasing the basic scale factor of the positioning as defined by the number of pixels in the CCD sensor, and a module for reducing the influence of contamination on positioning.
	Objavljeno v	Elsevier; Optics and lasers in engineering; 2009; Vol. 47, iss. 11; str. 1131-1138; Impact Factor: 1.262; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.506; WoS: SY; Avtorji / Authors: Družovec Marjan, Ačko Bojan, Godina Andrej, Welzer-Družovec Tatjana
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
2.	COBISS ID	14890262 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Uporaba evolucijskih algoritmov pri modeliranju napetosti tečenja ANG Evolutionary algorithm approaches to modeling of flow stress
	Opis	SLO Za doseganje visoke kakovosti procesov preoblikovanja kovin in popolno funkcionalnost izdelkov moramo čim natančneje določiti lastnosti materiala. V članku je predstavljena uporaba evolucijskih algoritmov pri določitvi napetosti tečenja jekla X22CrNi17. Uporabljeni sta bili dve metodi: genetsko programiranje (GP) in genetski algoritmi (GA). Eksperimentalne podatke smo pridobili s torzijskim preizkusom. Z uporabo GP in GA smo razvili različne modele napovedovanja napetosti tečenja. Za primerjavo smo izvedli tudi standardno regresijsko metodo. Natančnost najboljšega modela smo preverili z dodatnimi meritvami. Primerjava eksperimentalnih podatkov, rezultatov regresijskega modela in dobljenih napovedi jasno kaže, da sta GP in GA ustrezni orodji za reševanje obravnavanih problemov. ANG In order to reach a high quality of the metal forming processes and full functionality of the products, the properties of the material have to be determined as precisely as possible. In this article, the evolutionary algorithms are proposed for the determination of flow stress for steel X22CrNi17. Two evolutionary algorithm methods were used: genetic programming (GP) and genetic algorithms (GA). On the basis of experimental data obtained during torsion test, various different prediction models for the flow stress curve were developed independently by the GP and GA. To make a comparison, the models for flow stress were also developed by standard regression method. Accuracy of the best models was proved with additional measurements. The comparison between the experimental results, regression model results, and the solutions obtained by simulated evolution clearly shows that the GP and GA approaches are very strong evolutionary tools for solving similar problems.
	Objavljeno v	Marcel Dekker; Materials and manufacturing processes; 2011; Vol. 26, iss. 3; str. 501-507; Impact Factor: 1.058; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.993; WoS: IK, PM; Avtorji / Authors: Brezočnik Miran, Buchmeister Borut, Gusel Leo
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	13442838 Vir: COBISS.SI

	Naslov	SLO	Povezava med proizvodnimi strategijami, benčmarketingom, merjenjem izvedbe in prenovo poslovnih procesov
		ANG	Linkages between manufacturing strategy, benchmarking, performance measurement and business process reengineering
	Opis	SLO	V članku so podani rezultati anketne raziskave s katero smo preučevali medsebojni vpliv proizvodne strategije, benčmarketinga, prenove poslovnih procesov in sistema kazalnikov za vrednotenje poslovanja podjetja. Raziskavo smo izvedli v 73-ih srednjih in velikih slovenskih proizvodnih podjetjih iz kovinsko-predelovalne in elektro-strojne industrije. Za testiranje šestih hipotez smo uporabili kanonično korelacijo. Rezultati raziskave potrjujejo potrebo po prenovi procesov v povezavi s strategijo podjetja in pozitiven učinek kazalnikov za merjenje uspešnosti poslovanja na izvedbo procesa prenove.
		ANG	An empirical analysis is presented for researching linkages between manufacturing strategy, benchmarking, performance measurement (PM) and business process reengineering (BPR). Although the importance of these linkages has been described in conceptual literature, it has not been widely demonstrated empirically. The survey research was carried out in 73 medium and large-sized Slovenian manufacturing companies within the mechanical, electro-mechanical and electronic industries. The resulting data were subjected to reliability and validity analyses. Canonical correlation analysis was used to test six hypotheses. The results confirmed the need for a strategically-driven BPR approach and the positive impact of performance measurement on BPR performance.
	Objavljeno v	Pergamon; Computers & Industrial Engineering; 2009; Vol. 57, iss. 3; str. 963-975; Impact Factor: 1.491; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.044; A': 1; WoS: EV, IJ; Avtorji / Authors: Vujica-Herzog Nataša, Tonchia Stefano, Polajnar Andrej	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
4.	COBISS ID	13243670	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Potencial LENS tehnologije
		ANG	Potential of laser engineered net shaping (LENS) technology
	Opis	SLO	Prispevek govori o organizacijskih vidikih uporabe ene bolj obetavnih in naprednih tehnologij "laser engineered net-shapping technology" - LENS. Obvladovanje visokih tehnologij ni zgolj tehnološki izziv, ampak tudi organizacijski. V prispevku smo predstavili možnosti uporabe take tehnologije v praksi ter prednosti njene uporabe. Izdelek je bil medicinski vsadek iz titanove zlitine.
		ANG	This article has a twofold purpose. The first part deals with introduction of innovative high technology laser engineered net shaping (LENS) that offers a breakthrough in manufacturing, maintaining, and repairing products. It also presents many possibilities for the use of LENS technology, especially in the tool-making industry and for medical purposes. The second part presents a comparison of a product manufactured by conventional technologies and the same product manufactured by LENS technology. The product is a titanium alloy medical implant.
	Objavljeno v	Marcel Dekker; Materials and manufacturing processes; 2009; Vol. 24, no. 7/8; str. 750-753; Impact Factor: 0.968; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.067; WoS: IK, PM; Avtorji / Authors: Palčič Iztok, Balažič Matej, Milfelner Matjaž, Buchmeister Borut	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
5.	COBISS ID	16149270	Vir: COBISS.SI

Naslov	SLO	Etaloni za preskus sposobnosti optičnih in titalnih trikoordinatnih merilnih naprav pri merjenju poljubnih oblik
	ANG	Standards for testing freeform measurement capability of optical and tactile coordinate measuring machines
Opis	SLO	<p>Že desetletja izvajamo trikoordinatne (3D) meritve inženirskih komponent na stabilnih koordinatnih merilnih napravah (KMN), ki so instalirane v merilnicah. Te naprave so običajno opremljene z mehanskimi tipali za točkovno tipanje ali mehansko skeniranje površin. V zadnjem desetletju pa se je zelo razširil razvoj in posledično uporaba premičnih optičnih 3D koordinatnih merilnih sistemov. Ti optični sistemi zajemajo veliko število podatkov v zelo kratkem času in so zato primerni za digitaliziranje poljubnih površin. Danes je na voljo veliko dokumentiranih standardov kot je npr. ISO 10360 za verifikacijo stabilnih KMN z mehanskimi tipali, medtem ko standardov in še posebej ustreznih etalonov za zagotavljanje sledljivosti optičnih 3D meritev praktično ni. Potrebe industrije po sledljivih 3D meritvah preciznih delov so vse večje. Nedavni primer je potreba po sledljivih meritvah velikih zobnikov premera do 1m, ki se uporabljajo v prenosnih mehanizmih vetrnih elektrarn. Zagotavljanje sledljivosti tovrstnih meritev je bilo do sedaj praktično nemogoče. Članek opisuje tri različne tipe etalonov (artefaktov), ki smo jih razvili v okviru evropskega projekta iMERA Plus - etalone v obliki tetraedra za preskus osnovne zmogljivosti optičnih 3D naprav, etalone s prosto ukrivljenimi površinami za preskus zmogljivosti pri merjenju kompleksnih geometrij ter veliki zobniški etalon za namensko kalibracijo različnih tipov KMN. Predstavljeni so tudi podatki o kalibraciji etalonov s pripadajočimi merilnimi negotovostmi in rezultati mednarodne medlaboratorijske primerjave. Rezultati tega razvoja so zelo pomembni za uporabnike vseh tipov KMN, za kalibracijske laboratorije in za proizvajalce optičnih in titalnih KMN.</p>
	ANG	<p>For decades three-dimensional (3D) measurements of engineering components have been made using fixed metrology-room based coordinate measuring machines (CMMs) fitted most commonly with single point or to a much lesser extent, scanning tactile probes. Over the past decade there has been a rapid uptake in development and subsequent use of portable optical-based 3D coordinate measuring systems. These optical-based systems capture vast quantities of point data in a very short time, often permitting freeform surfaces to be digitized. Documented standards, for example ISO 10360, for the verification of fixed CMMs fitted with tactile probes are now widely available, whereas verification procedures and more specifically verification artefacts for optical-based systems are still in their infancy. Furthermore, the industry is seeking traceability in 3D measurements of high precision components. A recent requirement is the demand for highly accurate measurements of large gears with diameters up to 1000 mm as used in gear boxes of wind turbines. Up until now it has been impossible to ensure traceability of 3D measurements of big gears, since no traceable standards were available. This paper describes three different types of artefacts that were developed during the project, namely tetrahedron artefacts for testing the basic measurement capability of optical 3D devices, freeform verification artefacts for testing the capability of measuring complex geometry, and a large gear artefact for task related calibration of different types of CMMs. In addition, artefact calibration data and associated measurement uncertainties and international inter comparisons are presented. These developments will be of considerable value to end users, calibration laboratories and producers of optical and tactile CMMs.</p>
Objavljeno v		IOP Publishing; Measurement science & technology; 2012; Vol. 23, no. 9 (094013); 13 str.; Impact Factor: 1.494; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.881; A': 1; WoS: IF, OA; Avtorji /

	Authors: Ačko Bojan, McCarthy Michael, Haertig Frank, Buchmeister Borut
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati programske skupine⁷

		Družbeno-ekonomski dosežek	
1.	COBISS ID	8008982	Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO	glavni urednik mednarodne tuje SCI revije
		ANG	Editor-in-Chief of international foreign SCI journal
	Opis	SLO	Izr. prof. dr. Borut Buchmeister je glavni urednik mednarodne znanstvene revije International Journal of Simulation Modelling (ISSN 1726-4529), ki sodi v kategorijo SCI na področju proizvodnega strojništva in industrijskega inženirstva, 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 s poudarkom na simulaciji diskretnih dogodkov. Revijo izdaja Tehniška univerza na Dunaju (TU Wien) v okviru delovanja mednarodnega združenja DAAAM Int. Vienna, letno izidejo štiri številke.
		ANG	Assoc. 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, 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 mainly within discrete-event simulation. The journal is published quarterly by University of Technology Vienna in the frame of DAAAM Int. Vienna society.
	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	10759708	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Izvedba svetovalnih delavnic in svetovanja s področja projektnega menedžmenta v podjetju Elektro Maribor d.d. za obdobje 2010-2011
		ANG	Implementation of consulting workshops from the field of project management in the company Elektro Maribor in the period from 2010-2011
	Opis	SLO	Uvedba projektnega načina dela v podjetju Elektro Maribor. V podjetju Elektro Maribor smo izvedli intenzivno 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 Maribor. We have implemented 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.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov
	Objavljeno v	Ekonomsko-poslovna fakulteta Maribor, Inštitut za projektni management; 2011; 12 f.; Avtorji / Authors: Palčič Iztok, Vrečko Igor	
	Tipologija	2.14 Projektna dokumentacija (idejni projekt, izvedbeni projekt)	
3.	COBISS ID		Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO	Nova meroslovna zmogljivost (CMC) v bazi KCDB pri BIPM
		ANG	New metrology capability (CMC) in the database KCDB at BIPM
	Opis	SLO	Laboratorij za tehnološke meritve je kot nosilec nacionalnega etalona za dolžino posredoval novo »kalibracijsko merilno zmogljivost (CMC)« na področju kalibracije črtnih meril na BIPM. Po uspešni evaluaciji na EURAMET in drugih regionalnih meroslovnih organizacij je bila zmogljivost potrjena in je objavljena v mednarodni bazi podatkov KCDB pri BIPM.
		ANG	Laboratory for Production Measurement – holder of the national standard for length has sent new "calibration measurement capability (CMC)" in the field of calibration line scales to BIPM. After successful evaluation at EURAMET and other regional metrology organisations, the CMC was approved and published in the international database KCDB at BIPM.
	Šifra	F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije
	Objavljeno v	Baza ključnih medlaboratorijskih primerjav pri BIPM http://kcdb.bipm.org/AppendixC/L/SI/L_SI.pdf	
	Tipologija	2.20 Zaključena znanstvena zbirka podatkov ali korpus	
4.	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 MVZT-MIRS (dodatne informacije na http://www.npl.co.uk/euromet/length/ ter na http://www.mirs.gov.si/si/mednarodno_sodelovanje/clanstva/euromet/); 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 MVZT-MIRS (additional information on http://www.npl.co.uk/euromet/length/ end http://www.mirs.gov.si/si/mednarodno_sodelovanje/clanstva/euromet/). 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.03	Članstvo v tujih/mednarodnih odborih/komitejih
	Objavljeno v	ni objave	
	Tipologija	3.25 Druga izvedena dela	
5.	COBISS ID	14532886	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Projekt Razvoj izdelka in oblikovanje aerospace proizvodnih sistemov in procesov v družbi Veplas d.d.

	ANG	New product development project and project of designing aerospace production system and processes in company Veplas
Opis	SLO	Vzpostavitev sistema kontrole in prevzem vzorcev v serijsko proizvodnjo. Kot eksperimentalni razvoj je bila izvedena raziskava na področju oblikovanja sistemov in procesov kakovosti, v okviru industrijskega razvoja pa so bile izdelane smernice oblikovanja kakovosti in sistema kakovosti glede prevzema vzorcev. Ta del vsebuje dinamični model osvajanja izdelkov z uporabo metod inovacijskega menedžmenta ter predlog faznega modela prevzema novega izdelka v serijsko proizvodnjo. Predstavljena je metoda Kanban ter podana študija o primernosti uvedbe v aerospace proizvodnjo v Veplasu.
	ANG	Establishing a control system and takeover of samples into batch production. As an experimental development we have conducted a research in the field of system design and quality processes, within industrial development we have prepared guidelines for quality assurance and quality system of samples takeover. This part includes a dynamic model of product introduction with the use of innovation management and phase-based model of new product takeover into batch production. We presented the Kanban concept and prepared a feasibility study on introducing Kanban into aerospace production in Veplas.
Šifra	F.06 Razvoj novega izdelka	
Objavljeno v	Fakulteta za strojništvo; 2010; 104 str.; Avtorji / Authors: Leber Marjan, Polajnar Andrej, Buchmeister Borut, Ačko Bojan, Palčič Iztok, Vedenik Gregor, Saje Helena	
Tipologija	2.13 Elaborat, predštudija, študija	

9. Drugi pomembni rezultati programske skupine⁸

Doc. dr. Iztok Palčič je postal glavni urednik Projektne mreže Slovenije.

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

doc. dr. Iztok Palčič je postal državni ocenjevalec za pridobitev poklicne kvalifikacije Vodja projekta in mendarodno certificiran projektni menedžer v skladu z metodologijo IPMA SloCert - nivo C.

Doc. dr. Nataša Vujica Herzog je predsednik nadzornega odbora Društva za operativno odličnost.

Prof. Majda Bastič je glavna in odgovorna urednica revije Naše gospodarstvo, pomočnica urednika revije Central European Journal of Operations Research (JCR) ter predstavnica Slovenije v The Association of European Operational Research Society (EURO) in v International Federation of Operational Research Society (IFORS).

V sodelovanju s Štajersko gospodarsko zbornico smo izvedli raziskavo o stanju inovativnosti v podjetjih podravskega območja. Na osnovi anketiranja podjetij smo primerjali inovativnost v malih, srednje-velikih in velikih podjetjih ter rezultate predstavili na posvetovanju, ki je bilo organizirano ob dnevu inovatorjev na ŠGZ.

Vitka proizvodnja/ 6 sigma

1. v marcu 2009; aktivna udeležba s prispevkom na posvetu Vitka organizacija. Posvet je bil prvo srečanje predstavnikov podjetij in univerz v Sloveniji na temo 'vitkost'. Udeležbna ne delavnici 6 sigma.

Laboratorij za tehnološke meritve FS UM je imenovan meroslovni inštitut v Evropskem združenju nacionalnih meroslovnih institucij Euramet (Designated Metrology Institute MIRS/UMFS/LTM), Bojan Ačko pa je kontaktna oseba za RS v tehničnem odboru za dolžino »Euramet TCL«. Na letnem sestanku »Euramet TCL« je bil poročevalec za dva mednarodna meroslovna projekta.

Akreditacija postopkov kalibracije razdalj, premerov in stopničastih meril (objavljeno na spletni strani Slovenske akreditacije: <http://www.sa.gov.si/teksti-1/slo/katalog.htm>).

10. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine⁹

10.1. Pomen za razvoj znanosti¹⁰

SLO

Proizvodni menedžment

Raziskovalne aktivnosti v okviru prijavljenega raziskovalnega programa so usmerjene k doseganju mednarodno primerljivih znanstveno raziskovalnih rezultatov. V znanosti se procesu specializacije znanj, pridruži proces integracije znanj. Proizvodni menedžment, kot podpodročje tehnične discipline se je v evolucijskem razvoju vedno bolj stapljal z menedžmentom. Proizvodni menedžment je zato mogoče identificirati kot področje, ki je nastalo s prepletanjem tehniških in organizacijskih ved. Integracija je nastala zaradi potrebe po razumevanju pojavov, ki nastajajo v razvojno in tehnološko intenzivnih proizvodnih podjetjih. V prihodnosti pričakujemo še močnejše prepletanje tehniških in organizacijskih znanj, saj se morajo inženirji zavedati pravega pomena inovacije – razvito idejo pretvoriti v komercialni posel. Obstaja večje število znanstvenih revij, ki integrirajo inženirsko-tehnična in organizacijska znanja in usmerjajo raziskovalno dejavnost raziskovalnega programa: Journal of Operations Management, International Journal of Operations & Production Management, Journal of Engineering and Technology Management, Journal of Product Innovation Management, Technovation in International Journal of Project Management. Obstoj naštetih znanstvenih revij dokazuje, da proizvodni menedžment predstavlja relevantno znanstveno področje, z lastnim konceptualnim znanjem in lastno znanstveno identiteto. Na področju projektnega menedžmenta bo glavni prispevek v tem, da se njegov razvoj prilagodi vrstam projektov in vsem relevantnim projektnim okoljem, upoštevajo nastanki, zagoni izvajanja in zaključevanje projektov ob hkratnem obvladovanju sprememb in rizikov ter aktualnih vplivov strateškega okolja, da se prilagodi vse kompleksnejšim proizvodnjam projektov ne samo v podjetjih, ampak tudi na nacionalno pomembnih področjih tako, da se upoštevajo strateške in druge usmeritve nacionalnega razvoja. Ustvarjanje in posredovanje novih znanj s področja delovanja skupine bo imelo največji pomen za nadaljnji razvoj znanosti, kar pa se bo apliciralo predvsem v okviru zagotavljanja učinkovitosti in s tem večje konkurenčnosti malih in srednjih proizvodnih podjetij v aktualnem poslovnem okolju. Na prevladujočem tehniškem področju (glede vsebine raziskav) ima raznolikost (pluralizem) drugačen značaj kot v humanistiki ali v družboslovju, ker temelj predstavitve in analize niso individualna spoznanja, ampak empirično ali matematično dokazljiva dejstva. Posebna odlika programske skupine je izdajanje mednarodne znanstvene revije International Journal of Simulation Modelling, katere urednik je naš član. Izsledki raziskav naše skupine so že bili predstavljeni javnosti v znanstvenih revijah, pa tudi v znanstvenih monografijah, v prihodnosti glede na predvidene vsebine pričakujemo izrazit porast.

Dimenzionalna metrologija

Kalibracije laserske frekvence s pomočjo primarnega etalona v svetu sicer niso novost, so pa v domeni vrhunskih nacionalnih meroslovnih laboratorijev in le-ti pri omenjenih meritvah zaznavajo še vrsto neobvladanih vplivnih faktorjev. V Sloveniji predstavlja to področje znanstvenih raziskav povsem neobvladan segment, zato je pričakovan znanstven prispevek izjemno velik. Omogočil bo enakovredno meroslovno komunikacijo na primarnem nivoju v svetovnem meroslovnem prostoru, domačim uporabnikom laserskih meritev pa novo bazo znanja za obvladovanje merilne negotovosti in širjenje laserskih aplikacij na nova področja meritev. Pri integraciji laserskega interferometra in koordinatne merilne naprave v nov

merilni sistem za kalibracije bo znanstven prispevek predvsem v tvorjenju novih matematičnih modelov za vrednotenje merilne negotovosti, ki pri nas še niso poznani, pa tudi v izdelavi algoritmov za sočasno zajemanje rezultatov v realnem času. Nova znanstvena spoznanja na osnovi obsežnega eksperimentalnega dela bodo omogočala širitev uporabnosti laserskih interferometrov in koordinatnih merilnih naprav.

ANG

Production management

Research activities within research programme aim at achieving internationally comparable scientific research results. In science a process of knowledge specialisation is more and more accompanied by the process of knowledge integration. Production management as a subarea of technical disciplines has during its evolution aligned with management science. Production management can be therefore identified as an area, that evolved when technical and managerial sciences interwind. Integration emerged as a result of the need to understand phenomenon that appear in R&D and technologically advanced manufacturing companies. In the future we can expect even stronger combinations of technical and organisational knowledge. The engineers have to be aware of the true meaning of innovation – how to transfer an idea into commercialised business. There is a larger set of scientific journals that cover the integration of engineering and organisational knowledge and direct the research activities of the proposed research programme: Journal of Operations Management, International Journal of Operations & Production Management, Journal of Engineering and Technology Management, Journal of Product Innovation Management, Technovation in International Journal of Project Management. The existence of mentioned journals proves that production management presents relevant scientific area with its own conceptual knowledge and scientific identity. Creation and transfer of new knowledge produced by the researcher of the programme will have a large importance for the further evolution of the science and that will be applicable in the frame of ensuring efficiency and higher competitiveness of SMEs. In the scope of dominating technical area (according to research content) the pluralism has a different meaning than in humanistics or sociology since the basis for analysis are not individual findings, but empirically or mathematically proven facts. A special superiority of the research programme is publishing of international scientific journal International Journal of Simulation Modelling. Results of our research have already been presented to public in scientific journals; scientific monographs and in the future we expect a significant rise of the publications.

Dimensional metrology

Calibration of laser frequency by primary standard is not a novelty in the measurement science, but only highest-ranked national metrology institutions are capable to performing it. Also they are still noticing a number of unmanaged influence factors in the calibration process. In Slovenia this field of scientific research is completely unpracticed, that is way a respected scientific achievements are extremely large. Equivalent metrological communication on the primary level will be possible in the global metrological community, while Slovenian users of laser measurements will gain new base of knowledge for diminishing the measurement uncertainty and widening the laser applications in new fields of use. By integration of laser interferometry with coordinate measuring machines new measurement system for calibrations will arise, where new mathematic models for measurement uncertainty evaluation will represent a scientific achievement. Such mathematic models are not known in Slovenia yet, also new algorithms for on-line and real-time data acquisition will be developed. New scientific knowledge based on extensive experimental work will enable widening of use of laser interferometer as well as coordinate measuring machines.

10.2. Pomen za razvoj Slovenije¹¹

SLO

Programska skupina je edina v Sloveniji, ki združuje tehnično-tehnološka znanja v proizvodnem strojništvu z znanji s področja menedžmenta (proizvodnje), torej združuje strojno-tehnološka in poslovno-organizacijska znanja. Pri tem se navezuje na strateški in predvsem projektni management pri izvajanju strategij in projektov, ne samo povezanih s proizvodnjo, temveč širše s celovitim strateškim načrtovanjem v podjetjih in širšem okolju. Skupina tako opravlja edinstveno povezovalno, interdisciplinarno vlogo z izrazitim prispevkom k boljši konkurenčnosti proizvodnih podjetij, izkoriščanju poslovnih priložnosti ter trajnostnega razvoja Slovenije. Pomena raziskovalne skupine se zavedajo v slovenskih

podjetjih in evropskih raziskovalnih ustanovah, s katerimi skupina uspešno sodeluje. Vključenost raziskovalcev z različnim strokovnim profilom je pogoj za optimalno izrabo možnosti sodobnih analitičnih in raziskovalnih metod ter vsebinsko interpretacijo raziskovalnih dognanj. Koncepti, ki bodo razviti v raziskovalnem programu, bodo ob teoretični ustreznosti (na osnovi raziskav v realnem poslovnem okolju) usmerjeni k aplikativnemu reševanju problemov v proizvodnih podjetjih. Tako bodo pripomogli k povečanju konkurenčnosti podjetij in prispevali h gradnji inovativnega, učinkovitega in na znanju temelječega gospodarstva z dolgoročno stabilno rastjo. Konkurenčnost slovenskih proizvodnih podjetij je zelo odvisna od njihovih sposobnosti za integracijo naprednih proizvodnih tehnologij in upravljanje tehnološke baze in informacijskih tokov in pa predvsem uspešnega izvajanja investicijskih projektov zagotavljanja proizvodnje. Rezultati raziskav bodo pripomogli k razvoju znanja, ki bo omogočalo prenos razvojnih in tehnoloških dosežkov v konkurenčne prednosti in izkoriščanje poslovnih priložnosti. V prihodnosti bomo soočeni s pospešenimi spremembami in izzivi na različnih področjih delovanja. Podjetja, ki ne bodo zadostno vlagala v e-volucijo (koriščenje virtualnega okolja), dvig produktivnosti in inovacije, ne bodo med zmagovalci in bo močno ogrožen njihov obstoj. Uporaba ekološko naravnanih tehnologij, procesov in praks bo edina zagotovila novo – trajnostno naravnano gospodarstvo.

Tu se vidi vloga projektnega menedžmenta, saj postaja projektno izvajanje strategij v obliki učinkovite proizvodnje projektov nujnost v podjetjih in ostalih sferah, kar je ključnega pomena za črpanje evropskih sredstev, pripravo in izvedbo nacionalno pomembnih projektov, ki so zapisani tudi v nacionalni strategiji do leta 2023. Posebej je potrebno poudariti, da je prijavljen raziskovalni program temelj za razvoj interdisciplinarnega do- in podiplomskega študijskega programa Gospodarsko inženirstvo, ki ga v prenovljeni obliki po Bolonjskem sistemu izvajata Fakulteta za strojništvo in Ekonomsko-poslovna fakulteta.

Na področju meroslovja bodo rezultati raziskav – predvsem novi etaloni ter kalibracijske metode in postopki omogočili dvig mednarodne primerljivosti kalibracijskih rezultatov zelo pomembnih etalonov (posebej moramo izpostaviti primarni etalon, ki ga do sedaj še ni bilo) in merilnih sistemov, kar bo omogočilo boljšo integracijo slovenskega meroslovnega sistema v mednarodno meroslovno infrastrukturo. S povečanjem ugleda slovenskega meroslovja se seveda tudi slovenski industriji omogoči lažje mednarodno trgovanje predvsem na področju ugotavljanja skladnosti izdelkov. Širjenje in izboljšava etalonske baze bosta imeli za posledico izboljšanje industrijskih zmožnosti na področju geometrijsko zahtevnih proizvodov. Predvsem pomembno je to za naraščajoče število slovenskih dobaviteljev svetovni avtomobilski industriji.

ANG

The research programme is the only one in SLO that integrates technical-technological knowledge in production engineering with production management, therefore it combines mechanical engineering and business and organisational knowledge. As such it is fasten to the strategic management and especially project management for strategy and projects implementation, not only in connection with production but wider with holistic planning in companies and extensive environment. The research group has a unique integrating, interdisciplinary role with results that contribute to increase of competitiveness of manufacturing companies, to taking advantage of business opportunities and sustainable development of Slovenia. Our companies are aware of the importance of the research programme, as well are foreign R&D institutions with which we have excellent partnerships. The inclusion of researchers with different professional and scientific background is a necessary condition for an optimum use of the modern analytical and research methods and interpretation of research findings. The concepts that will be developed will beside theoretical adequacy (research in real companies) focused on applicative solution finding in manufacturing companies. The research results will therefore contribute to increase of competitiveness of companies and foster building innovative, efficient and on knowledge-based economy with long term stable growth. Competitiveness of Slovenian manufacturing companies to a large extent depends on their capabilities to integrate advanced manufacturing technologies and manage technological data and information flows as well as successful implementation of investment projects for assuring production. The research results will help with building knowledge that will enable transfer of R&D and technological results in competitive advantage and seizing business opportunities. In the future we will

be faced with changes and challenges in different spheres of operations. Companies not investing in e-evolution (use of virtual environment), in higher productivity and innovations will not be between the winners and their survival will be uncertain. Using ecological technologies, environmental-friendly processes and practices will give an assurance of new-sustainable oriented economy.

Here we can see the role of project management because the project oriented strategy implementation as a project production is becoming inevitably in companies and other environment. Project management competences are of crucial importance for acquiring European financial funds and for preparation and implementation important national projects, written in national strategy till the year 2023. We have to emphasise that the research programme is a basis for development of interdisciplinary study programme Industrial Management that is currently implemented according to Bologna process by Faculty of mechanical engineering and Faculty of Economics & Business.

In the field of measurement science, results of scientific work (especially new measurement standards and calibration methods in connection with primary measurement standard, not present in SLO until now) will enable rise of level of international comparability of calibration results and measurement systems. Better integration of Slovenian metrology system into global metrology infrastructure will be enabled. By higher reputation of Slovenian metrology also Slovenian industry will easier resolve matters in foreign trade, where product conformity is needed (e.g. CE-mark). Widening and enhancement of measurement standards base are going to enhance industrial capabilities in the field of highly geometrically pretentious products, what is of great importance for increasing number of SLO automotive industry suppliers, where demands of technical specification ISO TS 16949 and other standards in this branch, concerning reliable measurements protocols and documents as quality conformance proofs are very high.

11. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov v obdobju 1.1.2009-31.12.2012¹²

11.1. Diplome¹³

vrsta usposabljanja	število diplom
bolonjski program - I. stopnja	31
bolonjski program - II. stopnja	4
univerzitetni (stari) program	49

11.2. Magisterij znanosti in doktorat znanosti¹⁴

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	MR	
28425	Tadej Tasič	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
27829	Tomaž Kostanjevec	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
22630	Tadeja Primožič Merkač	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Renata Štumberger	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Matej Leskovar	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Vladan Mladenovič	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Sabina Gmajner	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Marko Šverko	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Irena Ocvirk	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Jože Hočever	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Mateja Brglez	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	

0	Lidia Jurše	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
32876	Dejan Rojko	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
32875	Primož Zajšek	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
28944	Dejan Dren	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
24879	Gregor Vedenik	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
31735	Simon Kotnik	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
28986	Dušan Rebernik	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Nataša Štandeker	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Mario Piškor	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	

Legenda:

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

12. Pretok mladih raziskovalcev – zaposlitev po zaključenem usposabljanju¹⁵

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	Zaposlitev	
28425	Tadej Tasič	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo	
27829	Tomaž Kostanjevec	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	D - Javni zavod	

Legenda zaposlitev:

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

13. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov ter študentov iz tujine, daljše od enega meseca, v obdobju 1.1.2009-31.12.2012

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Sodelovanje v programski skupini	Število mesecev	
0	Bojan Lalić	A - raziskovalec/strokovnjak	3	
0	Gordana Abramović	C - študent - doktorand	9	
0	Bisera Kajmakovska	C - študent - doktorand	8	

Legenda sodelovanja v programski skupini:

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

14. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v obdobju 1.1.2009-31.12.2012¹⁶

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 Borut Buchmeister.

European Manufacturing Survey: Raziskava o proizvodni dejavnosti v slovenskih in evropskih proizvodnih podjetjih. Koordinator projekta Fraunhoferjev inštitut iz Nemčije.

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

Innovationsscheck FFG: Inovacijska strategija oblikovanja storitvenega procesa s poudarkom na ergonomiji. Namen raziskave je bil ugotoviti, ali lahko design in funkcionalnost majice Drescode21 pozitivno vplivata na fiziološko in psihološko zadovoljstvo pri delu. Vodja projekta Andrej Polajnar.

Innovationsscheck FFG: Inovacijska raziskava značilnosti in delovanja ustvarjalnega okolja. Za uporabo ustvarjalnega orodja je bila izvedena raziskava značilnosti različnih delovnih okolij v povezavi s ustvarjalnostjo. Rezultat je katalog zahtev za »Ustvarjalne sobe«, ki s pravimi idejami usmerjajo proizvodna okolja k ustvarjalnosti. Vodja projekta Iztok Palčič.

Projekt EU iMERA Plus T3.J2.2 - Metrology for New Industrial Measurement Technologies ('NIMTech').

Projekt je financiran iz raziskovalnega sklada ES preko EURAMET (Evropsko združenje nacionalnih meroslovnih inštitutov). Cilji so razvoj etalonov in postopkov za umerjanje in preskušanje sposobnosti trikoordinatnih merilnih naprav ter razvoj sistemov za nadzor programske opreme koordinatnih merilnih naprav.

Projekt Euramet.L-K7: Calibration of linescales. Mednarodni projekt EURAMET, ki spada v področje mednarodnih ključnih medlaboratorijskih primerjav (BIPM CCL). Cilj primerjave je ugotavljanje najboljše meroslovne zmogljivosti (CMC) na področju umerjanja črtnih meril.

Projekt Euramet.L-K11: Key comparison of optical frequency/wavelength standards. Projekt, na osnovi katerega je LTM na osnovi uspešnega sodelovanja pridobil pozitivno mnenje mednarodnih ekspertov za objavo najboljših meroslovnih zmogljivosti na področju umerjanja laserskega sevanja kot primarne realizacije enote meter.

Projekt EURAMET L-K14 - Calibration of diameter standards: Predmet medlaboratorijske primerjave so bili notranji in zunanji premeri (valj, krogla). Vodja projektov: Bojan Ačko.

Magnetna naprava za biološko obdelavo odpadnih vod; MAGNET (E!4956): Cilj projekta je razvoj in aplikacija magnetne predobdelave za izboljšanje biološkega čiščenja odpadnih voda. Nov pristop bo z relativno nizkimi stroški investicije in vzdrževanja znižal električno porabo prezračevanja reakcijskih bazenov oz. povečal stopnjo čistosti iztoka iz čistilnih naprav. Vodja projekta Lucija Črepinšek-Lipuš.

15. Vključenost v projekte za uporabnike, ki v so obdobju trajanja raziskovalnega programa (1. 1. 2009 – 31. 12. 2012), potekali izven financiranja ARRS¹⁷

SLO

2009:

Razvoj izdelka in oblikovanje aerospace proizvodnih sistemov in procesov v družbi Veplas d.d. V projektu je kot eksperimentalni razvoj bila izvedena raziskava na področju Oblivovanja sistemov in procesov kakovosti v okviru industrijskega razvoja pa so bile izdelane smernice oblikovanja kakovosti in sistema kakovosti glede prevzema vzorcev. Ta del vsebuje izdelan dinamični model osvajanja izdelkov z uporabo metod inovacijskega menedžmenta ter predlog faznega modela prevzema novega izdelka v serijsko proizvodnjo - vodja projekta: Andrej Polajnar.

Zagotavljanje sledljivosti meritev v industriji (izvedenih okrog 1200 kalibracij) - vodja projekta: Bojan Ačko.

Prenos referenčne vrednosti na kalibracijske laboratorije (prenos 5 veličin na laboratorij Lotrič d.o.o.) - vodja projekta: Bojan Ačko.

2010:

Razvoj izdelka in oblikovanje aerospace proizvodnih sistemov in procesov v družbi Veplas d.d. V drugem delu projekta je predstavljena metoda Kanban ter podana študija o primernosti uvedbe sistema Kanban v aerospace proizvodnjo v Veplasu - vodja projekta: Andrej Polajnar.

Uvedba projektne načina dela v podjetju Elektro Maribor: V podjetju Elektro Maribor smo izvedli intenzivno 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 - vodja projekta Iztok Palčič.

Dresscode21 GmbH: Projekttitle Innovationsscheck: endbericht und endabrechnung: Innovationsscheck Österreich - vodja projekta: Andrej Polajnar.

Neurovation GmbH: Projekttitle Innovationsscheck: endbericht und endabrechnung: Innovationsscheck Österreich - vodja projekta: Iztok Palčič.

Zagotavljanje sledljivosti meritev v industriji (izvedenih okrog 600 kalibracij) - vodja projekta: Bojan Ačko.

Prenos referenčne vrednosti na kalibracijske laboratorije (skupno 10 referenčnih vrednosti na laboratorije Lotrič d.o.o., Metrološki laboratorij Systemske tehnike, Metrološki laboratorij iskra ISD) - vodja projekta: Bojan Ačko.

2011:

Izvedba usposabljanja in svetovanja o o pomenu projektov, o pripravi, vodenju izvajanja in kontroli izvajanja projektov ter procesu razvoja projektnega podpornega okolja v Univerzitetni knjižnici Maribor - vodja projekta: Majda Bastič.

Izvedba usposabljanja in svetovanja s področja projektnega managementa ter izboljšanju projektne organizacijske zrelosti v podjetju Tiko pro, podjetniško svetovanje d.o.o. - vodja projekta: Majda Bastič.

Zagotavljanje sledljivosti meritev v industriji (izvedenih okrog 600 kalibracij) - vodja projekta: Bojan Ačko.

16. Ocena tehnološke zrelosti rezultatov programa in možnosti za njihovo implementacijo v praksi (točka ni namenjena raziskovalnim programom s področij humanističnih ved)¹⁸

SLO

Orodje (razvito s partnerji iz Avstrije) za merjenje inovacijske moči podjetja smo pilotno uporabili pri vrednotenju inovativnosti v več SLO podjetjih. Izkazalo se je kot zelo uporabno pri določanju vrednosti posameznih kriterijev ter primerjanju s konkurenco, predvsem pa lahko za podjetje oblikujemo vrsto ukrepov za izboljšanje stanja na področju inovativnosti, kar vodi k boljšemu poslovnemu uspehu.

Razvita metodologija projektnega načina dela in organiziranosti podjetij, razvita na EPF (Inštitut za projektni management) in FS, je primerna za uvedbo v podjetja in druge organizacije vseh vrst in velikosti, ki želijo svojo osnovno dejavnost izvajati na bolj učinkovit način. Razvita projektna metodologija je prilagodljiva glede na zrelost podjetja oziroma organizacije za projektni način dela, organiziranost podjetja, vrste projektov ipd. Vključuje usposabljanje udeležencev na osnovi realnih projektov, pripravo celotnega tokokroga projektne dokumentacije, poslovnikov, metodoloških priročnik, organigramov, IKT podpore ipd.

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 in o svoji poziciji v njej. Anketa omogoča primerjavo s tujimi državami, s čimer vidimo trende, ki obstajajo v evropski proizvodni industriji. Za zbornice in vladne institucije lahko služijo rezultati kot dobra osnova za pripravo nacionalnih strategij na področju proizvodne dejavnosti.

Razviti večparametrski model napovedovanja sprejemljivosti izdelka na trgu je uporaben v najrazličnejših industrijah in to v avtomobilski industriji, pohištvni industriji in računalniški industriji. Preizkušen je bil v industriji vodovodnih armatur, industriji bele tehnike in v okolju ogrevalnih naprav za proizvodne hale.

Hitra, učinkovita in poceni komunikacija omogoča neposredno uporabo razvitih modelov upravljanja proizvodnje in razpoložljivih informacij v podjetjih, saj z odzivom v realnem času povečuje možnosti napredka v procesu tržne globalizacije in posledično intenzivne konkurence ter pritiska po izboljšani produktivnosti. Tehnološke spremembe so privedle k novim oblikam verige ustvarjanja nove vrednosti.

Objava CMC v mednarodni bazi BIPM, akreditacija kalibracijskih postopkov, uporabno v industriji, zdravstvu, prometu, RR ...; aplikacije že uporabne v praksi; razširitev baze znanja za kakovostnejšo meroslovno podporo uporabnikom: rezultati usmerjeni v sledenje potrebam industrije in širše, zmanjšanje potreb uporabnikov po kalibracijah v tujini, dvig meroslovnih zmogljivosti uporabnikov rezultatov RP. Storitve, ki jih ponujamo uporabnikom, same po sebi ne predstavljajo velike dodane vrednosti v smislu prihodkov od storitev, predstavljajo pa izjemno dodano vrednost h kakovosti izdelkov ter storitev uporabnikov in k njihovi konkurenčni poziciji na mednarodnih trgih.

17. 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	
ocena potrebne infrastrukture in opreme ¹⁹	

18. Izjemni dosežek v 2012²⁰

18.1. Izjemni znanstveni dosežek

AČKO, Bojan. Calibration procedures with measurement uncertainty for advanced length standards and instruments. Vienna: DAAAM International Publishing, 2012. XII, 114 f., graf. prikazi. ISBN 3-901509-59-3. ISBN 978-3-901509-59-9. [COBISS.SI-ID 69411073]

18.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

Izr. prof. dr. Borut Buchmeister je glavni urednik mednarodne znanstvene revije International Journal of Simulation Modelling (ISSN 1726-4529), ki sodi v kategorijo SCI na področju proizvodnega strojništva in industrijskega inženirstva, 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 s poudarkom na simulaciji diskretnih dogodkov. Revijo izdaja Tehniška univerza na Dunaju (TU Wien) v okviru delovanja mednarodnega združenja DAAAM Int. Vienna, letno izidejo štiri številke.

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

Šifra programa	P2-0120
Naslov programa	Tehnologije metastabilnih materialov s kovinsko osnovo
Vodja programa	10369 Ivan Anžel
Obseg raziskovalnih ur	12240
Cenovni razred	B
Trajanje programa	01.2009 - 12.2012
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

2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS¹

Šifra	2.05
- Veda	2 Tehniške in tehnološke vede
- Področje	2.05 Materiali

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

3. Povzetek raziskovalnega programa²

SLO

Osrednja znanstvena tema programa z naslovom "Tehnologije metastabilnih materialov s kovinsko osnovo", ki ga je v letih 2009-2012 izvajala raziskovalna skupina za materiale in tehnologijo materialov na Fakulteti za strojništvo, Univerze v Mariboru je bila vezana na razvoj novih materialov iz termodinamsko metastabilnih stanj. Za razvoj teh materialov je zanimivo predvsem dejstvo, da lahko metastabilne faze oziroma mikrostrukture s temi fazami prehajajo v različne termodinamsko stabilnejša stanja, pri čemer je absolutno termodinamsko najbolj stabilna faza le zadnji korak v sekvenci razpada metastabilne mikrostrukture. V procesu razpada metastabilnih stanj lahko zato v odvisnosti od zunanjih vplivnih parametrov potečejo kemijske reakcije in nastopijo mikrostrukturne spremembe,

ki jih ne moremo predvideti pri ravnotežnih transformacijah. Nastanejo nove faze in mikrostrukture, ki jih ni v ravnotežnih faznih diagramih. Ker so lastnosti materialov odvisne od mikrostrukture lahko z ustvarjanjem metastabilnih stanj in z njimi povezanih mikrostruktur dosežemo tudi posebne, nove lastnosti inženirskih materialov.

Razvoj novih materialov iz termodinamsko metastabilnih stanj je bil v okviru izvedbe programa ozko povezan z raziskovanjem na področjih tehnologij izdelave metastabilnih materialov, mikrostrukturne karakterizacije teh materialov, določevanja lastnosti metastabilnih faz, ter ugotavljanja mikrostrukturnih sprememb metastabilnih stanj v različnih okoljih in v postopkih naknadne termomehanske obdelave. Osnovne raziskovalne vsebine programa so bile: Analiza dosedanjih in razvoj novih tehnologij za doseganje metastabilnih stanj; študij metod karakterizacije metastabilnih stanj, mikrostruktur in faz; določitev lastnosti metastabilnih materialov in njihovih faz; ter raziskave vpliva okolja in različnih oblik termomehanske obdelave na mikrostrukturo in lastnosti metastabilnih materialov.

Osrednje tehnologije, ki smo jih obravnavali v okviru programa so bile različne metode hitrega strjevanja in ekstremna plastična deformacija. Kot hitro strjevanje označujemo tiste postopke strjevanja pri katerih potuje strjevalna fronta z veliko hitrostjo (več kot 1cm/s), ekstremna plastična deformacija pa pomeni splošen koncept uporabe velikih plastičnih deformacij za izdelavo fino zrnatih materialov. V eksperimentalnem delu programa so bile obravnavane zlitine na osnovi zlata, bakra in aluminija. Ti zlitinski sistemi so bili izbrani zato, ker imajo njihova metastabilna stanja takšne fizikalne, mehanske in druge lastnosti, ki so zanimiva za slovensko družbo in njeno industrijsko okolje. Del svojih aktivnosti je raziskovalna skupina v okviru programa namenila tudi razvoju teorije metastabilnih stanj v materialih s kovinsko osnovo, kjer je pozornost bila osredotočena na razvoj modelov za opis termodinamsko metastabilnih stanj in odkrivanje mehanizmov nastajanja in razpadanja metastabilnih mikrostruktur.

ANG

The main topic of the research program with the title "Technologies of metastable metallic based materials" which has been performed by the research group for materials and materials technologies on the Faculty of mechanical engineering, University of Maribor in the years 2009-2012, was connected with development of new materials based on thermodynamically metastable states. For their evolution it is especially interesting that metastable phases can transform into different thermodynamically more stable states, so that the occurrence of the most stable phase is only the last step in the decomposition sequence. Therefore, depending on the external influential parameters, specific chemical reactions that couldn't be predicted or anticipated from known equilibrium transformations, take place in such thermodynamically metastable systems and consequently, new phases and microstructures, which cannot be found in the equilibrium phase diagram, come into existence. While the properties of materials are mainly dependent on the microstructure, it is possible, by inducing the metastable states, to attain special new properties of engineering materials.

Development of new engineering materials from thermodynamically metastable states was, in the frame of our programme, closely linked to research in the fields of production technologies, microstructural characterization, determining the properties of metastable phases and microstructural changes in different environments or during subsequent heat treatments. The basic research content of the programme consisted of: Analysis of known and development of new technologies for obtaining the metastable states; studying the methods of characterization the metastable states, their microstructure and phases; determining the properties of metastable materials and their phases; researching the influence of the environment and different kinds of subsequent heat treatment on the microstructure and properties of metastable materials.

The central technologies that were being considered in the programme are different methods of rapid solidification and severe plastic deformation. Rapid solidification

is denoted as process that involves enough high velocity of the solidification front (more than 1 cm/s and severe plastic deformation is the name for the general concept of using large plastic strains to produce ultra fine-grained materials - nanostructures. In the experimental part of the programme the gold, copper and aluminium based alloys were being treated. These alloying systems have been chosen while their metastable states possess those unique physical, mechanical and other properties that are interesting for Slovenian society and industrial environment. Part of activities of the programme group was directed towards the theory of metastable states in metallic materials. Attention was focused on the models for describing thermodynamically metastable states, and discovering mechanisms for forming and decomposing the metastable microstructures.

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem programu³

SLO

Pri študiju metastabilnih stanj v zlitinah na osnovi zlata smo v okviru programa potrdili hipotezo, da lahko s hitrim strjevanjem ustvarimo metastabilno mikrostrukturo, ki omogoča notranjo oksidacijo mikrolegirnega elementa. Z analizo hitro strjenih mikrostruktur in s spremljanjem procesa notranje oksidacije smo postavili model mehanizma reakcije. Po tem modelu poteka v termodinamsko metastabilni mikrostrukturi zlata z netopno komponento v površinskem sloju raztapljanje delcev intermetalne faze pred fronto notranje oksidacije in izločanje oksidnih delcev iz trdne raztopine.

Pri študiju metastabilnih mikrostruktur, ki nastanejo pri postopkih hitrega strjevanja smo v okviru programa posvetili precejšnjo pozornost tudi vplivu hitro strjene mikrostrukture spominskih zlitin iz sistema Ni-Ti na biokompatibilnost. Rezultati raziskovalnega dela so pokazali, da lahko z melt spin tehniko hitrega strjevanja ustvarimo na površini ulitih trakov tanko homogeno oksidno plast, ki izboljša korozijsko odpornost spominskih zlitin in posledično zmanjša toksičnost na človeške monocitne dendritne celice. Zaključek raziskav v okviru programa je pokazal, da izkazujejo Ni-Ti hitro strjeni trakovi imunomodulatorne lastnosti.

Pri študiju in analizi novih tehnologij za doseganje metastabilnih stanj smo v okviru programa izvajali tudi poskuse ekstremne plastične deformacije in pirolize z ultrazvočnim razprševanjem (USP). Za poskuse ekstremne plastične deformacije smo skonstruirali in izdelali lastno napravo za iztiskanje vzorcev skozi pravokotno ležeča kanala kvadratnega prereza. S poskusi na vzorcih, katerih jedro je bilo iz trdne raztopine Cu-Al, plašč pa iz disperzijsko utrjene zlitine Cu-Al₂O₃, smo odkrili, da sta v kompozitnem plašču prisotna dva mehanizma plastične deformacije, medtem ko poteka plastično tečenje v enofazni kovinski matici le z drsenjem dislokacij. V disperzijsko utrjenem plašču poteka plastična deformacija s drsenjem dislokacij le do stopnje, ko se zaradi deformacijske utrditve sproži energijsko ugodnejši mehanizem drsenja vzdolž mej zrn. S spremljanjem toka oksidnih delcev smo postavili tudi model snovnega toka v orodju pri iztiskanju. Poskusi izdelave Au nanodelcev z USP postopkom so potrdili velik potencial te tehnologije. Rezultati so pokazali, da lahko s postopkom pirolize z ultrazvočnim razprševanjem kontroliramo velikost, obliko in topologijo nanodelcev, kar močno vpliva na njihove funkcionalne lastnosti. Nadaljnje raziskave na tem področju bodo pokazale kakšna je uporabnost te metode za izdelavo biomedicinskih funkcionalnih nanostrukturnih materialov.

Pri razvoju Al-zlitin s kvazikristali so bile z vakuumskim taljenjem in litjem sintetizirane zlitine Al-Mn-Be-Cu in Al-Mn-Be-B. Ugotovljeno je bilo, da dodatek Cu omogoča nastanek kvazikristalne faze že pri manjših hitrostih ohlajanja ter omogoča nadaljnjo optimizacijo lastnosti s termomehansko obdelavo, zato so bile podrobno raziskane zlitine Al-Mn-Be-Cu. Z rentgensko difrakcijo, ki smo jo izvedli v sinhrotronu Elettra v Trstu, Italija, smo opredelili fazno sestavo zlitin. Zlitine, ki so se ohlajale hitreje kot

500 °C/s, so vsebovale že precejšen delež kvazikristalne faze, medtem ko je bila pri hitrostih ohlajanja večjih kot 1000 °C/s v aluminijevi osnovi le kvazikristalna faza, drugih intermetalnih faz pa ni bilo. To je kar za tri velikostne rede manjša ohlajevalna hitrost, kot je v binarni zlitini Al-Mn. V sodelovanju s Centrom za elektronsko mikroskopijo TU Graz, Avstrija in FEI Academy, Eindhoven, Nizozemska je bilo ugotovljeno, da ima kvazikristalna faza ikozaedrično zgradbo, z velikostjo kvazicelice 0,46 nm. Pri skupnem raziskovalnem delu z raziskovalnim središčem fundacije Bruno Kessler, Trident, Italija, je bilo ugotovljeno, da vsebujejo kvazikristali povečan delež berilija, ki jih stabilizira. Trdnostne lastnosti zlitin ohlajenih s hitrostjo ohlajanja med 500 °C/s in 1000 °C/s dosegajo vrednosti podobne kot v visokotrnostnih aluminijevih zlitinah (napetost tečenja 400 MPa, natezna trdnost > 500 MPa) in nekoliko večji raztezek. Zlitine se dajo izdelati tudi s kontinuirnim litjem, kar bo lahko omogočilo masovno in bolj poceni izdelavo teh zlitin ter njihovo uvajanje v industrijsko proizvodnjo.

5. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem programu in zastavljenih raziskovalnih ciljev⁴

SLO

Osnovni raziskovalni cilji programske skupne so bili doseženi. Na področju tehnologij izdelave metastabilnih materialov smo uspešno raziskali vpliv parametrov pri različnih metodah hitrega strjevanja na mikrostrukturo in lastnosti. Potrjene so bile hipoteze poteka procesov in reakcij v materialih z metastabilno mikrostrukturo. V zaključnem delu programa smo uspešno skonstruirali in izdelali orodje za izvedbo poskusov ekstremne plastične deformacije. Opravljeni so bili eksperimenti iztiskanja in osnovna karakterizacija nanostrukturnih elementov. Na osnovi rezultatov eksperimentalnega dela so bili postavljeni modeli mehanizmov, procesov in pojavov, ki potekajo med procesom ekstremne plastične deformacije v disperzijsko utrjenih zlitinah na osnovi Au in Cu.

Na področju karakterizacije metastabilnih stanj smo z metodami optične in elektronske mikroskopije, ter rentgenske strukturne analize identificirali pojave in mehanizme, ki potekajo v materialih z metastabilno mikrostrukturo. Uspešno je bil uveden Rastrski elektronski mikroskop opremljen s fokusiranim ionskim snopom (FIB) za 3D rekonstrukcijo metastabilnih mikrostruktur in sprememb po termomehanskih obdelavah. Nanostrukturne preiskave smo opravili z visoko ločljivim vrstičnim elektronskim mikroskopom s poljsko emisijo elektronov FEG SIRION 400 NC, ter z raziskovalno opremo, ki je na razpolago v Elettra, Sincrotrone Trieste, Italija (mikroskopija ESCA in XRD) ter drugih mednarodnih infrastrukturnih centrih.

Z metodami diferencialne dinamične kalorimetrije in merjenjem električne upornosti smo ugotavljali stabilnost zlitin in določali temperature (npr. solvus temperaturo), ki so potrebne pri optimizaciji toplotne obdelave. Za študij vpliva okolja na kemijske reakcije in fazne transformacije v materialih z metastabilno mikrostrukturo smo razvili in patentirali merilno celico, ki omogoča sprotno in neporušno spremljanje pojavov med toplotno obdelavo.

Aluminijeve zlitine utrjene s kvazikristali so bile razvite do stopnje, ki je bila predvidena pri prijavi programa. Poleg tega so bili v okviru raziskovalnega dela doseženi rezultati, ki v začetku niso bili predvideni, pa spadajo med pomembne znanstvene dosežke. To sta predvsem metoda za ekstrakcijo koeficientov povratnega sipanja elektronov iz mikroposnetkov z odbitimi elektroni ter ugotavljanje mehanskih lastnosti faz mikrometrski velikosti z uporabo mikroindentacije.

6. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine⁵

Raziskovalno delo programske skupine je v celotnem programskem obdobju vključno z zadnjim programskim letom 2012 potekalo v skladu s planom raziskovalnega programa.

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁶

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	15705366	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Odziv monocitnih dendritnih celic v kontaktu s hitro strjenimi Ni-Ti trakovi, ki imajo spominske lastnosti
		ANG	Response of monocyte-derived dendritic cells to rapidly solidified nickel-titanium ribbons with shape memory properties
	Opis	SLO	<p>Spominski materiali iz zlitinskega sistema Ni-Ti so zelo aktualni kot biomateriali za medicinske pripomočke. Žal je biokompatibilnost teh zlitin pogosto neustrezna zaradi neustrezne površinske mikrostrukture. V okviru naših raziskav smo pripravili hitro strjene trakove Ni-Ti spomske zlitine z uporabo melt-spin tehnike. Za karakterizacijo površine trakov so bile uporabljene metode: AES, rentgenske fotoelektronske spektroskopije in vrstične elektronske mikroskopije. Biokompatibilnost izdelanih trakov in njihove imunomodulatorne lastnosti so bile raziskane na človeških monocitnih dendritnih celicah (MoDCs). Ugotovili smo, da lahko z melt-spin tehniko na hitro strjenih trakovih dosežemo tanko homogeno oksidno plast, ki izboljša njihovo korozijsko odpornost in posledično zmanjša toksičnost na človeške monocitne dendritne celice. Ni-Ti hitro strjeni trakovi so spodbudili dozorevanje humanih monocitnih dendritnih celic. To je bilo zaznано s spremembo v morfologiji celic in s povečanim izločanjem molekul. Ni-Ti hitro strjeni trakovi v bistvu zvišajo nivo MoDCs, ki proizvedejo višje količine IL-10 in IL-20, kar ima za posledico v diferenciaciji IL-10 in TGF-beta, ki tvori CD4+T celice. Po drugi strani pa ti materiali v prisotnosti lipopolisaharidov zvišajo alostimulatornost in TH1 polarizacijsko sposobnost MoDCs, medtem ko je tvorba Th2 in Th17 citokinov regulirana na spodnjem velikostnem nivoju. Zaključimo lahko, da izkazujejo Ni-Ti hitro strjeni trakovi imunomodulatorne lastnosti do MoDCs. Te ugotovitve bi lahko bile klinično pomembne saj lahko povzročijo naprave iz Ni-Ti spomske zlitine zaželjene kakor tudi neželjene efekte na imunski sistem. To je odvisno od stimulatvnihs sposobnosti mikrookolja v katerih se naprava nahaja.</p>
		ANG	<p>Ni-Ti Shape Memory Alloys (SMAs) have attracted considerable attention as biomaterials for medical devices. However, the biocompatibility of Ni-Ti SMAs is often unsatisfactory due to their poor surface structure. Here we prepared Rapidly Solidified (RS) Ni-Ti SMA ribbons by melt-spinning and their surface was characterised by Augerelectron spectroscopy, X-ray photoelectron spectrometry and scanning electron microscopy. The biocompatibility of the produced ribbons and their immunomodulatory properties were studied on human monocyte-derived dendritic cells (MoDCs). We showed that melt-spinning of Ni-Ti SMAs can form a thin homogenous oxide layer, which improves their corrosion resistance and subsequent toxicity to MoDCs. Ni-Ti RS ribbons stimulated the maturation of MoDCs, as detected by changes in the cells' morphology and increased expression of HLA-DR, CD86, CD40 and CD83 molecules. However, Ni-Ti RS ribbons enhanced the tolerogenic properties of immature MoDCs, which produced higher levels of IL-10 and IL-27, driving the differentiation of IL-10- and TGF-β-producing CD4+T cells. On the other hand, in the presence of lipopolysaccharide, an important proinflammatory biomolecule, Ni-Ti RS ribbons enhanced the allostimulatory and Th1 polarising capacity of MoDCs, whereas the production of Th2 and Th17 cytokines was down-regulated. In conclusion, Ni-Ti RS ribbons possess substantial immunomodulatory properties on MoDCs. These findings might be clinically relevant, because implanted Ni-Ti SMA devices can induce both desired and adverse effects on the immune system, depending on the microenvironmental stimuli.</p>

	Objavljeno v	University of Wales; European cells & materials; 2012; Vol. 23; str. 58-80; Impact Factor: 3.028;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.456; A': 1; WoS: CQ, QE; Avtorji / Authors: Tomić Sergej, Rudolf Rebeka, Brunčko Mihael, Anžel Ivan, Savić V., Čolić Miodrag	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
2.	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	The aim of this work was to study the cytotoxicity of different fractions of gold nanoparticles prepared by ultrasonic spray pyrolysis from gold scrap. The target cells were rat thymocytes, as a type of nonproliferating cells, and L929 mouse fibroblasts, as a type of continuous proliferating cells. Fractions1 and 2, composed of pure gold nanoparticles, as determined by scanning electron microscopy with a combination of energy dispersive X-ray analysis, were nontoxic for thymocytes, but reduced moderately the proliferative activity of L929 cells. The inhibitory effect of fraction 2, containing particles smaller in size than fraction 1, was stronger. Fraction 3, composed of Au and up to 3% Cu was noncytotoxic for thymocytes, but was cytotoxic for L929 cells. Fraction 4, composed of Au and Ag nanoparticles, and fraction 5, composed of Au together with Cu, Ni, Zn, Fe, and In were cytotoxic for both thymocytes and L929 cells. These results suggest that USP enables the synthesis of pure gold nanoparticles with controlled size, even from gold scrap. However, microstructural analyses and biocompatibility testing are necessary for their proper selection from more cytotoxic gold nanoparticles, contaminated with other elements of gold alloys.
	Objavljeno v	Technomic Pub.; Journal of biomaterials applications; 2012; Vol. 26, no. 5; str. 595-611; Impact Factor: 2.082;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.017; WoS: IG, QE; Avtorji / Authors: Rudolf Rebeka, Friedrich Bernd, Stopić Srečko, Anžel Ivan, Tomić Sergej, Čolić Miodrag	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
3.	COBISS ID	14376214	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Notranja oksidacija Ag-VC kompozitov
		ANG	Internal oxidation of Ag-VC composites
		Notranja oksidacija kompozitov Ag-VC, ki vsebuje 5 vol% karbidov je bila	

Opis	SLO	raziskana pri treh različnih temperaturah oksidacije (350, 400, 600 °C). Dva mehanizma sta bila identificirana zaradi tvorbe dvojnih oksidov z relativno nizko temperaturo tališča. Pri temperaturah pod najnižjo evtektično temperaturo poteka in-situ oziroma direktna notranja oksidacija brez difuzije legirnega elementa s tvorbo oksidnega plašča, ki obdaja začetni karbid. Pri temperaturah nad evtektično točko nastanejo pri notranji oksidaciji tekoča oksidna področja, ki so rastle in s časom tvorila oksidno mrežo. Kinetika je potrdila prisotnost dveh različnih mehanizmov oksidacije.
	ANG	The internal oxidation (IO) of Ag - VC composites containing 5 vol.% of carbide was examined at three oxidation temperatures (350, 400, 600 ° C). Two mechanisms were observed due to the formation of double oxides with relatively low melting points. At temperatures below the lowest eutectic point in-situ, or diffusion less IO, was observed with the formation and growth of oxide layers surrounding the initial carbide. At temperatures above the eutectic point IO resulted in the formation of liquid oxide pools, which grew in size and developed into a network of oxides within the metal matrix. The kinetics confirmed the presence of two distinct mechanisms
Objavljeno v	Pergamon Press.; Corrosion science; 2011; Vol. 53, iss. 1; str. 127-134; Impact Factor: 3.734; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.755; A': 1; A': 1; WoS: PM, PZ; Avtorji / Authors: Škraba Polona, Kosec Ladislav, Bizjak Milan, Rudolf Rebeka, Romčević Nebojša, Kosec Gorazd, Kosec Borut, Lazarević Zorica, Roth Jože, Anžel Ivan	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
4. COBISS ID	15658006	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Mikroindentacija kot komplementarna metoda za identifikacijo faz
	ANG	Microindentation as a complementary method for phase identification
Opis	SLO	Mikroindentacijo smo izvedli na petih fazah: i-AlCuFe, □-Al13Fe4, i-AlMnBeCu, H-faza in Be4AlMn. S kvalitativno analizo smo opredelili oblike indentacijskih krivulj, pojav ostrih sprememb v naklonu krivulj ter še nekatere druge značilnosti. Nekatere faze lahko preprosto prepoznamo že na osnovi kvalitativne analize indentacijskih krivulj, medtem ko je za druge potrebna kombinacija dveh ali več kvantitativnih parametrov Martensova trdota HM, Vickersova trdota HV, delež elastične energije □ IT in reducirni modul Er.
	ANG	This work investigates the possibility of using microindentation as a complementary tool for phase identification, especially in heterogeneous microstructures. Five phases present in alloys Al64Cu23Fe13 and Al94Mn2Be2Cu2 were indented in the microindentation region. A load of 20 mN was found to be convenient for testing because it was too low to produce cracks around indents, yet high enough to avoid too large scattering of the results, occurring at smaller loads. It allowed testing of particles as small as 10 μm in the lateral direction and 3 μm in thickness. Some phases can be distinguished from others by specific characteristics of indentation curves. Otherwise, a single quantitative parameter or combinations of several indentation parameters (defined in EN ISO 14577-1) sufficed. The microindentation can considerably help by phase identification; however, a wider application will require a database, providing indentation properties for a particular phase at different loads and taking into account the indentation size effect.
Objavljeno v	Korean Institute of Metals and Materials; Metals and materials international; 2011; Vol. 17, no. 6; str. 865-871; Impact Factor: 1.183; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.755; A': 1; WoS: PM, PZ; Avtorji / Authors: Zupanič Franc	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	

5.	COBISS ID	13864982	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Razširitev Tanaka-Mura modela za iniciacijo utrujenostne razpoke v toplotno rezanem martenzitnem jeklu	
	ANG	Extension of the Tanaka-Mura model for fatigue crack initiation in thermally cut martensitic steels	
Opis	SLO	Prikazan je multi-scale numerični model za modeliranje iniciacije in širjenja utrujenostne razpoke v toplotno rezanem robu z martenzitno mikrostrukturo. Simulacija temelji na uporabi Tanaka-Mura modela na mikro nivoju, z uporabo sintetične mikrostrukture, modelirane z Voronojevo tesalacijo. Model vključuje tri izboljšave (modeliranje večih drsnih ravnin, združevanje mikro razpok in segmentiranje mikro razpoke). Nadaljnjo širjenje razpoke je modelirano na makro nivoju. Rezultati numerične simulacije so pokazali zadovoljivo ujemanje z eksperimentalnimi rezultati.	
	ANG	A multi scale numerical approach for evaluation of crack initiation and propagation in thermally cut structural elements made of martensitic steel is presented. A numerical simulation of micro-crack initiation is based on the Tanaka-Mura micro-crack nucleation model, where individual grains of synthetic microstructure are simulated using the Voronoi tessellation. Three improvements are added to this model (multiple slip bands, micro-crack coalescence and segmented micro-crack generation). Crack propagation is then solved on a macro scale model using linear elastic fracture mechanics approach. Some experimental tests have also been performed to check the accuracy of the numerical model. The results of the proposed computational model show a reasonable correlation with the experimental results.	
Objavljeno v	Elsevier; International Conference on Crack Paths 2009; Engineering fracture mechanics; 2010; Vol. 77, iss. 11; str. 2040-2050; Impact Factor: 1.571; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.214; A': 1; WoS: PU; Avtorji / Authors: Kramberger Janez, Jezernik Niko, Göncz Péter, Glodež Srečko		
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati programske skupine^Z

	Družbeno-ekonomski dosežek		
1.	COBISS ID	14464022	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Mikrostrukturne spremembe jekel med vakuumsko cementacijo	
	ANG	Microstructural changes during vacuum carburizing of steels	
Opis	SLO	V prispevku predstavljamo razvoj neporušne merilne metode za sprotno spremljanje procesa vakuumske cementacije jekel. Metoda temelji na zasledovanju difuzije ogljika med vakuumsko cementacijo v obdelovancu s spornimi meritvami električne upornosti. S to metodo smo spremljali spremembo električne upornosti med vakuumsko cementacijo obdelovanca iz čistega železa in nerjavnega jekla (N360 iso extra).	
	ANG	The present paper deals with in-situ and non-destructive characterization of the vacuum carburizing process. For this purpose, the unique laboratory device was set up, that enables measuring the carbon diffusion during vacuum carburizing process by electrical resistance measurements. We determined the kinetics of the process and the microstructural changes during carburizing of plain carbon and corrosion resistant stainless steel (N360 iso extra).	
Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci		

	Objavljeno v	Werkstoff-Internationsgesellschaft; Fortschritte in der Metallographie; 2010; Str. 303-308; Avtorji / Authors: Brunčko Mihael, Kneissl Albert C., Anžel Ivan	
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
2.	COBISS ID	14463510	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Toplotna stabilnost in rekristalizacija hladno deformirane zlitine Au-0,5La
		ANG	Thermal stability and recrystallization of cold deformed Au-0,5La alloy
	Opis	SLO	Študij rekristalizacije in rasti kristalnih zrn pri hladno deformirani Au-La zlitini je bil izveden z uporabo optične in elektronske mikroskopije ter meritvami mikrotrdote. V odvisnosti od eksperimentalnih rezultatov je bila skonstruirana rekristalizacijska mapa, ki daje odnos med stopnjo deformacije, temperaturo žarjenja in doseženimi mehanskimi lastnosti.
		ANG	Recrystallization and grain growth of a cold deformed Au-La alloy have been studied with optical and electron microscopy as well as microhardness measurements. Depending on the experimental results a recrystallization map that gives the correlation between degree of deformation, annealing temperature and hardness has been constructed
	Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci	
	Objavljeno v	Werkstoff-Internationsgesellschaft; Fortschritte in der Metallographie; 2010; str. 51-56; Avtorji / Authors: Kušič Bojana, Rudolf Rebeka, Kneissl Albert C.	
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
3.	COBISS ID	14676502	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Teoretične osnove in eksperimentalna praksa zlitin z oblikovnim spominom
		ANG	Fundamentals and experimental results of shape memory alloys
	Opis	SLO	V uvodu prispevka so podane teoretične osnove zlitin z oblikovnim spominom, kateremu sledi obširna predstavitev opravljenega eksperimentalnega dela. V okviru predstavljene raziskave smo izvajali termo-mehanska "treninge" na žicah zlitin s oblikovnim spominom ob konstantni napetosti, da bi v zlitinah ustvarili enoosni spominski efekt. Raziskave so bile opravljene na treh zlitinskih sistemih (NiTi, NiTiW in CuAlNi) z različnimi mikrostrukturami. Raziskali smo vpliv mikrostrukture na razvoj in stabilnost dvosmernega spominskega efekta. V prispevku so prav tako podani rezultati izdelave vzorcev spominskih zlitin s postopki hitrega strjevanja, kot sta "melt-spinning" in "splat-cooling". Opisani so postopki termo-mehanskih treningov in karakterizacije mikrostrukture in funkcionalnih lastnosti spominskih zlitin.
		ANG	The present paper deals with review of basic fundamentals of shape memory alloys accompanied with our experimental results. Shape memory wires were trained under constant stress in order to introduce a uniaxial shape memory effect by a thermomechanical treatment. These investigations were carried out on three different alloy systems (NiTi, NiTiW and CuAlNi) with different microstructures. The influence of the microstructure on development and stability of the intrinsic two-way shape memory effect has been discussed. Furthermore, this work deals with the production of thin specimens of shape memory alloys by melt-spinning and splat-cooling, the training procedure and their characterization with respect to microstructure and functional properties.
	Šifra	B.04 Vabljen predavanje	
	Objavljeno v	2010; Avtorji / Authors: Kneissl Albert C., Mehrabi Kambiz, Brunčko Mihael	
	Tipologija	3.16 Vabljen predavanje na konferenci brez natisa	

4.	COBISS ID	13647638	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Naprava za določevanje parametrov malo-cikličnega utrujanja z rotirajočim upogibnim preizkusom	
	ANG	Rotating bending test machine for determination of low cycle fatigue parameters	
Opis	SLO	V patentu je predstavljen osnovni koncept naprave za določanje parametrov malo cikličnega utrujanja z rotirajočim upogibnim preizkusom.	
	ANG	The basic concept of the specially designed testing machine and its characteristics are illustrated in the patent	
Šifra	F.06 Razvoj novega izdelka		
Objavljeno v	Minsitrstvo za gospodarstvo, Urad RS za intelektualno lastnino; 2009; 1 mapa (loč. pag.); Avtorji / Authors: Knez Marko, Glodež Srečko, Kramberger Janez		
Tipologija	2.24 Patent		
5.	COBISS ID	67806721	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Toplotna obdelava kovinskih materialov	
	ANG	Heat-treatment of metallic materials	
Opis	SLO	Skripta obravnava toplotno obdelavo različnih kovinskih materialov. V začetku so pojasnjene osnove, ki so nujno potrebne za razumevanje in uporabo toplotnih obdelav. V nadaljevanju so opisane so najpomembnejše toplotne obdelave, z nazornimi primeri za tržno dostopne zlitine.	
	ANG	The textbook describes heat treatment of different metallic materials. At the beginning, foundations of heat treatment are explained, which are necessary for understanding and application of heat treatment. In the subsequent chapters the most important heat treating procedures are explained, with numerous examples for the commercial alloys.	
Šifra	D.10 Pedagoško delo		
Objavljeno v	Fakulteta za strojništvo; 2011; IV, 226 str.; Avtorji / Authors: Zupanič Franc, Lojen Gorazd		
Tipologija	2.05 Drugo učno gradivo		

9. Drugi pomembni rezultati programske skupine⁸

Prezem vodenja razvoja in raziskovalne skupine Razvojna skupina Zlatarne Celje šifra: 1716-001 z dne 20.3.2006 (ARRS klasif.: tehniške vede/materiali/kovinski materiali). Vodenje projektov, ki potekajo v Zlatarni Celje d.d. in so sprejeti v sofinaciranje s strani ARRS, MORS, MVZT: CRP projekt M2-0108 (2006/2008): Razvoj kovinskih zlitin z oblikovnim spominom, Razvojno strateški projekt platforme I-techmed (2006/2007): Razvoj tehnologije termomehanske obdelave dentalnih zlitin za porcelansko tehniko (sklep št. 4302-7/2006-75), Eureka E!3555 projekt DEN-MAT (2004/2007): The development of new Au dental alloys, Eureka E!3863 projekt MET-STRI (2005/2008): The new approach of the strenghtening technology for metallic strips used for electro industry, ERA-NET projekt (2007/2009): Production and properties of Nanostructural Metal-Ceramic composites, Eureka E!4213 projekt NANO-FOIL (2008/2010), Eureka GONANO (2009/2011) Eureka ORTO-NITI (2012/2014) in Eureka CELL-TI (2010/2012).

10. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine⁹

10.1. Pomen za razvoj znanosti¹⁰

SLO

Raziskave na področjih izdelave, karakterizacije in lastnosti metastabilnih materialov so pomembne tako za področje tehničnih kot tudi naravoslovnih znanosti. Programska skupina je z rezultati raziskovalnega dela v okviru programa dala odgovore na nekatera odprta znanstvena vprašanja, in pojasnila mehanizme določenih procesov in pojavov v metastabilnih materialih s kovinsko osnovo. S temi rezultati je bil dosežen nadaljnji korak k razvoju teh materialov in tehnologij za njihovo izdelavo.

Med odprta znanstvena vprašanja na katera je poskušala najti odgovor naša programska skupina v okviru raziskovalnega dela programa spada tudi mehanizem plastične deformacije v nanostrukturnih kompozitnih materiali. Poznano je namreč, da dislokacijska teorija, ki velja za kristalne kovine in zlitine, v primeru metastabilnih nanostrukturnih materialov ni uporabna. Zato so bile raziskave mehanizmov tečenja v nanostrukturnih kompozitih zelo aktualne in pomembne za razvoj znanosti na tem področju. S poskusi na vzorcih, katerih jedro je bilo iz trdne raztopine na osnovi bakra, plašč pa iz kovinsko keramičnega kompozita Cu-Al₂O₃, smo odkrili, da sta v kompozitnem plašču prisotna dva mehanizma plastične deformacije, medtem ko poteka plastično tečenje v enofazni kovinski matici le z drsenjem dislokacij. V kompozitnem plašču poteka plastična deformacija s drsenjem dislokacij le do stanja, ko se zaradi deformacijske utrditve sproži energijsko ugodnejši mehanizem drsenja vzdolž mej zrn.

Za razvoj znanosti so bile pomembne tudi nadaljne raziskave in nova spoznanja o vplivu defektov v kristalni strukturi metastabilnih materialov na potek kemijskih reakcij in faznih transformacij v trdnem. Raziskave so potrdile hipotezo, da potečejo v metastabilni mikrostrukturah s povečano koncentracijo mrežnih defektov kemijske reakcije, ki jih v termodinamsko ravnotežnih mikrostrukturah ni pričakovati. Tako smo na primer pri žarjenju hitro strjenega mikrolegiranega zlata zasledili tvorbo finih oksidnih delcev nanometriške velikosti po volumnu kristalnih zrn. Ta pojav predstavlja svojevrsten paradoks saj termodinamski pogoji za to kemijsko reakcijo niso izpolnjeni. Maksimalna topnost kisika v zlatu je namreč prenizka, da bi lahko potekali oksidacijski procesi. Potencial tako izdelanih disperzijsko utrjenih zlitin zlata in postopka izdelave preko metastabilnega stanja mikrostrukture, se je pokazal v tankih prevlekah na medicinskih implantatih.

Pomemben korak na področju razvoja novih tehnologij izdelave nanostrukturnih metastabilni stanj predstavljajo poskusi izdelave Au nanodelcev s postopkom pirolize z ultrazvočnim razprševanjem. Raziskave so pokazale, da lahko s tem postopkom kontroliramo velikost, obliko in topologijo nanodelcev, kar močno vpliva na njihove funkcionalne lastnosti.

Raziskovalno delo na področju razvoja aluminijevih zlitin s kvazikristalnimi fazami je dalo pomembne rezultate za razvoj znanosti na tem področju. Analiziran je bil vpliv dodatka tretjega in četrtega legirnega elementa na stabilnosti kvazikristalov in kinetiko njihovega razpada. Opredeljena je bila fazna sestava zlitine Al-Mn-Be-Cu v odvisnosti od pogojev strjevanja, ter pojasnjen vpliv dodanih legirnih elementov na stabilnost kvazikristalnih faz. Ugotovljeno je bilo, da vsebujejo kvazikristali povečan delež berilija, ki jih stabilizira. Dodatek Cu omogoča nastanek kvazikristalne faze že pri manjših hitrostih ohlajanja ter omogoča nadaljnjo optimizacijo lastnosti s termomehansko obdelavo. Trdnostne lastnosti teh zlitin dosegajo vrednosti visokotrdnostnih aluminijevih zlitin in nekoliko večji raztezek, kar predstavlja dober potencial za njihovo uvajanje v industrijsko proizvodnjo.

ANG

Researches in the fields of manufacturing, characterization and properties of metastable materials are important for engineering, as well as for the natural sciences (e.g. materials science, physics, chemistry...). In the results of research program gave our program group the answers to some open scientific questions and explained the mechanisms of certain processes and phenomena in metastable metallic materials. With these results a significant step further in development new metastable materials and technologies for their production has been attained.

Among the open questions for which our program group tried to find the answers in the frame of the research program work belongs also the mechanism for plastic deformation in nano-structured composite materials. It is well-known that the dislocation theory (valid for crystal-structured metals and alloys) can not be applied to the metastable nano-structured materials. Consequently, the research of these mechanisms can be considered as a top-ranking topic of crucial importance for further development in this field. The experiments performed on the samples of which the core consisted of Cu based solid solution and the coat presented the metal-ceramic composite Cu-Al₂O₃, revealed two mechanisms of plastic

deformation in the composite coat, while the plastic flow in core proceeds by dislocation sliding. In the composite coat plastic deformation proceeds by dislocation sliding as long as deformation strengthening in the volume of grains triggers energetically more favorable mechanism of grain boundary sliding.

For the progress in science were also important the investigations and the new cognitions about the influence of lattice-defects in the microstructures of metastable materials on chemical reactions and phase transformations in solid state. Researches confirmed the hypothesis that chemical reactions, which can not be expected in thermodynamically stable microstructures, occur in metastable microstructures with increased concentrations of lattice-defects. So, for the instance, formation of fine nano-sized oxide-particles throughout the crystal grains has been found out during annealing of rapidly solidified micro alloyed gold. This phenomenon can be regarded as a peculiar paradox as thermodynamical conditions for this chemical reaction are not fulfilled. The potential of dispersion strengthened gold alloy produced in this way from the metastable state of the microstructure, has been confirmed in thin surface layers on medical implants.

Significant step further in the field of development of new technologies for production the nanostructural metastable states present the experiments of producing the gold nanoparticles with technology of ultrasonic spray pyrolysis. The researches have shown that with this technology it is possible to control the size, morphology and topology of nanoparticles, the important characteristics which influence their functional properties.

The research work in the field of aluminium alloys with quasicrystalline phases gave important results for development of the science in this field. The influence of addition of the third and fourth alloying elements on the stability of quasicrystals and kinetics of their decomposition has been analyzed. The phase composition of the Al-Mn-Be-Cu alloy, as a function of solidification conditions has been also defined, and the impact of added alloying elements on the stability of quasicrystalline phases was explained. The strength properties of these alloys reach the values of high-strength aluminium alloys and they show slightly higher elongation, which present a good potential for their implementation in the industrial production.

10.2. Pomen za razvoj Slovenije¹¹

SLO

V svetu poteka veliko število raziskav, ki se ukvarjajo z razvojem tehnologij in materialov, ki so v metastabilnem stanju. Ne samo to, vedno več je aplikativnih projektov ter primerov ustanavljanja tako spin-off kakor tudi drugih podjetij, ki se ukvarjajo s proizvodnjo takšnih materialov. Ker gre za visokotehnološke proizvode, je dodana vrednost zelo velika.

Trenutno je v Sloveniji veliko relativno uspešnih podjetij, ki se ukvarjajo s proizvodnjo in predelavo aluminija, bakra in žlahtnih kovin ter s področji livarstva in preoblikovanja. Ta podjetja obvladujejo tehnologijo uveljavljenih zlitin, vendar mnoga dosegajo sorazmerno majhno dodano vrednost. Če bodo hotela ostati konkurenčna tudi v bodočnosti, se bodo morala usposobiti tudi za izdelavo tehnološko zahtevnejših materialov in izdelkov. Pogosto se morajo podjetja zaradi maloštevilnega inženirskega kadra ter omejenih sredstev ukvarjati s tekočimi in kratkoročnimi problemi, ki se morajo rešiti v nekaj dneh, zaradi česar so dolgoročneje raziskave, ki bi bile nujne za nadaljnji razvoj podjetja, pogosto zapostavljene. S tega stališča menimo, da smo s poglobljanjem teoretičnega znanja o materialih in tehnologijah ter razvojem in obvladovanjem sodobnih tehnologij materialov, dosegli ustrezn nivo znanja za kvalitetno podporo slovenski kovinski industriji, ki se že sooča s potrebo po uvajanju novih tehnologij in materialov.

Kot programska skupina na Fakulteti za strojništvo UM pridobljena znanja sproti prelivamo v pedagoški proces ter prenašamo na študente, ki se bodo v nekaj letih zaposlili in ki bodo predstavljali nosilce razvoja v naših podjetjih.

Že dosedanje delo na raziskovalnem programu nam je zaradi zanimivosti in koristnosti tematike omogočilo navezovanje in sodelovanje s številnimi podjetni doma in v tujini, kakor tudi z mnogimi uveljavljenimi raziskovalnimi skupinami, kar bomo ob nadaljevanju programa še dodatno razširili in poglobili.

ANG

Numerous research projects are running all over the world dealing with the development of technology and materials that are in a metastable state. Moreover, there are a lot of applied projects and the founding of spin-offs and other companies that are concerned with the production of suchlike materials. The added-value of this high tech production is very

high. Momentarily, there are in Slovenia, a lot of very successful companies concerned with production, processing and founding of aluminium, copper and noble metals. These companies master the technology of valued alloys; however, they attain poor added-value on the market. To stay competitive in the future they must also be qualified for the production of technologically-advanced materials and products. In these companies those long-term research activities that are important for growth are often disregarded, due to limited financial funds and a few engineers who are occupied with current and short-term problems. From this point of view, we believe that with deeper theoretical knowledge of materials and technologies and also with development and mastering of modern materials technology, we obtained high level of knowledge for quality support to Slovenian industry which is already confronted with demand for initiation of new technologies and materials. As a program group at the Faculty of Mechanical Engineering, University of Maribor we carry acquired knowledge on pedagogical process and for our students who will in a few years employ themselves and will represent the carriers of progress to our companies. Already previous work on a research program has enabled us, due to curiosity and the usefulness of the topic, establishment of contacts, and collaboration with numerous local and foreign companies, as well as research groups. Moreover, these connections would be widened and consolidated with the continuation of our research program.

11. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov v obdobju 1.1.2009-31.12.2012¹²

11.1. Diplome¹³

vrsta usposabljanja	število diplom
bolonjski program - I. stopnja	01
bolonjski program - II. stopnja	0
univerzitetni (stari) program	04

11.2. Magisterij znanosti in doktorat znanosti¹⁴

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	MR	
28409	Niko Rozman	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
15673	Andrej Ivanič	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
5522	Samo Lubej	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Franc Berk	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Natalija Orešek	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	

Legenda:

Mag. - Znanstveni magisterij

Dr. - Doktorat znanosti

MR - mladi raziskovalec

12. Pretok mladih raziskovalcev – zaposlitev po zaključenem usposabljanju¹⁵

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	Zaposlitev	
28409	Niko Rozman	<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

13. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov ter študentov iz tujine, daljše od enega meseca, v obdobju 1.1.2009-31.12.2012

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Sodelovanje v programski skupini	Število mesecev	
0	Sergej Tomić (R Srbija)	C - študent - doktorand	6	

Legenda sodelovanja v programski skupini:

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

14. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v obdobju 1.1.2009-31.12.2012¹⁶

SLO

Elettra, Sincrotrone Trieste, Italy, VI Framework Program Transnational Access, RII3-CT-2004-506008: IA-SFS), izvedba rentgenske difrakcije XRD s sinhrotronskim sevanjem v okviru naslednjih projektov (številke projektov):
2007442, 2008403, 20085042, 20090314: Phase analysis of Al-Mn-Be-X alloys containing quasicrystals in
20110158: Phase analysis in ternary Al-Mn-Be system X-RAY DIFFRACTION Sem-33 (Franc Zupanič)
Projekt izveden v Fondazione Bruno Kessler, Trento, Italija
EUROPEAN COMMISSION - SIXTH FRAMEWORK PROGRAMME, Research Infrastructures Action Project n. 026134(RII3)ANNA
European Integrated Activity of Excellence and Networking for Nano and Micro-Electronics Analysis, Transnational Access Scheme.
Chemical composition of phases in Al-Mn-Be-X alloys, Project No. ANNA_UC2_RP008, TA 2.2 – FBK - SIMS, TA 2.3 – FBK – ToF-SIMS, TA 2.6 – FBK – XPS (Franc Zupanič)
Graz University of Technology, Austrian Centre for Electron Microscopy and Nanoanalysis, Analytical TEM investigation of quasicrystalline samples (Franc Zupanič)
Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zavod za primijenjenu fiziku, Unska 3, 10 000 Zagreb, Hrvaška: Interaction of laser UV-light with the surface of metallic materials and characterisation using focussed ion beam (FIB). (Franc Zupanič)
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 (Franc Zupanič)
Metalwerks PMD, Inc., 401 Steel Street , Aliquippa, PA 15001-5415, United States of America, Contract No.: P-128/2006 – ITM, Continuous casting of alloys (Franc Zupanič)
University of Belgrade Beogradu, High School of Dentistry: Smart dental materials (Rebeka Rudolf)
Institute of Physics Belgrade, Centre for Raman spectroscopy (Rebeka Rudolf)
University of Niš, Medicine faculty, Centre for characterisation of biomaterials (Rebeka Rudolf)
RWTH Aachen, Institute for recycling, Germany (Rebeka Rudolf)
University of Belgrade, Department of Metallurgical Engineering, The research

group of advanced materials and technologies (Rebeka Rudolf)
Institute Vinca Serbia, Centre for new technologies (Rebeka Rudolf)
Bilateralni projekt z Republiko Avstrijo (BI-AT09-10-003): Nanostrukturni kovinsko-keramični kompoziti (Ivan Anžel)
Bilateralni projekt z Republiko Hrvaško (BI-HR/09-10-023): Razvoj novih kovinskih materialov z oblikovnim spominom (Ivan Anžel)
Bilateralni projekt z Republiko Srbijo (BI-SR/10-11-022): Optične lastnosti kovinskih nano prahov(Ivan Anžel).
Bilateralni projekt z Norveško (SLO/NO BI /07-09-005): Napoved utrujenostne življenske dobe (Janez Kramberger)
Bilateralni projekt s Češko Republiko (SLO/CZ BI /08-09-014): Vpliv laserskega rezanja na dinamično trdnost jekla (Janez Kramberger)

15. Vključenost v projekte za uporabnike, ki v so obdobju trajanja raziskovalnega programa (1. 1. 2009 – 31. 12. 2012), potekali izven financiranja ARRS¹⁷

SLO

Zlatarna Celje d.d.: Mikrostrukturna analiza nastalih defektov na različnih izdelkih iz Au in Ag zlitin; Optimizacija precizijskega litja; Razvoj novih postopkov za površinsko zaščito nakita pre korozijo (Rebeka Rudolf)
Maksim d.o.o.: Razvoj novih postopkov pocinkanja in tehnologij v kontejnerski tehniki (Rebeka Rudolf)
Pocinkovalnica d.o.o.: Študij nastanka Zn plasti na različnih konstrukcijskih elementih (Rebeka Rudolf)
Metal Nova Čuprija: Robotizacija varjenja, Razvoj ATOM kontejnerja (Rebeka Rudolf)
Metal Cinkara Čuprija: Raziskava vpliva različnih mikroelementov na lastnosti Zn-taline (Rebeka Rudolf)
Cinkara Inđija: Raziskava priprave površine konstrukcijskih elementov za pocinkanje (Rebeka Rudolf)
Magneti d.d.: Razvoj novih magnetnih materialov (Mihael Brunčko)
Primat d.d.: Novi materiali v tehnologijah podjetja Primat (Ivan Anžel)

16. Ocena tehnološke zrelosti rezultatov programa in možnosti za njihovo implementacijo v praksi (točka ni namenjena raziskovalnim programom s področij humanističnih ved)¹⁸

SLO

Raziskovalno delo naše programske skupine na področju razvoja novih materialov iz termodinamsko metastabilnih stanj in tehnologij njihove izdelave v programskem obdobju 2009-2012 je dalo rezultate, ki kažejo veliko stopnjo zrelosti in dajejo dobre možnosti za postopen prenos v industrijsko prakso.

Na področju metastabilnih zlitin na osnovi zlata so raziskave potrdile smiselnost ustvarjanja metastabilnega stanja, saj smo s hitrim strjevanjem ustvarili pogoje za potek notranje oksidacije, oziroma za disperzijsko utrjanje površinskega sloja. Potencial tako izdelanih zlitin in postopka izdelave preko metastabilne mikrostrukture, je v tankih prevlekeh na medicinskih implantatih. Laboratorijski poskusi so pokazali, da lahko v takšnih primerih z naknadno NO dosežemo izboljšane mehanske lastnosti ob ustrezni biokompatibilnosti v površinskem sloju, hkrati pa izboljšamo tudi obrabno odpornost materiala, ter ustvarimo zaščito pred nastankom biofilma na implantatih.

Raziskave na področju metastabilnih funkcionalnih zlitin (spominske zlitine) je pokazal velik potencial uporabljenih tehnoloških postopkov hitrega strjevanja za izdelavo mikrokomponent iz teh zlitin. Pred implementacijo teh rezultatov v prakso pa bo potrebno izboljšati stabilnost tehnologije izdelave do stopnje, ki bo zagotavljala konstantne funkcionalne lastnosti izdelka. Zelo dobri rezultati so bili pri izdelavi nanostruktur in funkcionalnih nanodelcev doseženi tudi s postopki ekstremne plastične deformacije in pirolize z ultrazvočnim razprševanjem. Nadaljnje

raziskave na tem področju pa bodo dale oceno uporabnosti te metode za izdelavo biomedicinskih funkcionalnih nanostrukturnih materialov.

Al-zlitine s kvazikristali je možno izdelovati z litjem. To so predvsem postopki kontinuirnega in tlačnega litja, izmed novejših inovativnih metod pa bi bil zelo primeren postopek litja na en valj (single-roll continuous casting). Zlitine so dosegle že veliko stopnjo zrelosti, čeprav je potrebnih še nekaj raziskav za opredelitev optimalne kemijske sestave za različne postopke litja. Duktilnost in žilavost do sedaj razvitih zlitin omogočata tudi veliki stopnje plastične deformacije in s tem izdelavo delov s preoblikovanjem. Ulitki bi se lahko uporabljali za nosilne dele avtomobilov, saj se dosegajo približno takšne trdnosti, kot v najtrdnejših aluminijevih zlitinah, hkrati pa so zelo duktilne.

17. 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	
ocena potrebne infrastrukture in opreme ¹⁹	

18. Izjemni dosežek v 2012²⁰

18.1. Izjemni znanstveni dosežek

V letu 2012 smo naredili pomemben korak na področju razvoja novih tehnologij izdelave nanostrukturnih metastabilnih stanj. S postopkom ultrazvočne razpršilne pirolize smo pridobili nanodelce zlata, ter raziskali njihove imunomodulatorne lastnosti. 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.

18.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

--

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

Šifra programa	P2-0137
Naslov programa	Numerična in eksperimentalna analiza nelinearnih mehanskih sistemov
Vodja programa	10470 Nenad Gubelj
Obseg raziskovalnih ur	10712
Cenovni razred	B
Trajanje programa	01.2009 - 12.2012
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
Družbeno-ekonomski cilj	13.02 Tehnološke vede - RiR financiran iz drugih virov (ne iz SUF)

2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS¹

Šifra	2.03
- Veda	2 Tehniške in tehnološke vede
- Področje	2.03 Mehanika

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

3. Povzetek raziskovalnega programa²

SLO

Raziskovalni program se je pričel v letu 2009 pod vodstvom Dr. Maksa Oblaka, ki je s januarjem 2010 odšel v pokoj. Vodenje programa je v letu 2010 prevzel Dr. Rudi Pušenjak (št. 0738), ki je tudi s 1. januarjem 2011 odšel v pokoj. Glede na dejstvo, da osrednji program dela sloni na področju uporabnosti parametrov mehanike loma in na prenosljivosti teh na obnašanje konstrukcije je vodenje programa prevzel dr. Nenad Gubelj (10470), ki je programsko skupino preuredil glede na zastavljene cilje. Raziskovalno delo je temeljilo na teretičnih raziskavah, numeričnih simulacijah in eksperimentalnih meritvah lomnega obnašanja. Na območju optimiranja je razvit postopek za optimizacijo elastičnih lupin z upoštevanjem

stabilnostnih omejitvenih pogojev. Za zmanjšanje kompleksnosti, povezanih z uklonsko stabilnostjo konstrukcije, je predlagana posebna oblika optimizacijske naloge. Zaradi te posebne oblike lahko analizo odziva opravimo z navadnim inkrementalnim postopkom in rešitvijo problema lastnih vrednosti v vsaki ravnovesni točki. Takšna analiza zadošča za izračun ocenjenih vrednosti namenskih in omejitvenih funkcij ter njihovih odvodov po projektnih spremenljivkah. Postopek predvideva prisotnost le mejnih kritičnih točk, saj je obravnava bifurkacijskih kritičnih točk mnogo težavnejša. Bifurkacijskim točkam se izognemo z vpeljavo ustreznih parametrov, ki povzročijo asimetrično imperfektnost oblike konstrukcije. Izkazalo se je, da lahko 'najneugodnejše' vrednosti teh parametrov na enostaven način določimo med optimizacijskim postopkom. Nadaljnji razvoj optimizacije je potekal na optimizaciji topologije zveznih konstrukcij z uporabo nivojske funkcije in projektnega elementa. Novost je uporaba projektnega elementa skupaj z nivojsko funkcijo. Rezultati raziskave, so bili ilustrirani z numeričnimi zgledi. Na področju lomnega obnašanja smo v okviru programa na teoretičnih osnovah in numeričnem modeliranju analizirali rast razpoke v heterogenem elastičnem materialu, kjer je gonilna sila razvoja razpoke močno odvisna od porazdelitve lokalne togosti v bližini vrha razpoke. V materialih s periodičnim prostorskim spreminjanjem modula elastičnosti, se lahko pojavijo mehanizmi zaviranja in pospeševanja rasti razpoke, saj se lokalna gonilna sila razvoja razpoke zmanjša ali poveča v primerjavi s gonilno silo v homogenem materialu. Dokazano je, da s smotno zasnovo mehanskega sistema iz heterogenih materialov in ob poznavanju mejnega lomnega obnašanja prispevamo k močnemu izboljšanju trdnostni nosilnosti materiala. Koncept konfiguracijskih sil (CCF) nam daje možnost izračuna lokalne gonilne sile razvoja razpoke.

ANG

Research program began in year 2009 by leading of Dr. Maks Oblak. Since Dr. Oblak had been retired from January 2010, the management of program was lead by Dr. Rudi Pušenjak, which was also retired since January 2011. Dr. Nenad GUBELJAK took management of program since January 2011, because the central program work based on field of fracture mechanics parameters and transferability of these on the behavior of structure. He rearranged the research group according to the task given in proposal. Research work was based on theoretical research, numerical simulations and experimental measurement of loading and fracture behavior of structural components. In the field of optimization, the procedure for the optimization of elastic shells has been developed. It takes in account the optimization of proportionally loaded elastic shell structures under various constraints, including stability. To reduce the stability-related problems, a special technique is utilized, by which the response analysis is always terminated before the first critical point is reached. In that way, the optimization is always related to a pre-critical structural state. The necessary load-carrying capability of the optimal structure is assured by extending the usual formulation of the optimization problem by a constraint on an estimated critical load factor. Since limit points are easier to handle, the possible presence of bifurcation points is avoided by introducing imperfection parameters. They are related to an asymmetric shape perturbation of the structure. During the optimization, the imperfection parameters are updated to get automatically the 'worst-case' pattern and amplitude of the imperfection. Both, the imperfection parameters and the design variables are related to the structural shape via the design element technique. Further development was aimed to topology optimization of continuous structures by using a level set function and a design element. The novelties of this approach are design element usage in order to parameterize the level set function and a general formulation of the optimization problem, which is independent of the considered problem. The results of our investigations have been illustrated with numerical examples for different structural components. In field of fracture mechanics theoretical, numerical and experimental testing have been performed on analysis of crack growth in heterogeneous elastic material. The crack driving forces are heavily dependent on the distribution of local stiffness near the crack tip. In materials with periodic spatial variations of the Young's modulus, shielding and anti-shielding effects appear, i.e. the crack driving force is reduced or enhanced, compared to a homogeneous material. It has been proved that this effect has a great practical relevance, since it may lead to a strong increase of the fracture resistance. The concept of configurational forces (CCF) offers an

established procedure for calculating the crack driving force.

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem programu³

SLO

V okviru PS so potekale fundamentalne raziskave na raziskovalni hipotezi, da je ob smotni zasnovi mehanskega sistema z večplastnimi materiali in ob poznavanju mejnega lomnomehanskega obnašanja in dinamičnega mehanskega odziva konstrukcije možno doseči višjo odpornost proti porušitvi ob zmanjšanju teže in dimenzij konstrukcijske komponente. Raziskave so potekale vzporedno na več področjih in sicer:

- na področju dinamičnega odziva vzbujevalnega sistema,
 - na področju optimizacije geometrije konstrukcije, ki je podprta z razvojem računalniških algoritmov,
 - na področju statične in dinamične karakterizacije mehanskih in lomnomehanskih lastnosti materialov in konstrukcijskih komponent, kakor tudi na uporabi novih materialov z absorpcijo vibracij in za spajanje plasti
- na področju numeričnega modeliranja in razvoja koncepta konfiguracijskih sil za opis lomnega obnašanja,
- na področju razvoja in aplikacije senzorske tehnike za verifikacijo in spremljanje odziva na obremenitve

Na vsakem od navedenih področjih so doseženi mednarodno relevantni rezultati, ki so bili objavljeni v JCR revijah, kot tudi na mednarodnih kongresih in v okviru vabljenih gostovanj. Na področju dinamičnega odziva vzbujevalnega sistema je razvit postopek za optimizacijo elastičnih lupin z upoštevanjem stabilnostnih omejitvenih pogojev. Na področju optimizacije geometrije konstrukcije je potekal na optimizaciji topologije zveznih konstrukcij z uporabo nivojske funkcije in projektne elementa. Novost je uporaba projektne elementa skupaj z nivojsko funkcijo. Na področju statične in dinamične karakterizacije mehanskih in lomnomehanskih lastnosti materialov smo prispevali k razvoju eksperimentalne mehanike loma in sicer na področju določitev krivulje lomne odpornosti materiala delta-R (ali J-R). Razvili smo postopek za meritev lomne žilavosti, ki je primerljiv z veljavnimi standardi kot so ASTM E-1820, BS 7448 ali drugimi standardi in predpisi. V okviru raziskav smo opravili analizo lomnega obnašanja na osnovi spremljanja pomikov na površini preizkušanca. Preizkusi so opravljeni s tridimenzionalnim optičnim spremljanjem pomikov na površini, na osnovi katerega so se določili parametri mehanike loma in začetek rasti razpoke. Predstavljena metoda predstavlja prednost za meritev lomnega obnašanja oz. lomne žilavosti predvsem v primeru, ko ni mogoče CMOD merilec pritrditi na površini konstrukcijske komponente v naravi. Nadaljnja aplikacija parametrov mehanike loma je bila usmerjena k oceni občutljivosti vzmetnih materialov na velikost nekovinskih vključkov. Z uvedbo dvokompozitnih adhezijskim materialov med večplastne natezno obremenjene lamele smo pokazali, da je možno življenjsko dobo pri enaki dinamični obremenitvi povečati tudi do 10-krat. Omenjena zasnova predstavlja izhodišče za zgradbo samonosilnih kritičnih konstrukcij kot so letala prihodnosti. Obenem večplastna nosilna konstrukcija preprečuje nenadno izgubo integritete, kar z uvedbo senzorske tehnike omogoča pravočasno opozarjanje na kritične obremenitve in prepreči porušitev oz. škodo, ki bi lahko nastala. Na področju numeričnega modeliranja in razvoja koncepta konfiguracijskih sil smo v okviru programa na teoretičnih osnovah in numeričnem modeliranju analizirali rast razpoke v heterogenem elastičnem materialu. V materialih s periodičnim prostorskim spreminjanjem modula elastičnosti, se lahko pojavijo mehanizmi zaviranja in pospeševanja rasti razpoke, saj se lokalna gonilna sila razvoja razpoke zmanjša ali poveča v primerjavi s gonilno silo v homogenem materialu. Učinek ima veliki praktičen pomen, saj lahko prispeva k izboljšanju lomnomehanskih lastnosti materiala. Koncept konfiguracijskih sil (CCF) nam daje možnost izračuna lokalne gonilne sile razvoja razpoke. Predstavljen je splošen pristop, ki obravnava spremembo modula elastičnosti, ki se lahko spreminja harmonično ali skokoma v lamelni mikrostrukturi. Aplikacija koncepta konfiguracijskih sil (CDF) je bila prvotno razvita za strojne konstrukcije oz. nosilce z večplastno strukturo. V začetni fazi je analizirano lomno obnašanje stacionarnih razpok, vendar so na pobudo sodelavcev iz Erich-Schmid Instituta v Leobnu iz Avstrije prenesene na biološke materiale, kot so kosti, školjke, ali nekateri skeleti globokomorskih steklenih spužv, ki imajo hierarhično strukturo. Ta jih naredi trde, čvrste in odporne na poškodbe. Skupna značilnost teh materialov je periodično ureditev strukturnih elementov z zelo različnimi togostnimi lastnostmi, ki ni bila predmet pozornosti do sedaj. Ugotovljeno je, da je periodično spreminjanje lastnosti materiala

eden od prevladujočih razlogov za visoko odpornost na porušitev teh struktur in njihovo odpornost oz. imunost na kratke razpoke. Če sestavljene kompozitne strukture izpolnjujejo ugotovljena pravila oblikovanja, zelo toga struktura postane odporna proti zlomom in predvsem tolerantna na kratke razpoke oz. napake. Na področju razvoja in aplikacije senzorske tehnike za verifikacijo in spremljanje odziva na obremenitve smo uspešno vpeljali tehniko spremljanja rasti razpoke s pomočjo seta merilnih lističev na površini obremenjenega mehanskega sistema. Na osnovi deformacijskih sprememb na površini je poleg ocene iniciacije utrujenostne razpoke dana tudi rekonstrukcija propagacije razpoke v notranjost materiala. Razvit je računalniško voden sistem za zajemanje podatkov, s čemer so postavljene osnove za on-line monitoring konstrukcij med obratovanjem.

5. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem programu in zastavljenih raziskovalnih ciljev⁴

SLO

V prvih dveh letih programa, ko ste ga vodila dr. Maks Oblak (leta 2009) in dr. Rudi Pušenjak (leta 2010) so potekale raziskave na področju dinamičnega odziva nihajočega dinamičnega sistema. V letih 2011 in 2012, so rezultati raziskovalnega programa, dali odgovore na zastavljena vprašanja o optimizaciji in topologiji elementov, kot tudi na področju uporabe parametrov mehanike loma. Novost je uporaba projektnega elementa skupaj z nivojsko funkcijo, kar je bilo ilustrirano z numeričnimi zgledi. Posebna pozornost je bila namenjena vplivu lege in uteži kontrolnih točk projektnega elementa pri optimizaciji topologije. Optimizacija topologije zveznih konstrukcij je dosežena z uporabo nivojske funkcije in projektnega elementa. Analiziran je vpliv spremenljive lege in uteži kontrolnih točk projektnega elementa na potek optimizacije in na končno optimalno topologijo konstrukcije. Rezultati raziskovalnega programa so pokazali, da je koncept konfiguracijskih sil možno razširiti za določanje lomne odpornosti materialov s heterogenimi strukturami.

Predvsem spodbuduje daje možnost, da razvite modele uporabimo za karakterizacijo lomnega obnašanja bioloških materialov, s čemer se odpira novo področje aplikacije in snovanja novih implatov s strukturno zgradbo, ki za razliko od dosedanjih zanesljivejše in fiziološko bolj prilagojeni naravnemu obnašanju. Raziskovalni program je na področju eksperimentalne in numerične mehanike loma presegel pričakovanja in se z citati in odmevnostjo uveljavil v raziskovalnem prostoru, med tem ko na področju optimizacije konstrukcij in dinamičnih odzivov je potrebno razviti platformo za praktično aplikacijo rezultatov raziskav. Neposredni prispevek se kaže tudi na aplikaciji in modifikaciji standardnih eksperimentalnih meritev lomne žilavosti, kot tudi na aplikativnih projektih za domače gospodarstvo. Raziskovalni program na drugih dveh prvotno zastavljenih področjih, periodičnih in aperiodičnih nihanj nelinearnih dinamičnih sistemov ter statistične mehanike, ni dosegel pričakovanih rezultatov saj so prejšnji vodji programa predčasno, zaradi nenadnega odhoda v pokoj, zapustili programsko skupino.

6. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine⁵

Po izteku leta 2010 je vodja programske skupine izr. prof. dr. Rudi Pušenjak, zaradi odhoda v pokoj zapustil programsko skupino, ki jo je v skladu s sklepom ARRS v vodenje prevzel red. prof. dr. Nenad GUBELJAK. Zastavljeni cilji odbrenega programa ostajajo enaki kot pri odobritvi, vendar doseženi rezultati raziskav niso kazali, da bo programska skupina v tedanji sestavi izpolnila cilje. Po pregledu dosežkov in možnosti se je vodja programske skupine odločil, da sestavo programske skupine obnovi v danem obegu raziskovalnih ur in sredstev. Predlagana je nova sestava programske skupine z raziskovalci, ki v zadnjih letih beležijo boljše reference in so zmožni uresničiti zastavljene cilje do konca leta 2011! Predvideno je da se začne s takojšnjo aplikacija merilne opreme za on-line monitoring s posenemanjem podatkov in daljninskim brezžičnim prenosom, za kaj je angažiran dr. A. Veg. Pravtako predvidena je uporaba novih sodobnih modelov za določitev dinamične trdnosti materialov, ki je nujna za določitev življenjske dobe. Ob tem je zastavljeno, da se pristopi razvoju avtomatizacije izvajanja stereoptičnih meritev za kalibracijo merilne opreme v laboratoriju in aplikacija meritev na konstrukcijske komponente. Programiranje meritev se izvaja z odprtim računalniškim kodom Python, ki ga je prevzel novi član programske skupine doc. dr. Marko Pinterič. V tim za razvoj preizkuševalne opreme je vključen dr. Vinko Močilnik. Tako programsko skupino sestavljajo, poleg vodje še doc. dr. Jožef Predan (numerične analize z metodo končnih elementov) in izr. prof. dr. Marko Kegl optimiranje linearnih mehanskih sistemov. Na osnovi doseženih rezultatov je prijavljen nov raziskovalni program, s povdankom na temeljnih in aplikativnih raziskavah razvoja konstrukcijskih komponent iz heterogenih materialov z namenom zagotoviti bistveno višjo trajno dinamično trdnost in nizko občutljivostjo na razpoke oz. porušitev.

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁶

Znanstveni dosežek		
1.	COBISS ID	15050006 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<p><i>SLO</i> Konstruiranje CTOD-R krivulje na osnovi meritev pomikov na površini</p> <p><i>ANG</i> CTOD-R curve construction from surface displacement measurements</p>
	Opis	<p><i>SLO</i> Določitev krivulje lomne odpornosti materiala CTOD-R (ali J-R) zahteva primerno meritev odpiranja na konici razpoke (CTOD) v odvisnosti od rasti razpoke. Postopek je lahko opravljen v skladu z veljavnimi standardi kot so ASTM E1820, BS 7448 ali drugimi standardi in predpisi (npr. GTP02, ESIS92, ...) za meritev lomne žilavosti. Vsi standari predpisujejo meritev odpiranja za določitev kalibracijske krivulje samega materiala. V članku je bila opravljena analiza lomnega obnašanja na osnovi spremljanja površine preizkušanca. Preizkusi so opravljeni s tridimenzionalnim optičnim spremljanjem pomikov na površini, na osnovi katerega so se določili parametri mehanike loma in začetek rasti razpoke. Testi so pokazali da na osnovi površinskih meritev lahko izračunamo tudi standardne pomike s tki. CMOD merilci, s čemer je omogočeno, da se za zaključno CTOD-R krivuljo uporabi normalizacijski postopek. Predstavljena metoda predstavlja prednost za meritev lomnega obnašanja oz. lomne žilavosti predvsem v primeru, ko ni mogoče CMOD merilec pritrditi na površini konstrukcijske komponente v naravi. Enostavni način optičnega spremljanja rasti razpoke nam daje odvisnost silapomik CMOD, ki je sicer zahtevan po standardu. Rezultati kažejo, da je možno s pomočjo meritev na površini določiti tudi trenutek iniciacije rasti razpoke na osnovi relaksacije deformacij.</p> <p><i>ANG</i> The construction of a fracture resistance delta-R (or J-R) curve requires the appropriate measurement of crack-tip opening displacement (CTOD) as a function of crack extension. This can be made by different procedures following ASTM E1820, BS7448 or other standards and procedures (e.g., GTP-02, ESIS-P2, etc.) for the measurement of fracture toughness. However, all of these procedures require standard specimens, displacement gauges, and calibration curves to get intrinsic material properties. This paper deals with some analysis and aspects related to the measurement of fracture toughness by observing the surface of the specimen. Tests were performed using three-dimensional surface displacement measurements to determine the fracture parameters and the crack extension values. These tests can be conducted without using a crack mouth opening displacement-CMOD or load-line displacement gauge, because CMOD can be calculated by using the displacement of the surface points. The presented method offers a significant advantage for fracture toughness testing in cases where a clip gauge is not easy to use, for example, on structural components. Simple analysis of stereo-metrical surface displacements gives a load vs. crack opening displacement curve. Results show that the initiation of stable crack propagation can be easily estimated as the point of the curve's deviation. It is possible to determine the deviation point if the crack opening displacement measurements are close to crack tip in the plastic zone area. The resistance curve, CTOD-R, is developed by the local measurement of crack opening displacement (COD) in rigid body area of specimen. COD values are used for the recalculation with the CMOD parameter as a remote crack opening displacement, according to the ASTM standard.</p>
	Objavljeno v	Pergamon Press.; Engineering fracture mechanics; 2011; Vol.78, issue 11; str. 2286-2297; Impact Factor: 1.353; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.301; WoS: PU; Avtorji / Authors:

		Gubeljak Nenad, Chapetti Mirco D., Predan Jožef, Landes John D.	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
2.	COBISS ID	15200534	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Biološko inspiriran kriterij za zasnovo materialov, ki so odporni na poškodbe s periodičnim spreminjanjem mikrostruktur
		ANG	Bioinspired design criteria for damage-resistant materials with periodically varying microstructure
	Opis	SLO	Veliko bioloških materialov, kot so kosti, školjke, ali nekateri skeleti globokomorskih steklenih spužv, imajo hierarhično strukturo, ki jih naredi trde, čvrste in odporne na poškodbe. Različne strukturne značilnosti, ki prispevajo k tem izjemnim lastnosti so bodo obravnavane. Skupna značilnost teh materialov je periodično ureditev strukturnih elementov z zelo različnimi togostnimi lastnostmi, ni predmet pozornosti do sedaj. V članku je pokazano, da je periodično spreminjanje lastnosti materiala eden od prevladujočih razlogov za visoko odpornost na porušitev teh struktur in njihovo odpornost oz. imunost na kratke razpoke. Če sestavljeni kompozitne arhitekture izpolnjujejo nekatera pravila oblikovanja, ki izhajajo v članku, zelo toga struktura postane odporna proti zlomom in predvsem toleranten na kratke razpoke oz. napake. To arhitekturno merilo predstavlja navdih iz narave in vsebuje koristne smernice za oblikovanje na razpoke odpornih umetnih materialov.
		ANG	Many biological materials, such as bone, nacre, or certain deep-sea glass sponges, have a hierarchical structure that makes them stiff, tough, and damage tolerant. Different structural features contributing to these exceptional properties have been identified, but a common motif of these materials, the periodic arrangement of structural components with strongly varying stiffness, has not gained sufficient attention. Here we show that the periodicity of the material properties is one of the dominant reasons for the high fracture resistance of these structures and their tolerance to short cracks. If the composite architecture fulfills certain design rules, which are derived in this paper, the stiff structure becomes fracture resistant and, most of all, flaw tolerant. This architectural criterion inspired from nature provides useful guidelines for the design of defect-tolerant resistant man-made materials.
	Objavljeno v	Wiley Interscience; Advanced functional materials; 2011; Vol. 21, iss. 19; str. 3634-3641; Impact Factor: 10.179; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.27; A ^{''} : 1; A ['] : 1; WoS: DY, EI, NS, PM, UB, UK; Avtorji / Authors: Kolednik Otmar, Predan Jožef, Fischer Franz Dieter, Fratzl Peter	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
3.	COBISS ID	13792534	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Utrujenostna rast razpoke v območju praga pod vplivom zaostalnih napetosti
		ANG	Fatigue crack propagation in threshold regime under residual stresses
	Opis	SLO	Vpliv zaostalnih napetosti v območju praga utrjenostne rasti je anliziran na osnovi višine faktorja intezitete napetosti. Utrujenostna rast je spremljana na enostransko zarezanem upogibnem preizkušancu iz zvarnega spoja. Zaostale napetosti so povzročile spremembo v obliki fronte utrjenostne rasti razpoke. S spreminjanjem nivoja obremenitve se spreminja višina in porazdelitev faktorja intezitete napetosti. Na osnovi spreminjanja oblike fronte razpoke in faktorja intezitete napetosti je možno oceniti višino zaostalnih napetosti, ki vpliva na rast utrjenostne razpoke.
			The effect of residual stress on the fatigue crack propagation was analysed for a loading regime close to threshold stress intensity factor

		range. Fatiguecrack propagation experiments were performed on single edge notched bending specimens machined from a welded plate. The residual stresses induced a variation in the crack propagation rate along the crack front. By varying the stress ratio and the stress intensity factor range different shapes of crack front can be realized. From the shape of the crack front and the variation of the crack front the resulting residual stresses and local stress intensity can be determined by means of finite element modeling. By using somesimplifications it is possible to estimate the limit values of the stress intensity factor induced by the residual stresses at selected regions.
	Objavljeno v	Butterworth Scientific Limited; International journal of fatigue; 2010; Vol. 32, iss. 7; str. 1050-1056; Impact Factor: 1.799;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.909; A': 1; WoS: IU, PM; Avtorji / Authors: Predan Jožef, Pippan Reinhard, Gubeljak Nenad
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID	16206358 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Uporaba cikličnega J-integrala kot parametra za iniciacijo utrujenostne razpoke pri X52 jeklu ANG The use of cyclic $[\Delta] J_{[ro]}$ as a parameter for fatigue initiation of X52 Steel
	Opis	SLO Koncept cikličnega J-integrala se lahko razširi na iniciacijo utrujenostne razpoke, ki nastane na zarezi kot mestu koncentracije napetosti. Parameter se pogosto imenuje tudi delta J _{ro} . Spreminjanje parametra je ocenjeno na posebnem preizkušancu tki. "rimski strešnik", ki je izdelan iz X52 jekla za cevovode. Inicijacija utrujenostnega loma je ugotovljena z akustično emisijo. Ugotovljeno je, da odpornost na iniciacijo utrujenostne razpoke se zmanjšuje zaradi prisotnosti vodika v jeklu, kar se lahko pojasni z zmanjševanjem plastičnosti in žilavosti materiala. ANG The concept of $[\Delta]J$ cyclic has been extended to fatigue initiation emanating from notch. The parameter is then named $[\Delta]J_{[ro]}$. Validation of this parameter is made by fatigue tests made on Roman tile specimens made in X52 pipe steel. Here, fatigue initiation is detected by acoustic emission. It has been found that the fatigue initiation decreases after hydrogen absorption. This can be explained by interaction of hydrogen and plasticity as can be seen for tensileand fracture behaviour of X52 steel after introduction of hydrogen.
	Objavljeno v	Pergamon Press.; Engineering fracture mechanics; 2012; Vol. 96; str. 82-95; Impact Factor: 1.353;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.301; WoS: PU; Avtorji / Authors: Capelle J., Predan Jožef, Gubeljak Nenad, Pluvinage Guy
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
5.	COBISS ID	15654934 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Modeli za natezno preizkušanje nizko-ogljčnega mikrolegiranega jekla z visoko vsebino niobija ANG Tensile test models for low-carbon microalloyed steels with high niobium contents
	Opis	SLO Predstavljena je raziskva vpliva različnih parametrov valjanja (2 razmerja valjanja ob 3 hitrosti ohlajanja) in kemičnih elementov kot so C, Mn, Nb, Ti, Mo, Ni, Cr, Cu in B v nizko-ogljčnem mikrolegiranme jeklu z visoko vsebino Nb. V okviru raziskovalne naloge je bil zastavljen obseg eksperimentalnih testiranja na 26 različnih šaž izdelanih v laboratoriju. Kobminiranjem metalografskih raziskav, elektronske povratne difrakcije in nateznih preizkusov je ocenjen vpliv posameznih tehnoloških parametrov izdelave jekla in kemijske sestve na mehanske lastnosti. Dobljeni eksperimentalni rezultati kot so meha tečenja, natezna trdnost

		in raztezek so bili analizirani statistično z večkratno regresijsko tehniko za določitev regresijskih enačb. Rezultati kažejo, da prisotnost Nb povečuje trdnosti in omogoča zmanjšanje vsebine ogljika, kar omogoča boljšo varivost jekla brez predgrevanja.
	ANG	In the present investigation, the effect of both: rolling parameters (2 reduction rates and 3 cooling rates) and chemical elements such as: C, Mn, Nb, Ti, Mo, Ni, Cr, Cu and B, has been studied in relation to strength properties in low-carbon microalloyed steels with high niobium contents (up to 0,12 wt. % Nb). For this purpose, an experimental set-up was designed based on an intelligent design of experiments (DoE), resulting in 26 casts (laboratory casts). A combination of metallography, Electron Back-Scattered Diffraction (EBSD) and tensile tests have been performed to study how processing parameters and chemical composition affect the strength. The results, where the proof stress, tensile strength, uniform and fracture elongations are the response variables, have been analysed statistically by means of multiple linear regression technique, leading to response equations. From the results, it was found that the effectiveness of niobium increasing the strength is reduced as carbon content increases. It makes better weldability without pre-heating.
Objavljeno v		Strojarski fakultet; Elektrotehniški fakultet; Građevinski fakultet; Tehnički vjesnik; 2011; Vol. 18, no. 4; str. 561-569; Impact Factor: 0.347; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.881; WoS: IF; Avtorji / Authors: Pérez-Bahillo Marcos, Gubeljak Nenad, Porter David A., López Beatriz, Predan Jožef, Martín-Meizoso Antonio
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati programske skupine⁷

	Družbeno-ekonomski dosežek	
1.	COBISS ID	15078678 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Spreminjanje praga utrujenostne rasti razpoke za vzmetno jeklo s prednapenjanjem ANG Variation of fatigue threshold of spring steel with prestressing
	Opis	SLO Visoktrdnostno jeklo 51CrV4 v poboljšanjem stanju se uporablja za izdelavo paraboličnih listnastih vzmeti tovornih vozil. Dosedanje raziskave so pokazale, da je prag utrujenostne rasti razpoke odvisen od velikosti vključka in trdote. Za ocenitev dopustne velikosti vključkov v vzmetnih jeklih sta bila analizirana dva modela Murakamijev in Chapettijev model. Na osnovi aplikacije Chapettijevega modela je za razmereje utrujanja R=-1, določena S-N (Wohlerjeva) krivulja za vzmetna jekla in ocenjen vpliv velikosti vključka na potek dobljene krivulje. Primerjava med rezultati po modelu in eksperimentalnimi rezultati, ki jih je podjejte naročilo v tujini je pokazalo zelo dobro ujemanje. ANG High strength steel grade 51CrV4 in thermo-mechanical treated condition is used as bending parabolic spring of heavy vehicles. Several investigations show that fatigue threshold for very high cycle fatigue depends on inclusion's size and material hardness. In order to determine allowed size of inclusions in spring's steel the Murakami's and Chapetti's model have been used. The stress loading limit regarding to inclusion size and applied stress has been determine for loading ratio R=-1 in form of S-N curves. Experimental results and prediction of S-N curve by model for given size of inclusion and R ratio show very good agreement. Pre-stressing and shot-peening causes higher compress stress magnitude and consequently change of loading ratio to more negative value and additionally extended life time of spring.

	Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci	
	Objavljeno v	Elsevier; Proceedings of 11th International Conference On The Mechanical Behavior Of Materials, Villa Erba, Como, Italy 2011, June 5-9, 2011; Procedia engineering; 2011; str. 3339-3344; Avtorji / Authors: Gubeljak Nenad, Chapetti Mirco D., Predan Jožef, Senčič Bojan	
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
2.	COBISS ID	15272726	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Dinamična karakteristika hiperelastičnega vzmetnega elementa izpostavljenega vibrirajoči obremenitvi
		ANG	Dynamic characteristic of hyperelastic spring elements subjected to dynamic loading
	Opis	SLO	Membranske jeklene vzmeti karakterizira dolga življenjska doba, boljša izkoriščenost prostora, nizko lezenje in visoke obremenitve ob majhnem povesu. Z večanjem debeline se povečuje togost vzmeti, kar pomeni da dosežemo manjši povos ob večji obremenitvi. Z večanjem obremenitve se zmanjšuje življenjska doba in vzmet se lahko nenadoma krhko zlomi, kar lahko povzroči še dodatne poškodbe na stroju in napravah. Z namenom, da se prepreči krhek zlom membranske vzmeti je na obe površini vzmeti nanešen elastomer. Eksperimentalna preizkušanja in numerični rezultati kažejo, da vzmet dobi progresivno tki. hipeelatično vzmetno karakteristiko. Med naraščanjem tlačne obremenitve elastomera se napetosti v jeklenem delu membranske vzmeti zmanjšujejo, ker večjo deformacijo prevzame elastomer namesto jeklene osnove.
		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 damages 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.
	Šifra	B.05 Gostujoči profesor na inštitutu/univerzi	
	Objavljeno v	2011; Avtorji / Authors: Gubeljak Nenad	
	Tipologija	3.14 Predavanje na tuji univerzi	
3.	COBISS ID	16118550	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Lomno mehanski prestop za določitev Wöhlerjeve krivulje za utrujenostno pokljivost visokotrnostnega vzmetnega jekla
		ANG	Fracture Mechanics determination of Wöhler curve of high strength steel fatigue cracking
			Lomno mehanski pristop in Wohlerjeva krivulja za utrujenostno razpoko pri visokotrnostnih jeklih Fracture mechanic's approach and Wöhler curve on fatigue cracking of high strength steel V okviru predavanja je predstavljen postopek uporabe parametrov mehanike loma za določitev Wohelejeve krivulje za oceno dobe trajanja jekel. ki ne dopuščajo značilne rasti utrujenostne razpoke. Pravočasno

Opis	SLO	odkritje nastanka utrujenostne razpoke pri visoktrdnostnih jeklih, z mejo tečenja nad 1500 MPa, je težavno, saj je kritična velikost razpoke majhna celo pod nekaj milimetrov. V primeru uporabe teh jekel za dinamično obremenjene komponente, kot so vzmeti, ali jeklene vrvi za mostove je pomembno poznati dobo trajanja celo v primeru, ko razpok ni mogoče odkriti. V okviru predavanja bo prvič predstavljena uporaba parametrov mehanike loma in lomne žilavosti ter konstant utrujenostne rasti za določitev S-N krivulje z namenom, da se določi trajna dinamična trdnost materiala.	
	ANG	Lecture provide common issue of Fracture mechanics approach and Wohler curve design in order to determine fatigue limit of damage non-tolerant high strength steel. High strength steel (with yielded stress over 1500 MPa) does not provide any warning or possibility for crack size detection. Such steel are used for high loaded componets as spings but it can be used for rope's steel on the bridges. Therefore, the determination of fatigue limit is crusal for fatigue life time of dynamicaly loaded steel's structure, even in case when we have no-possibility to evaluate fatigue crack length. For first time, we applied fracture mechanics parameters as fracture toughness and fatigue crack growth constants in order to design S-N (Wöhler's) curve in order to determine number cycles to failure regarding to dynamic loading.	
Šifra	B.05 Gostujoči profesor na inštitutu/univerzi		
Objavljeno v	2012; Avtorji / Authors: Gubeljak Nenad		
Tipologija	3.14 Predavanje na tuji univerzi		
4. COBISS ID	15916566	Vir: COBISS.SI	
Naslov	SLO	Naprava za podpiranje stabilnosti in orientacije telesa	
	ANG	Device for balance and body orientation support	
Opis	SLO	Inovacija se nanaša na enoto za podpiranje stabilnosti in orientacije telesa z namenom, da se reši tehnični problem, kako kontrolirati stabilnost in orientacijo med prostoročno stojo in hojo posameznika z izrazito fizično omejitvijo, ki je povzročena s poškodbo ali boleznijo centralnega živčnega sistema ali iz drugih razlogov, npr. s starostjo. Naprava je modularno zasnovana, tako da je možno velikost prilagoditi potrebam uporabnika neglede na spol!	
	ANG	The invention relates to a device for balance and body orientation support, solving the technical problem of how to provide control of balance and body orientation during hands free standing and walking to individuals with compromised physical abilities caused by injury or disease of the central nervous system or other reasons, e. g., age related disability, by a device that is modular and adaptive in size to the individual and her/his needs.	
Šifra	F.32 Mednarodni patent		
Objavljeno v	European Patent Office; 2011; 17 str.; A": 1;A': 1; Avtorji / Authors: Popović Dejan, Veg Aleksandar		
Tipologija	2.24 Patent		

9. Drugi pomembni rezultati programske skupine⁸

--

10. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine⁹

10.1. Pomen za razvoj znanosti¹⁰

SLO

Rezultati raziskovalnega programa se lahko aplicirajo na dinamično obremenjene konstrukcijske komponente in mehanske sisteme, saj povezujejo deformacijsko-napetostno stanje v materialu z zunanjimi statičnimi in dinamičnimi obremenitvami. V okviru raziskovalnega programa so aplicirani postopki za oceno celovitosti konstrukcij z razpoko, ter razviti postopki za izračun števila ciklov oz. dobe trajanja konstrukcije, ki je izpostavljena dinamičnim obremenitvam tki. S-N krivuljo. Razvoj merilnih sistemov za spremljanje deformacijskega obnašanja in vibracij ter prenos izmerjenih veličin s pomočjo spletnih informacijskih tehnologij omogoča "on-line" analizo obremenitvenega stanja in oceno stopnje nevarnosti nastanka porušitve. Sistem je sicer splošno zasnovan, vendar se ob upoštevanju specifičnosti konstrukcije oz. konstrukcijske komponente lahko integralno implementira na mehanski sistem. Opravljene so raziskave, ki so fundamentalnega pomena za obnašanje večplastnih materialov, vendar se ne izvajajo v okviru industrijsko razvojnih nalog. Na področju mehanike smo prispevali k razvoju numeričnih modelov za analiziranje procesov brizganja dizelskih in biodizelskih goriv ter njihovih mešanic v motorje in k razvoju modeliranja gorivnih mešanic.

ANG

The results of the research programme can be applied to dynamically loaded structural components and mechanical systems as they connect the strain-stress rates in the material with external static and dynamic loads. Within the framework of the programme procedures for structural integrity assessment were applied and methods for the calculation of the number of cycles/structural longevity of structures applied to dynamic loads of the S-N curve were developed. The development of measurement systems for monitoring deformation behaviour and vibrations and transfer of measured parameters using internet allows for "on-line" analysis of the strain-stress state and estimation of the danger of collapse. The system is designed for general application, but with taking into account the specification of the structure or structural component it can be integrally implemented onto a mechanical system. Investigations, which are fundamental for the research of behaviour of heterogeneous materials, are performed, however they are not implement in the framework of industrial development research.

10.2. Pomen za razvoj Slovenije¹¹

SLO

Raziskovalna skupina se uveljavlja kot razvojno in aplikativno usmerjena skupina, ki poleg fundamentalnih znanstvenih dosežkov prispeva k reševanju problemov za potrebe domačega in tujega gospodarstva. Z razvojem optimalno oblikovanih konstrukcijskih komponent, z uvajanjem in kombiniranjem zgradbe komponente z različnimi materiali izboljšujemo performance dinamično obremenjenega sistema, povečujemo življenjsko dobo in preprečujemo porušitve, ki so do zdaj pogosto zgodile. Razviti modeli in postopki omogočajo boljši vpogled v delovanje dizelskih motorjev z biogorivi in posledično zmanjševanje škodljivih emisij ter izpolnjevanje ekoloških zahtev. Programska skupna je osposobljena tudi za podporo pri razvoju in izvedbi projektov, ki so strateškega pomena na področju energetike in transporta.

ANG

The research group is regarded as development and application oriented, which in addition to fundamental scientific research contributes to problem-solving for the needs of both domestic and foreign industry. With the development of optimal design of structural components, with introducing and combining new materials in components the performance of the dynamically loaded systems is increased, resulting in longer life time and collapse prevention, which happened often previously. The research team is qualified for research support and the performing of project with strategic impact in energetics and transportation.

11. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov v obdobju 1.1.2009-31.12.2012¹²

11.1. Diplome¹³

vrsta usposabljanja	število diplom
---------------------	----------------

bolonjski program - I. stopnja	4
bolonjski program - II. stopnja	
univerzitetni (stari) program	8

11.2. Magisterij znanosti in doktorat znanosti¹⁴

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	MR	
1379	Vinko Močilnik	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	

Legenda:

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

12. Pretok mladih raziskovalcev – zaposlitev po zaključenem usposabljanju¹⁵

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

13. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov ter študentov iz tujine, daljše od enega meseca, v obdobju 1.1.2009-31.12.2012

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

14. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v obdobju 1.1.2009-31.12.2012¹⁶

SLO

Raziskovalna skupina intenzivno sodeluje v okviru mednarodnih in bilateralnih projektov z inštituti in univerzami v tujini, in sicer z Material Center Leoben in Inštituom Erich Schmid na projektu Avstrijske akademije za znanost, ter Eureka projekta E! OLMOST z Inovacionim centrom Mašinskog fakulteta u Beogradu, kakor tudi na bilateralnih projektih Proteus z Univerzo v Metz, Univerzo v Mar del Plati, z Rusko akademijo za znanost Inštituom za mehaniko, Univerzo v Tennesseeju v Knoxvilleu. V okviru sodelave smo objavili skupne članke v mednarodnih revijah in skupne prispevke na mednarodnih konferencah.

15. Vključenost v projekte za uporabnike, ki v so obdobju trajanja raziskovalnega programa (1. 1. 2009 – 31. 12. 2012), potekali izven financiranja ARRS¹⁷

SLO

Raziskave za:

Slovenske Železnice: *Analiza celovitosti osi osnih dvojic železniških vozil : končno poročilo po pogodbi, 1., 2. in 3. faza*. Maribor: Fakulteta za strojništvo, Inštitut za konstrukterstvo in oblikovanje, 2008. 25 f., ilustr. [COBISS.SI-ID [12940054](#)]

Litostroj E.I.: *Određivanje lomne žilavosti materijala lopate turbine za HE Dubrava*. Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2009. 15 f., ilustr. [COBISS.SI-ID [13653526](#)]

NEK: *Aplikacija mehanike loma pri revitalizaciji energijskih komponent. Del 4 : končno poročilo : elaborat za Nuklearno elektrarno Krško*. Maribor: Fakulteta za strojništvo, Laboratorij za strojne elemente in konstrukcije, 2010

Palfinger Maribor: *Fracture toughness testing of weld joints and structural steel : final report no. 6-NG/09*. Maribor: Faculty of Mechanical Engineering, Institute for Structures and Machine Design, 2009. [32] f., ilustr. [COBISS.SI-ID [13412374](#)]

Structure integrity assessment of extension boom 1 : final report no. 10-NG/10. Maribor: Faculty of Mechanical Engineering, Institute for Structures and Machine Design, 2009. 21 f., ilustr. [COBISS.SI-ID [13527830](#)]
kategorija: SU (S)

TCG Learnica Ohrid: *Dauerschwingfestigkeitversuche und statische Zerreiβversuche an EM-Snubber Casing 17 10332A (TCG=697.20) : Prüfbericht 6-NG-2008 für TCG Learnica, Ohrid, Makedonija*. Maribor: Fakultät für Maschinenbau, Labors für Maschinenelemente und Konstruktionen, 2008. 6 f., ilustr. [COBISS.SI-ID [12646166](#)]

MLM Livarna: *Dauerschwingfestigkeitversuche und statische Zerreiβversuche an V185 OTB-BRACKET 174012 : Prüfbericht 3-NG-2011 für Mariborska livarna Maribor*. Maribor: Fakultät für Maschinenbau, 2011. 10 str., ilustr. [COBISS.SI-ID [15630102](#)]

16. Ocena tehnološke zrelosti rezultatov programa in možnosti za njihovo implementacijo v praksi (točka ni namenjena raziskovalnim programom s področij humanističnih ved)¹⁸

SLO

Podjetje s strokovno podporo lahko rezultate raziskav aplicira za izgradnjo in vzpostavitev nadzorna sistema varnega obratovanja konstrukcij, ki bo preprečilo poškodbe ali nevarnost za okolje in ljudi.
Razvoj elektronsko mehanske opreme za spremljanje obremenitev in fizioloških odzivov v rehabilitacijske namene!

17. 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	250.000 EUR
ocena potrebne infrastrukture in opreme ¹⁹	Oprema za izdelavo večplastnih materialov, s kontrolirano debelino in medplastno vgarditvijo senzorjev za meritev deformacij!

18. Izjemni dosežek v 2012²⁰

18.1. Izjemni znanstveni dosežek

18.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

**LETNA POROČILA O REZULTATIH RAZISKOVALNIH PROJEKTOV
V LETU 2012**

LETNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA V LETU 2012

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	skupaj:8430 od tega v letu 2012:2810	
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" 223 BIOMED raziskovanje in strokovno svetovanje d.o.o., Ljubljana, Tugomerjeva 2	
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)	

2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS¹

Šifra	2.03	
- Veda	2 Tehniške in tehnološke vede	
- Področje	2.03 Mehanika	

3. Sofinancerji²

	Sofinancer	
1.	Naziv	BIOMED d.o.o.
	Naslov	Stari trg 4, 1000 Ljubljana

Vrednost sofinanciranja projekta v letu 2012 je znašala:		37.000	EUR
Odstotek od utemeljenih stroškov projekta v letu 2012:		31	%
Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja			Šifra
	1.	Izdelan prototip toplotnega manikina	F.08
	2.	Izdelan računalniški sistem za krmiljenje manikina	F.15
	3.	Pričet Rrazvoj protoipa manikina 3. generacije - dodatna aktivnost (poteči se manikin)	F.06
	4.	Prototip pripravljen za testiranje v človeku nevarnih okoljih	F.08
	5.		
Komentar	Delež sofinanciranja se je direktno prenesel v breme podjetja za nakup potrebne računalniške in elektronske opreme ter angažiranju zunanjih strokovnjakov pri tem.		
Ocena	Pogoj sofinanciranja je bil s tem izpolnjen.		

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

4.Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu v letu 2012³

V letu 2012 smo v okviru raziskovalnega programa razvili kontrolni sistem za krmiljenje toplotnega manikina in ustrezen uporabniški vmesnik. Razvit je tudi prototip toplotnega manikina, kar pomeni da je razvita in izdelana strojna oprema (DP4). V slednjo spada celotno izdelano telo toplotnega manikina z gibljivimi okončinami, vgradnja temperaturnih senzorjev, ki so optimalno razvrščeni po celem telesu toplotnega manikina. Prav tako so vgrajeni temperaturni senzorji medsebojno povezani v sistemsko enoto in dalje z izdelano enoto za krmiljenje in regulacijo toplotnega manikina. To pomeni, da je v izdelanem prototipu toplotnega manikina možno regulirati temperaturo na površini toplotnega manikina za vse segmente skupaj in tudi po posameznih segmentih. Odločitev za takšen razvoj segmentov se je izkazala za zelo dobro.

5.Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev v letu 2012⁴

Delovne aktivnosti na raziskovalnem projektu so v letu 2012 potekale v skladu z zastavljenimi cilji. Znanju za prototipiranje toplotnega manikina smo dodali in vključili znanja in delovne aktivnosti s področja elektrotehnike – izbira temperaturnih senzorjev, njihova namestitvev in vgradnja v ogrodje (telo) toplotnega manikina. Tukaj je bila potrebna visoka stopnja natančnosti zaradi izdelave optimalnih lukenj, kamor so senzorji bili nameščeni. Namestitev senzorjev, ki je predstavljala precejšnji zalogaj je bila uspešno izvedena. Realizacija poteka v skladu z zastavljenimi cilji.

6.Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine v letu 2012⁵

Izvajanje raziskovalnega programa smo razširili na raziskave razvoja manikina 3. generacije, ki bo poleg toplotnih karakteristik vključeval tudi funkcijo potenja. To je dodaten razvoj, ki v prvotnem planu raziskovalnega dela ni bil vključen. Financiranje tega dela razvoja smo omogočili izvajalci s svojimi sredstvi, v obliki vloženega dodatnega dela, nabave ustreznega materiala in pokrivanja potrebnih zunanjih uslug.

Projektna skupina se v letu 2012 ni spreminjala.

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine v letu 2012⁶

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	25596455	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Osebna zaščitna oprema med zahtevami standardov in uporabo
		ANG	Personal protective clothing between the standars and criteria of use
	Opis	SLO	V prispevku so opisane zahteve za razvoj osebne zaščitne opreme glede na uveljavljene standarde in kriterije ki jih definira končni uporabnik. Proučeni so različni tekstilni materiali, ki na trg lahko vstopajo samo z podeljenim certifikatom ustreznosti za različno stopnjo zaščite.
		ANG	The paper presents and describes the requirements for development of personal protective equipment regarding the standards and criteria that are defined by end user. Different textile materials have been investigated, that are available on the markt only with certification regarding different level of protection.
	Objavljeno v	Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet; Tekstilna znanost i gospodarstvo; 2012; Str. 165-170; Avtorji / Authors: Šajatović Anica, Zavec Pavlinič Daniela, Dragčević Zvonko, Orehovec Zvonko, Belinić Tatjana	
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci		
2.	COBISS ID	26201383	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Vpliv osebne zaščitne opreme na zdravje delavcev
		ANG	The impact of personal protection equipment on worker's health
	Opis	SLO	V prispevku so opisani vplivi iz okolice, ki delujejo na delavca med opravljanjem dela v ekstremnem delovnem okolju. Poudarek je na proučevanju dela v vročem okolju, kjer na človeka deluje visoka temperatura in plamen.
		ANG	The paper presents the impacts from environment that act on workers health while working in extreme working environment. The aim was to investigate of work in hot environment, where the worker is exposed to high temperature and to flame.
	Objavljeno v	Veleučilište u Karlovcu = Karlovac University of Applied Sciences; Zbornik radova; 2012; str. 701-706; Avtorji / Authors: Zavec Pavlinič Daniela, Hursa Šajatović Anica, Mekjavić Igor B.	
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci		
3.	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 požarne lutke, ki se uporablja za določanje stopenj opeklin v primeru ognjevarnih oblačilnih sistemov. Opisana je tudi merilna oprema, kot je požarna 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

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine v letu 2012^Z

Družbeno-ekonomski dosežek			
1.	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	
2.	COBISS ID	26201127	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Ognjevarni oblačilni sistemi varujejo z več sloji
		ANG	Fire retardant clothing systems protect by multilayers
	Opis	SLO	V prispevku je opisan pomen večslojnosti v ognjevarnih oblačilnih sistemih.
		ANG	The paper presents the purpose of the multilayers in the fire retardant clothing systems.
	Šifra	F.02 Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Objavljeno v	Štajerska gospodarska zbornica; Gospodarski izzivi; 2012; Letn. 5, št. 3; str. 37; 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 povabljena 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.
			Author has been invited to the Symposium of the uniform as the expert from the field of development of protective functional clothing system. To

	ANG	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

9. Drugi pomembni rezultati projektne skupine v letu 2012⁸

SLAVINEC, Mitja, ZAVEC PAVLINIČ, Daniela, FRAS, Maja. Toplotno prevajanje skozi vlažne plasti. V: SLAVINEC, Mitja (ur.). 10. znanstvena konferenca Pomurske akademsko znanstvene unije Pomurska akademija Pomurju, Murska Sobota, 30. november in 1. december 2012. 10 let PAZU, smernice za razvoj Pomurja : Pomurska akademija Pomurju : (zbornik povzetkov). Murska Sobota: Združenje Pomurska akademsko znanstvena unija, 2012, str. 8. [COBISS.SI-ID 26337063]

MEKJAVIČ, Igor B., DEBEVEC, Tadej, CIUHA, Urška, MCDONNELL, Adam, MORRISON, Shawnda A., NEWTON, Mark, ZAVEC PAVLINIČ, Daniela. Temperatura prstov med alpskim smučanjem : smernice za razvoj rokavic = Finger temperature during alpine skiing : implications for glove design. V: SIMONČIČ, Barbara (ur.), GORJANC, Marija (ur.). 43. simpozij o novostih v tekstilstvu, Tekstilna obzorja, Ljubljana, 7. junij 2012. Tekstilna obzorja : zbornik izvlečkov. Ljubljana: Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za tekstilstvo, 2012, str. 20. [COBISS.SI-ID 25949479]

MEKJAVIČ, Igor B., ZAVEC PAVLINIČ, Daniela. Vpliv vlage v mikrookolju ognjevarnih oblačil na opeklinke poškodbe = The effect of microclimate moisture within fire retardant clothing on burn injury. V: SIMONČIČ, Barbara (ur.), GORJANC, Marija (ur.). 43. simpozij o novostih v tekstilstvu, Tekstilna obzorja, Ljubljana, 7. junij 2012. Tekstilna obzorja : zbornik izvlečkov. Ljubljana: Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za tekstilstvo, 2012, str. 21. [COBISS.SI-ID 25952039]

MEKJAVIČ, Igor B., VRHOVEC, Bogomir, ZAVEC PAVLINIČ, Daniela. Razvoj in vrednotenje poteče se toplotne roke z možnostjo oprijemanja = Development and evaluation of a gripping swating thermal hand hand manikin. V: SIMONČIČ, Barbara (ur.), GORJANC, Marija (ur.). 43. simpozij o novostih v tekstilstvu, Tekstilna obzorja, Ljubljana, 7. junij 2012. Tekstilna obzorja : zbornik izvlečkov. Ljubljana: Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za tekstilstvo, 2012, str. 22. [COBISS.SI-ID 25952295]

10. Izjemni dosežek v letu 2012⁹

10.1. Izjemni znanstveni dosežek

TEHNIKA

Področje: 2.10 – Proizvodne tehnologije in sistemi

Dosežek 1: Vrednotenje interventnih oblačil za gasilce s pomočjo požarne lutke; Vir: Karlovac University of Applied Sciences; Zbornik radova; 2012; str. 707712; Avtorji / Authors: Zavec Pavlinič D., Hursa Šajatović A., Mekjavič I. B.

Za izjemni znanstveni dosežek štejemo razvoj toplotnega manikina, ki je nastajal na podlagi zahtev končnih uporabnikov. Pri tem so iz zahtev končnih uporabnikov definirani segmenti v katere se je manikin razdeljen. S pomočjo tako oblikovanih segmentov je možno določanje regionalne toplotne izolacije, kar je pomembno za razvoj oblačilnih sistemov glede na predpisane zahteve standardov. S tem so doseženi glavni cilji: preprečiti napačno kombinacijo tekstilnih materialov znotraj enega oblačilnega sloja, povečati regionalno toplotno izolacijo glede na fiziologijo posameznika kot končnega uporabnika.

10.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

TEHNIKA

Področje: 2.10 – Proizvodne tehnologije in sistemi

Dosežek 1: Delovno oblačilo: za zdravje, udobje ali za delovno učinkovitost? Vir: Štajerska gospodarska zbornica; Gospodarski izzivi; 2012; 5, št. 1; str. 16; Zavec Pavlinič D.

Razviti toplotni manikin se bo uporabljal (in se deloma že uporablja) za testiranje različnih zaščitnih in delovnih oblačilnih sistemov, ki jih ljudje uporabljajo v ekstremno nevarnih oz. neprijaznih delovnih okoljih, kot so vojska, mornarica, piloti, športni oblačilni sistemi za ekstremne športne aktivnosti. Na podlagi regionalnega ovrednotenja toplotne izolacije je možno razviti oblačilne sisteme z različno povečano ali zmanjšano toplotno izolacijo, kar je pri opravljanju intenzivnega dela zelo pomembno, da ne pride do pregretja človeka oz. do podhladitve v primeru ekstremno hladnega delovnega okolja. To se v gospodarstvu doseže z optimalno kombinacijo tekstilnih materialov, ki je na posameznih segmentih lahko znatno drugačna.

LETNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA V LETU 2012

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	skupaj:8430 od tega v letu 2012:2810
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

2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS¹

Šifra	2.03
- Veda	2 Tehniške in tehnološke vede
- Področje	2.03 Mehanika

3. Sofinancerji²

	Sofinancer		
1.	Naziv	Cimos d.d. Avtomobilska industrija	
	Naslov	Cesta Marežganskega upora 2, 6000 Koper,	
	Vrednost sofinanciranja projekta v letu 2012 je znašala:	43.000	EUR

Odstotek od utemeljenih stroškov projekta v letu 2012:		33	%
Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja			Šifra
	1.	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
	2.	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 Apri	B.03
	3.	PEVEC, Miha, POTRČ, Iztok, BOMBEEK, Gorazd, VRANEŠEVIĆ, Darko. Prediction of the cooling factors of a vehicle brake disc and its influence on the results of a thermal numerical simulation. Int. j. auto	A.01
	4.	PEVEC, Miha, VRANEŠEVIĆ, Darko, ODER, Grega, POTRČ, Iztok, ŠRAML, Matjaž. Modifying the brake drum geometry to avoid selfexcited vibrations and noise. J. Vibroeng. (Vilnius), June 2012, vol. 14, iss.	A.01
	5.		
Komentar	Rezultati Aplikativnega raziskovalnega projekta so bili uspešno umeščeni v raziskovalno delo razvojno-raziskovalne skupine v programskem področju deli podvozja v Cimos d.d. Kot rezultat sodelovanja je nastalo nekaj objav, ki so bile sprejete v revije vključene v baze faktorjev vpliva - JCR in nekaj objav na mednarodnih konferencah.		
Ocena	Natančno določevanje toka zraka skozi in okoli zavornega diska igra bistveno vlogo pri napovedovanju odvoda toplote iz površin zavornega diska zaradi konvekcije. Bolj natančno kot določimo te koeficiente, bolj natančno lahko simuliramo temperaturo zavornega diska med obratovanjem. To pomeni, da pri dimenzioniranju lahko prihranimo na materialu in teži in s tem pridobimo na konkurenčnosti. Dosedanja praksa v razvojno-raziskovalni skupini je upoštevala uporabo turbulenčnega modela k-epsilon in simulacije izseka zavornega diska, kar pa je bilo s tem projektom izboljšano. Trenutna metodologija upošteva turbulenčni model SST in uporabo celotne geometrije zavornega diska z uporabo modela MRF. Prav tako je bil narejen napredek pri opisovanju mejne plasti, predvsem z novimi metodami mreženja.		

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu v letu 2012³

Eksperimentalni del

Končali smo meritve na aksialnem ventilatorju. Pokazal se je velik vpliv dušenja (pred ali za ventilatorjem) na tokovne razmere okoli lopatice rotorja. Pojavljala so se območja odcepljenega toka in povratnega toka. Pokazalo se je, da teh struktur ne moremo popisati z numerično simulacijo na osnovi RANS in URANS po celotni obratovalni krivulji. Ujemanja pri majhnem dušenju so zadovoljiva pri večjem dušenju pa prevelika ali pa numerične simulacije ne konvergirajo. Odločili smo se, da bomo zaradi tega spremenili način vpetja zavornega diska, da bo enak kot na avtomobilu. (na preskuševališču za zavorne sisteme v Cimos-u je pogon na drugi strani kot v avtomobilu). Novo vpetje je

trenutno v izdelavi, se pa bo del eksperimentov na preskuševališču v Cimos-u ponovil na novem vpetju. Izvedli smo tudi primerjavo- »umerjanje« termokamere in meritve s termoelementi v laboratorijskem okolju in določili koeficient emisivnosti za material in stanje površine, ki dejansko nastopa na zavornih diskih. Pridobili smo podatke za nov disk, disk po zmernem preskušanju in disk po ekstremnem preskušanju. Pokazalo se je, da se pri približno 450°C začne na površini diska nabirati oksid, ki bistveno vpliva na meritve s termokamero. Podobno stanje površine nastopi tudi po preskušanju na preskuševališču pri nekoliko višjih maksimalnih temperaturah, vendar je nabiranje oksida omejeno zaradi delovanja zavornih oblog in krajše g a časa izpostavljenosti temperaturam. Izdelali smo tudi sistem za proženje za sinhronizacijo termokamere in preskuševališča za zavorne sistema.

Numerične raziskave

Že izvedene numerične raziskave simuliranja toplotno-tokovnih razmer pri hlajenem zavornem disku glede območja reševanja, računske mreže, RANS turbulentnih modelov, primernost robnih pogojev smo v tem obdobju nadgradili s časovno odvisnimi izračuni tako toplotno-tokovnega dogajanja v okoliškem zraku kot tudi toplotnih razmer v samem disku. Cilj nadgradnje je simulirati oziroma napovedovati kritična vroča območja (temperaturo) zavornega diska glede na standardiziran test zaviranja, ki ga opravlja podjetje Cimos d.d. v matičnem podjetju.

Numerični model je bil v prvem delu nadgrajen s predpisom vnesenega toplotnega toka (trenje med diskom in ploščicami) v sam zavorni disk pri zaviranju iz 100km/h do samega mirovanja, kot povprečna konstantna ali kot časovno linearno odvisna vrednost. Zaradi obravnave krožnega izseka hlajenega zavornega diska (manjše računske mreže, krajši računski časi) smo naredili predpostavko da se vneseni toplotni tok vnese v disk po celotnem obodu, kar deloma drži, saj se disk pri 100km/h zavrti kar 16krat v sekundi.

Zaradi obravnave prenosa toplote tako v disku kot v okoliškem hladilnem zraku je bilo potrebno nadgraditi model na časovno odvisnega. Tako je bilo narejenih kar nekaj različnih kombinacij časovno odvisnih izračunov hlajenja zavornega diska za čas enega 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 hitrosti diska in s tem povezanim tokovnim poljem kot prenosa toplote v disku in zraku.

Model je bil nadgrajen tudi z upoštevanjem sevanja zavornega diska, saj se le-ta segreje na dokaj visoke temperature pri testiranju oziroma ponavljajočem zaviranju (500°C). Prav tako pa smo upoštevali tako spremenljive snovske lastnosti zraka kot materiala diska (siva litina).

V zadnjem obdobju pa po želji čim boljšega opisa toplotno-tokovnih razmer hladilnega zraka v okolici samega zavornega diska (hladilni kanali), saj le-te vplivajo na samo učinkovitost hlajenje, je bil model nadgrajen z LES pristopom modeliranja turbulence. Testirani RANS modeli so primerni le za stacionarne izračune oziroma URANS za časovno odvisne. V prejšnjem delu smo tako omenjene modele testirali le med seboj, še vedno pa je na takšen način težko oceniti primernost enega ali drugega. Tako bomo njihovo primernost ovrednotili z LES modelom, saj je le-ta superioren, ki pa zahteva neprimerno gostejše mreže in krajše časovne korake, s tem pa daljše računske čase, ki pa za industrijo niso toliko primerni. Omenjeni LES model nam bo podal le vpogled v bolj realno turbulentno dogajanje in s tem primernost posameznih RANS ali URANS modelov.

Rezultati

Rezultati numeričnih simulacij so pokazali, da hitrostna odvisnost vnesenega toplotnega toka nasproti konstantni vrednosti močno vpliva tako na temperaturo diska, njeno porazdelitev v disku kot na razmere v hlajenem zraku zaradi česar jo je smiselno upoštevati. Podobno se odražajo tudi temperaturno odvisne snovske lastnosti materiala diska, ki drastično vplivajo na temperaturo diska pri zaviranju. Nekoliko manj vplivajo spremenljive snovske lastnosti hlajenega zraka na samo temperaturo diska, le-te bolj vplivajo na toplotno-tokovne razmere v okolici diska.

Časovno odvisna obravnava kotne hitrosti diska in s tem povezanim tokovnimi razmerami hlajenega zraka skupaj s časovno odvisno obravnavo temperaturnega polja

pri enem zaviranju smo prišli do ugotovitve, da časovna obravnava tokovnega dogajanja (spreminjanje kotne hitrosti) v večji meri ne vpliva na spremembo temperature diska ampak le na toplotne-tokovne razmere v njegovi okolici. Tako poenostavitev obravnave simuliranja zaviranja diska s stacionarnim hitrostrnim poljem in časovno odvisnim temperaturnim poljem daje kvantitativno dobre rezultate pri neprimerno hitrejših računskih časih, saj so lahko časovni koraki neprimerno daljši. Upoštevanje sevanje pa se je izkazalo za pomembno pri zaporednem večkratnem zaviranju, ko temperatura diska narašča s tem pa tudi sevalni toplotni tok. Tako le-ta doseže pri desetem zaviranju tudi 30% celotnega toplotnega toka. Še vedno pa prenos toplote s konvekcijo predstavlja bistveni mehanizem prenosa toplote pri hlajenju diska.

5. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev v letu 2012⁴

Delo poteka v skladu s cilji. Izdelali smo model hlajenja zaviralnega diska ob upoštevanju sevanja in spremenljivih snovskih lastnostih za simuliranje standardiziranega testa zaviranja, ki ga mora nova oblika diska prestati. Zaradi upoštevanja konstantnih tokovnih razmer in časovno odvisnega prenosa toplote dobimo kvantitativno dobre rezultate, računski časi pa so pri tem kratki oziroma za industrijo in uporabnika kot je Cimos d.d. primerni. V nadaljevanju bo sledila primerjava in korekcija narejenega numeričnega modela z eksperimentalnimi meritvami tako iz strani Cimos d.d. kot Fakultete za strojništvo, UM.

6. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine v letu 2012⁵

/

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine v letu 2012⁶

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	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 vrtljivega 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 medlopaticnem kanalu 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	
3.	COBISS ID	16217622	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Uporaba LabVIEW-a pri študiju značilnosti toka
		ANG	Using LabVIEW in a flow parameters study
	Opis	SLO	Rezultati numeričnih simulacij se lahko validirajo eksperimentalno, ampak običajno se primerjajo samo skupne karakteristike. Če je mogoča hkratna primerjava skupnih in lokalnih karakteristik, se poveča stopnja zaupanja, hkrati pa je mogoče dobiti boljši vpogled v fiziko. Članek predstavlja modularni sistem, ki vključuje več sklopov kot so PIV, koordinatni sistem in sistem za zajemanje podatkov (na osnovi cRIO in/ali večfunkcijske kartice) ki o medsebojno povezani in sinhronizirani. Tako je mogoče hkratno zajemanje skupnih in lokalnih karakteristik, in to z različnimi hitrostmi zajemanja. Modularni sistem omogoča preprosto konfiguracijo in prilagoditve skladne s trenutnimi potrebami. Visoka frekvenca zajemanja digitalnih vhodnih signalov ki jo omogoča cRIO, omogoča tudi analizo in nastavitve zakasnitve prožilnega signala in tako znatno izboljša sposobnosti za zajemanje analognih signalov ki jih omogoča PIV sistem.
		ANG	The results of numerical simulations can be validated experimentally, but usually only the aggregate characteristics are compared. If the aggregate and partial characteristics can be compared at the same time, the level of trust is increased and the physics can be studied in detail. This paper presents a modular measurement system incorporating several devices, including a PIV, traverse system, NI CompactRIO and/or a DAQ, which are synchronized and enable the simultaneous acquisition of aggregate and partial parameters at various sampling frequencies.

		The modular concept allows for easy configuration and adjustments as needed. The high DI sampling frequency achieved by the CompactRIO system enabled the analysis of trigger delay and significantly increased the AI capability of the PIV system.
Objavljeno v	National Instruments = NI; In-depth solutions with graphical system design in Eastern Europe; 2012; Str. 78-82; Avtorji / Authors: Bombek Gorazd, Fike Matej	
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine v letu 2012⁷

	Družbeno-ekonomski dosežek	
1.	COBISS ID	
	Naslov	<i>SLO</i>
		<i>ANG</i>
	Opis	<i>SLO</i>
		<i>ANG</i>
	Šifra	
	Objavljeno v	
	Tipologija	

9. Drugi pomembni rezultati projektne skupine v letu 2012⁸

/

10. Izjemni dosežek v letu 2012⁹

10.1. Izjemni znanstveni dosežek

/

10.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

/

LETNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA V LETU 2012

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	skupaj:8430 od tega v letu 2012:2810	
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	

2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS¹

Šifra	2.05	
- Veda	2 Tehniške in tehnološke vede	
- Področje	2.05 Materiali	

3. Sofinancerji²

	Sofinancer		
1.	Naziv	Unior d.d.	
	Naslov	Zreče, Kovaška c. 10, 3214 Zreče	

	Vrednost sofinanciranja projekta v letu 2012 je znašala:	37.626,86	EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta v letu 2012:	26	%
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		Šifra
	1.	Uporaba finega prahu za sintranje	F.04
	2.	Konstrukcija preizkuševališča za zobnike	F.13
	3.	Numerični model za sintranje	F.02
	4.	Možnost uporabe prevleke iz PEEK na sintranih zobnikih	F.07
	5.		
	Komentar	Stopnja realizacije projekta je v skladu z načrtovanim programom.	
	Ocena	Rezultati prinašajo dodano vrednost podjetju in bodo pomembno vplivali na razvoj podjetja.	
2.	Naziv	Talum d.d.	
	Naslov	Kidričevo, Tovarniška c. 10, 2325 Kidričevo	
	Vrednost sofinanciranja projekta v letu 2012 je znašala:	24.000,00	EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta v letu 2012:	17	%
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		Šifra
	1.	Določitev lastnosti Al prahu	F.01
	2.	Uporaba odpadnega Al prahu za zaprto celične in odprto celične pene	F.06
	3.	Zasnova koncepta izdelave embalaže iz Al	F.06
	4.		
	5.		
	Komentar	Predlagane so bile določene tehnološke spremembe in s tem pokazane možnosti izdelave novih izdelkov.	
	Ocena	Rezultat prinaša velike možnosti razvoja novih izdelkov in reševanje problema uporabe Al prahu kot stranski produkt, kar je rešuje tudi problem okoljske obremenitve.	

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu v letu 2012³

Tudi v letu 2012 je projektna skupina 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 leta 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

določitev 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 Distalloy 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 se bodo izdelali zobniki za preizkušanje na novem preizkuševališču.

Na Institutu Josef Stefan so potekale raziskave možnosti prekritja zobnikov s tanko plastjo visokoodpornega polimera polieter-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 bodo 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. Omenjene študije se bodo tudi v prihodnje izvajale ves čas. 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.

Zasnovana je bila metoda za vrednotenje stanja akustičnih izvorov, ki bo služila za raziskavo hrupnosti sintranih in polimernih zobnikov.

Izvedena je bila tudi študija vpliva zračnosti med trnom in matrico na napetosti v trnu. Ugotovljeno je bilo, da zračnost bistveno vpliva na napetosti v trnu. Pri manjših zračnostih so napetosti manjše kot pri večjih. Ko je zračnost enaka 0, so napetosti najmanjše, vendar to v praksi ni izvedljivo, ker lahko pride do zatikanja orodja.

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 osnovi koncepta izdelave embalaže, na področju elementov ambientalne razsvetljave iz Al pa pri njihovem razvoju. Raziskave so 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.

5. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev v letu 2012⁴

Glede na poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu v letu 2012 v točki 4 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 že predlagali določene tehnološke spremembe kakor tudi pokazali možnost izdelave novih izdelkov, kar omogoča podjetjema dodaten nadaljnji razvoj.

6. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine v letu 2012⁵

V letu 2012 ni prišlo do bistvenih sprememb pri izvajanju programa.

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine v letu 2012⁶

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	16525334	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Računalniško podprto odločanje pri konstruiranju proizvodov
		<i>ANG</i>	Computer aided decision support in product design engineering
	Opis	<i>SLO</i>	Konstruiranje proizvodov je kompleksna disciplina, ki prehajaskozi preobrazbo iz neformalnega in na izkušnjah temelječega področja na znanstveno orientirano področje. Računalniška inteligenca lahko znatno doprinese na področju konstruiranja proizvodov. Vedno bolj je očitno, da uporaba inteligence pri obstoječih računalniških orodjih, kot so sistemi za računalniško podprto konstruiranje, lahko pripelje do pomembnih izboljšav v smislu učinkovitosti in zanesljivosti različnih nalog znotraj konstruiranja proizvoda. Zagotavljanje računalniško podprtega odločanja je eden izmed postopkov računalniške inteligence, ki se je

		pokazala učinkovita pri omogočanju inteligentnega konstruiranja, ki je manj odvisno od izkušenj. V članku so prikazani nekateri od najpomembnejših področij procesa konstruiranja, ki zahtevajo dodatno računalniško inteligenco v smislu računalniško podprtega odločanja. Prikazani so primeri modulov, ki temeljijo na znanju inteligence za to področje.	
	ANG	Product design engineering is a complex discipline, which is undergoing a transformation from informal and largely experience-based domain to scientific oriented domain. Computational intelligence can contribute greatly to product design process, as it is becoming more and more evident that adding intelligence to existing computer aids, such as computer aided design systems, can lead to significant improvements in terms of effectiveness and reliability of various tasks within product design engineering. Providing computer aided decision support is one of the computational intelligence methods that proved to be effective in enabling more intelligent and less experience-dependent design performance. In this paper, some of the most crucial areas of product design engineering process that require additional computational intelligence in terms of computer aided decision support are presented together with some examples of intelligent knowledge-based modules applied to this areas.	
	Objavljeno v	Strojarski fakultet; Elektrotehnički fakultet; Građevinski fakultet; Tehnički vjesnik; 2012; Vol. 19, no. 4; str. 743-752; Impact Factor: 0.347; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.881; Avtorji / Authors: Novak Marina	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
2.	COBISS ID	19420936	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Mešanice nanodelcev in tekočih kristalov, ki vsebujejo topološke defekte
		ANG	Mixtures of nanoparticles and liquid crystal phases exhibiting topological defects
	Opis	SLO	V okviru Landau-de Gennesovega modela je bila analizirana stabilizacija struktur s topološkimi defekti z uporabo nanodelcev v sistemih z zlomljeno zvezno simetrijo. Preučeni so bili pogoji, pri katerih dani nanodelci (ND) stabilizirajo različne topološke defekte v orientacijski urejenosti. Predlagana je nova metoda, ki omogoča izračun elastičnih sil na nanodelce.
		ANG	Nanoparticle driven stabilisation of topological defects is analyzed in systems exhibiting continuous symmetry breaking in the frame of Landau-de Gennes model. We analyze conditions under which specific nanoparticles (NPs) could stabilize various structures exhibiting topological defects in orientationa l ordering. We propose new method via which elastic force on immersed NPs could be calculated.
	Objavljeno v	Taylor and Francis; Proceedings of the 14th International Topical Meeting Optics of Liquid Crystals (OLC 2011); Molecular crystals and liquid crystals; 2012; Vol. 560, iss. 1; str. 115-122; Impact Factor: 0.580; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.267; WoS: FI; Avtorji / Authors: Repnik Robert, Popa-Nita Vlad, Kralj Samo	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine v letu 2012^Z

	Družbeno-ekonomski dosežek		
1.	COBISS ID	264504832	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Gonila s polžnimi pari

		ANG	Worm gears
Opis		SLO	Monografija je sodobno gradivo s področja gonil s polžnimi pari, v kateri so med drugim obravnavana uporaba polžne dvojice iz jekla in polimerov.
		ANG	A monograph is state of the art for worm gears where are also presented worm gears made of stell and polymers.
Šifra	D.10 Pedagoško delo		
Objavljeno v	Pasadena; 2012; XIV, 278 str.; Avtorji / Authors: Flašker Jože, Ren Zoran, Tašner Frančišek		
Tipologija	2.01 Znanstvena monografija		
2.	COBISS ID	262505728	Vir: COBISS.SI
Naslov		SLO	Model inteligentnega sistema za podporo odločanju pri izbiri polimernih materialov v procesu razvoja izdelkov
		ANG	Intelligent decision support system model for polymer material selection within a product development process
Opis		SLO	Proces razvoja izdelka je kompleksen proces, znotraj katerega mora inženir sprejemati mnogo pomembnih odločitev, ki se ne nanašajo le na konstrukcijo, ampak na vse faze dobe trajanja izdelka. Izbira materiala je v sklopu procesa konstruiranja izrednega pomena, saj izbrani material v začetnih fazah razvoja izdelka mamovpliva na vse prihodnje aktivnosti v procesu, ter na posledice, ki jih ima izdelek na okolico v njegovi celotni dobi trajanja. Pri svojem delu konstrukterji mnogokrat naletijo na dileme v procesu odločanja, pri čemer so mladi, neizkušeni inženirji' na začetku kariere, kot tudi mala in srednje velika podjetja, v zapostavljenem položaju, saj pomanjkanje izkušenj posledično pomeni slabši izdelek ali najem strokovnjaka. Vpliv izdelka na okolje je definiran z različnimi parametri ekološkega spektra, ki jih lahko nadzorujemo v procesu izbire materiala. Eden takih je recikliranje, ki je pereča problematika polimernih materialov, saj je delež reciklirane plastike bistveno manjši od deleža drugih materialov. K varni vpliv človeka na okolje in izkoriščanje neobnovljivih virov tako kažeta na pomembnost težnje k trajnostnemu razvoju. Z razvojem modela sistema za podporo odločanju pri izbiri polimernih materialov z upoštevanjem okoljskega vidika smo v sklopu doktorske disertacije skušali doprinesti k znanosti tega področja ter predvsem razviti računalniško podporo pri konstruiranju okolju prijaznih izdelkov iz polimernih materialov v inženirski praksi.
		ANG	Product development process is a complex process and also decision-making process, which is not related only to product design but to all phases of products life cycle. Material selection within design process is of great importance as preliminary material selection in early stages of design influences activities to follow and define the impact that product has on the environment through its life cycle. Young and inexperienced designers as well as small and medium sized enterprises are often in arduous position as they face dilemmas in decision-making due to lack of experience consequentially resulting as a bad design or hiring an expert. Products environmental impact is defined with various ecological parameters, which could be controlled in material selection process. Recyclability is one of problematic ecological parameters for polymer matenab as their recycle fracture in current supply is quite low in comparison to other materials. Negative human influence on the environment and exploitation of non-renewable resources are pointing out the importance of sustainable development. Intelligent decision support system model for polymer material selection considering environmental impact developed and presented in this doctoral thesis is an original contribution to scientific society. Moreover, system model is computer support for designing environment-friendly polymer products in

		engineering practise.
	Šifra	F.05 Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja
	Objavljeno v	U. Sancin]; 2012; X, 91 f., [51] f. pril.; Avtorji / Authors: Sancin Urška
	Tipologija	2.08 Doktorska disertacija
3.	COBISS ID	16443670 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Vrednotenje stanja akustičnih izvorov
		<i>ANG</i> Visualization of sound sources
	Opis	<i>SLO</i> Ponazoritev izvorov hrupa predstavlja pomembno orodje v tehniški akustiki. Poznamo veliko tehnik za ponazoritev, ki temeljijo na posebnih izvori hrupa in na posebnih tipih okolja. V članku je predstavljena metoda ponazoritve kompleksnega izvora hrupa z uporabo akustične kamere in posebnega algoritma, v katerem je družina biortogonalnih valjčkov uporabljena za določevanje napak v zobnikih.
		<i>ANG</i> Noise source visualization represents an important tool for technical acoustics. Many techniques of noise source visualisation have been developed, based on a specific noise source in a specific type of acoustic environment. A visualisation method of complex noise sources is presented, using an acoustic camera and a special algorithm where a family of biorthogonal wavelets is applied to determine faults in gears.
	Šifra	F.01 Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin
	Objavljeno v	Profidtp; IRT 3000; 2012; Letn. 7, št. 41 (5); str. 14-16; Avtorji / Authors: Belšak Aleš, Prezelj Jurij
	Tipologija	1.04 Strokovni članek

9. Drugi pomembni rezultati projektne skupine v letu 2012⁸

1. 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 boljše stisljivost. Glede na boljše 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.
2. 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 tako sintranih kot polimernih zobnikov.
3. Izvedena je bila študija vpliva zračnosti med trnom in matrico na napetosti v trnu. Ugotovljeno je bilo, da zračnost bistveno vpliva na napetosti v trnu. Pri manjših zračnostih so napetosti manjše kot pri večjih. Ko je zračnost enaka 0, so napetosti najmanjše, vendar to v praksi ni izvedljivo, ker lahko pride do zatikanja orodja.
4. 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.
5. Možnosti prekritja zobnikov s tanko plastjo visokoodpornega polimera polieter-eter keton (PEEK) z namenom izboljšanja triboloških lastnosti zobnika. 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.

10. Izjemni dosežek v letu 2012⁹

10.1. Izjemni znanstveni dosežek

Razvita je bila nova metoda, s katero se določi skupni naboj topoloških defektov v tankih

plasteh materialov, ki izkazujejo orientacijsko urejenost. Uporabljen je bil Landau-de Gennesov model, pri katerem urejenost opisuje tenzorski ureditveni parameter. Izpeljana je bila relacija, ki podaja skupni topološki naboj v plasti, ki jo omejuje poljubna zanka. Metoda prav tako omogoča vsiljevanje želenih topoloških defektov v danem območju sistema.

10.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

Raziskava je pokazala, da je Al prah Talum odličen izhodni material za uporabo v končnih izdelkih metalurgije prahov, ker ima zanimivo kemijsko sestavo, ni pretirano oksidiran, je morfološko sicer dokaj neugoden (fini ploščati delci). Njegove lastnosti se da izboljšati z dodatnimi postopki. Uporabiti ga je mogoče tako za konvencionalno sinter tehnologijo, kot tudi izdelavo kovinskih pen ali popolnoma zgoščenih izdelkov tipa ODS oz. MMCs. Seveda je primarno izhodišče ustrezno tržišče, ki ga bo potrebno verjetno še poiskati. Nadaljnje bolj kompleksne akcije in raziskave v okviru pričujočega ali novega projekta in morda doktorske disertacije pa naj bi pokazale dejanske dosegljive lastnosti in uporabnost tega materiala.

LETNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA V LETU 2012

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	skupaj:8430	od tega v letu 2012:2810	
Cenovni razred	B		
Trajanje projekta	07.2011 - 06.2014		
Nosilna raziskovalna organizacija	795	Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo	
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	206 1716 2334 3063	Inštitut za kovinske materiale in tehnologije ZLATARNA CELJE družba za proizvodnjo in promet s plemenitimi kovinami d.d. UNIVERZA V MARIBORU, Medicinska fakulteta TERNIK PRIMOZ - zasebni raziskovalec	
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 2.10 2.10.02	TEHNIKA Proizvodne tehnologije in sistemi Izdelovalna tehnologija	
Družbeno-ekonomski cilj	06.	Industrijska proizvodnja in tehnologija	

2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS¹

Šifra	2.10		
- Veda	2	Tehniške in tehnološke vede	
- Področje	2.10	Nanotehnologija	

3. Sofinancerji²

	Sofinancer		
1.	Naziv	Zlatarna Celje d.d.	
	Naslov	Kersnikova ulica 19, 3000 Celje	
	Vrednost sofinanciranja projekta v letu 2012 je znašala:	17.039,13	EUR

Odstotek od utemeljenih stroškov projekta v letu 2012:		13	%
Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja			Šifra
1.	RUDOLF, Rebeka, FRIEDRICH, Bernd, STOPIĆ, Srečko, ANŽEL, Ivan, TOMIĆ, Sergej, ČOLIĆ, Miodrag. Cytotoxicity of gold nanoparticles prepared by ultrasonic spray pyrolysis. J. biomater. appl., Jan. 2012, vol. 26, no. 5, str. 595-611		A.01
2.	RUDOLF, Rebeka, ZORKO, Lidija, ANŽEL, Ivan, STOPIĆ, Srečko, FRIEDRICH, Bernd. Izdelava zlatih nanodelcev s predelavo odpadnega zlata = Gold scrap processing technology for nanoparticles. Livar. vestn., 2012, let. 59, št. 2, str. 89-103.		A.01
3.	RUDOLF, Rebeka, ANŽEL, Maša, MARKOVIĆ, E., ČOLIĆ, Miodrag, STAMENKOVIĆ, Dragoslav. Gold in the past, today and future. Metalurgija (Sisak), 2012, vol. 51, br. 2, str. 261-264.		A.01
4.	JENKO, Darja, RUDOLF, Rebeka, FRIEDRICH, Bernd, TOMIĆ, Sergej, ANŽEL, Ivan, ČOLIĆ, Miodrag, JENKO, Monika. TEM investigation of gold nanoparticles synthesized by Ultrasonic Spray Pyrolysis. V: EMC 2012 : proceedings of the 15th European Microscopy Congress, 16th-21st September 2012, Manchester, United Kingdom. [S. l.]: Royal Microscopical Society, 2012, 2012, 2 str. 997-1000.		B.03
5.	STOPIĆ, Srečko, RUDOLF, Rebeka. Synthesis of Au-nanoparticles : lectures (6 hours), presented at the RWTH Aachen, Germany. IME Metallurgische Prozesstechnik und Metallrecycling, 06.07.2012. 2012.		B.05
Komentar	Zlatarna Celje d.d. kot sofinancer aplikativnega projekta "Tehnologija izdelave Au nanodelcev" izjavlja, da je delo na projektu v letu 2012 potekalo skladno s programom. Na osnovi dosedanjih rezultatov projekta je v letu 2014 predvidena izgradnja nano-sobe v Zlatarni Celje, kjer bo inštalirana oprema za izdelavo Au nanodelcev. Na osnovi dosedanjih rezultatov raziskovalnega dela smo v okviru projekta pridobili še mesto MR (Peter Majerič), katerega doktorska tema bo prenos USP tehnologije na industrijski nivo v Zlatarno Celje.		
Ocena	Ocena realizacije projekta je pozitivna in skladna s pričakovanji.		
2.	Naziv	Zasebni raziskovalec Primož Ternik s.p.	
	Naslov	Bresterniška ulica 163, 2354 Bresternica	
	Vrednost sofinanciranja projekta v letu 2012 je znašala:	6.125	EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta v letu 2012:	5	%
Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja			Šifra
1.	TERNIK, Primož, RUDOLF, Rebeka. Heat transfer enhancement for natural convection flow of water-based nanofluids in a square enclosure. Int. j. simul. model., 2012, vol. 11, iss. 1, str. 29-39.		A.01
	TERNIK, Primož, RUDOLF, Rebeka, ŽUNIČ, Zoran. Numerical study of heat-transfer enhancement of homogeneous water-Au nanofluid under natural		

	2.	convection = Numerična analiza povečanja prenosa toplote homogene nanotekočine voda-Au pod pogoji naravne konvekcije. Mater. tehnol., maj-jun. 2012, letn. 46, št. 3, str. 257-261.	A.01
	3.	TERNIK, Primož, RUDOLF, Rebeka, ŽUNIČ, Zoran. Numerical study of Rayleigh-Bénard natural convection heat transfer characteristics of water based Au nanofluid. V: GODEC, Matjaž (ur.), DONIK, Črtomir (ur.), PAULIN, Irena (ur.), KOCIJAN, Aleksandra (ur.). 20. jubilejna konferenca o materialih in tehnologijah, 17.-19. oktober 2012, Portorož, Slovenija.	B.03
	4.	MARN, Jure, ILJAŽ, Jurij, ŽUNIČ, Zoran, TERNIK, Primož. Non-Newtonian blood flow around healthy and regurgitated aortic valve with coronary blood flow involved. Stroj. vestn., 2012, vol. 58, no. 7/8, str. 482-491.	A.01
	5.	RUDOLF, Rebeka. Priprava industrijskih projekata i korišćenje finansijskih potencijala za poboljšanje konkurentnosti privrede i veza sa istraživačkim institucijama : predavanje, konferenca "Transfer tehnologija i znanja iz naučno-istraživačkih organizacija u mala i srednja preduzeća", V Savetovanje - Vrdnik - 28.VIII - 1.IX 2012.. 2012.	F.01
Komentar	Primož Ternik kot sofinancer aplikativnega projekta "Tehnologija izdelave Au nanodelcev" izjavlja, da je delo na projektu v letu 2012 potekalo skladno s programom. Na osnovi opravljenega raziskovalnega dela in dobljenih rezultatov smo razširili znanja s področja numerične analize tokovnih in toplotnih razmer v nanotekočinah. Tako smo verjetno med prvimi objavljali bazične rezultate numeričnih modeliranj vodnih - Au nanotekočinah. Pridobili in razširili smo praktična znanja in izkušnje na področju numeričnega modeliranja tokovnih in toplotnih razmer v nanotekočinah. Poznavanje in napovedovanje le-teh pa vodi k učinkovitejšim toplotnim prenosnikom in izboljšani rabi energije.		
Ocena	Ocena realizacije projekta je pozitivna in skladna s pričakovanji, saj poteka delo skladno s predlaganim programom. Teoretični in aplikativni rezultati, predstavljeni in objavljeni v strokovnih krogih, nakazujejo zanimanje industrijskih partnerjev za prenos tovrstnega znanja in metod na industrijski nivo.		
3.	Naziv	RWTH Aachen, IME inštitut Nemčija	
	Naslov	Intzestraße 3, 52056 Aachen, Deutschland	
	Vrednost sofinanciranja projekta v letu 2012 je znašala:	8.677	EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta v letu 2012:	7	%
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		Šifra
	1.	RUDOLF, Rebeka, FRIEDRICH, Bernd, STOPIĆ, Srečko, ANŽEL, Ivan, TOMIĆ, Sergej, ČOLIĆ, Miodrag. Cytotoxicity of gold nanoparticles prepared by ultrasonic spray pyrolysis. J. biomater. appl., Jan. 2012, vol. 26, no. 5, str. 595-611.	A.01
		ĐOKIĆ, Jelena, RUDOLF, Rebeka, TOMIĆ, Sergej, STOPIĆ, Srečko, FRIEDRICH, Bernd, BUDIČ, Bojan, ANŽEL, Ivan, ČOLIĆ, Miodrag. Immunomodulatory	

	2.	properties of nanoparticles obtained by ultrasonic spray pyrolysis from gold scrap. J. biomed. nanotechnol. (Print), June 2012, vol. 8, no. 3, str. 528-538.	A.01
	3.	JENKO, Darja, RUDOLF, Rebeka, FRIEDRICH, Bernd, TOMIĆ, Sergej, ANŽEL, Ivan, ČOLIĆ, Miodrag, JENKO, Monika. TEM investigation of gold nanoparticles synthesized by Ultrasonic Spray Pyrolysis. V: EMC 2012 : proceedings of the 15th European Microscopy Congress, 16th-21st September 2012, Manchester, United Kingdom. [S. l.]: Royal Microscopical Society, 2012, 2012, 2 str.	B.03
	4.	STOPIĆ, Srečko, RUDOLF, Rebeka, ČOLIĆ, Miodrag, ANŽEL, Ivan, FRIEDRICH, Bernd. Synthesis of gold nanoparticle by ultrasonic spray pyrolysis and hydrogen reduction. V: USKOKOVIĆ, Dragan (ur.). Fourteenth Annual Conference YUCOMAT 2012, Herceg Novi, Montenegro, September 3-7, 2012. Programme and the book of abstracts. Belgrade: Materials Research Society of Serbia, 2012, str. 115.	B.04
	5.	STOPIĆ, Srečko, RUDOLF, Rebeka. Synthesis of Au-nanoparticles : lectures (6 hours), presented at the RWTH Aachen, Germany, IME Metallurgische Prozesstechnik und Metallrecycling, 06.07.2012. 2012.	B.05
Komentar	RWTH Aachen, IME institute kot novi sofinancer aplikativnega projekta "Tehnologija izdelave Au nanodelcev" v letu 2012 izjavlja, da je delo na projektu v letu 2012 potekalo skladno z njihovimi pričakovanji. Na osnovi mednarodnega sodelovanja je v nadaljnjem projektnem obdobju predvidena mednarodna izmenjava med raziskovalci projektnih skupin Slovenije in Nemčije.		
Ocena	Ocena projekta je glede na to, da partner RWTH Aachen ni bil predviden v začetni fazi kot aktiven sofinancer, odlična.		
4.	Naziv	Tren d.o.o.	
	Naslov	Vodovodna ulica 30 b, 2000 Maribor	
	Vrednost sofinanciranja projekta v letu 2012 je znašala:	3.000	EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta v letu 2012:	2	%
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		Šifra
	1.	RUDOLF, Rebeka. Innovation and knowledge transfer: EU legislation : lecture, presented at the Workshop on the key role of patents in the transfer of knowledge in the knowledge-based economy INT MARKT 50008, organised in co-operation with Chamber of Commerce and Industry of Serbia and Intellectual Property Office; Venue : Chamber of Commerce and Industry of Serbia, Terazije street, 23, II floor Belgrade, Republic of Serbia, 30 October 2012.	F.34
	2.	RUDOLF, Rebeka. Kaj so biomateriali, njihove funkcionalne lastnosti : predavanje, Pomlad na II. gimnaziji Maribor 2012, 4.4.2012. 2012.	F.18
	3.	Anali PAZU. Rudolf, Rebeka (član uredniškega odbora 2011-2013). Murska Sobota: PAZU, 2011-.	C.07

	4.	RUDOLF, Rebeka. Po sledih napredka - Rebeka Rudolf : TV IDEA - Kanal 10, d.o.o., Murska sobota, sreda, 6. junij 2012 ob 20:50. Murska sobota, 2012.	B.01
	5.	RUDOLF, Rebeka, STAMENKOVIĆ, Dragoslav, RAIĆ, Karlo. Mikroskopija stomatoloških materijala. V: STAMENKOVIĆ, Dragoslav (ur.). Stomatološki materijali. Knj. 2. 1. izd. Beograd: Univerzitet, Stomatološki fakultet, 2012, str. 283-317.	A.02
Komentar	Podjetje Tren d.o.o. kot sofinancer aplikativnega projekta "Tehnologija izdelave Au nanodelcev" izjavlja, da je delo na projektu v letu 2012 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 v prihodnosti.		
Ocena	Ocena projekta je pozitivna in dobra.		
5.	Naziv	Magneti d.d.	
	Naslov	Stegne 37, 1000 Ljubljana	
	Vrednost sofinanciranja projekta v letu 2012 je znašala:	8.640	EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta v letu 2012:	6	%
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		Šifra
	1.	TOMIĆ, Sergej, RUDOLF, Rebeka, BRUNČKO, Mihael, ANŽEL, Ivan, SAVIĆ, V., ČOLIĆ, Miodrag. Response of monocyte-derived dendritic cells to rapidly solidified nickel-titanium ribbons with shape memory properties. Eur. cells mater., Jan.-June 2012, vol. 23, str. 58-80.	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-Tagung, 19.-21. September 2012 in Rostock.	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 d.d. kot sofinancer aplikativnega projekta "Tehnologija izdelave Au nanodelcev" izjavlja, da je delo na projektu v letu 2012 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.		

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu v letu 2012³

V letu 2012 smo zlate nanodelce različnih velikosti in oblik (sferični, cilindrični, trikotni in okrogli) pripravili s sintezo zlata s pomočjo ultrazvočne razpršilne pirolize (USP) in vodikove redukcije. Eksperimentalne raziskave USP metode so bile izvedene z ultrazvočnim izvorom med 0.8 in 2.5 MHz z delovanjem na vodno raztopino AuCl_4^- , kjer je prišlo do formiranja aerosolov z mikro in nano velikostjo kapljic. Rezultati preiskav kažejo, da je oblika in velikost nastalih Au delcev odvisna od karakteristik raztopine in od frekvence ultrazvoka. Proces sinteze Au nanodelcev z vodikovo redukcijo je vključeval naknadno toplotno dekompozicijo kapljic aerosola. Izveden je bil v vodikovi atmosferi med 260 in 500°C. Preiskave so pokazale, da so tako izdelani Au delci bolj homogeni in manjši.

Različne vzorce zlatih nanodelcev oziroma mešanice delcev Au-TiO₂ smo nato preiskovali s presevno elektronsko mikroskopijo (TEM) z mikroskopom Jeol JEM-2100 in energijsko disperzijskim spektrometrom Jeol JED-2300 pri pospeševalni napetosti elektronov 200 kV. Z uklonsko sliko smo določili kristalno strukturo, s ploskovno in linijsko analizo STEM s preiskavami v svetlem in temnem polju pa porazdelitev posameznih elementov v/po vzorcu. S preiskavami smo ugotovili povprečno velikost in obliko sintetiziranih Au-nanodelcev oziroma mešanice delcev Au-TiO₂, kar je povezano s ključnimi parametri rasti. Povprečna velikost Au-nanodelcev 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. 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 smo ugotovili, da je na površinah Au-nanodelcev prisoten tanek sloj, ki vsebuje kisik, ocenjene debeline okoli nekaj nm. V tem obdobju smo del raziskovalnega časa na projektu posvetili tudi optimizaciji zapisovanja napetostno-občutljivih fluorescenčnih barvil za sledenje biološke aktivnosti v tkivnih rezinah. Opisano metodo smo prilagodili za sledenje označevalcev s klasično konfokalno in multifotonsko mikroskopijo na nivoju Au delcev.

V okviru numeričnega modeliranja tokovnih in toplotnih razmer v nanotekočinah smo opravili tri sklope preiskav. (I) Numerično smo analizirali prenos gibalne količine in toplote v vodnih disperzijah Au nanodelcev. Pri tem smo obravnavali dvodimenzionalno kvadratno kotanjo z različno gretima stranicama in adiabatnima trdnima stenama (pogoji Ryleigh-Benardove naravne konvekcije) za izbrane vrednosti Rayleigh-ovega števila nosilne tekočine (vode) in volumske koncentracije nanodelcev. Pokazali smo, da dodajanje nanodelcev v nosilno tekočino zakasni pričetek naravne konvekcije. V nasprotju s trditvami mnogih avtorjev, smo z numeričnimi simulacijami pokazali, da lahko uporaba nanodelcev prenos toplote tudi zmanjša (in ne poveča). (II) V drugem sklopu preiskav smo numerično obravnavali laminarno naravno konvekcijo v kotanji napolnjeni z newtonskimi nanotekočinami (disperzije 0,4% vodne raztopine karboksimetil-celuloze in Au, Al₂O₃, Cu in TiO₂ nanodelcev) katerih reološko (viskozno) obnašanje smo eksperimentalno določili in modelirali s potenčnim zakonom ter potrdili njihov model v eksperimentalnem delu izdelave. (III) Za potrebe numerične analize prenosa gibalne količine in toplote pri naravni konvekciji nanotekočin v prostorski (tri-dimenzionalni) kvadratni kotanji smo izdelali geometrijski model (kotanja je opisana z neekvidistantnimi elementi), izvedli validacijo in verifikacijo numeričnega postopka kakor tudi analizo vpliva računske mreže na numerične rezultate in oceno numerične natančnosti.

Glavni cilj naših raziskav biokompatibilnosti zlatih nanodelcev je bila preiskava interakcije z različnimi makromolekulami in drugimi celicami. Le-ta je pokazala medsebojni vpliv, pri čemer se je povečalo tudi oksidacijsko stanje celic. Zaradi tega je bil cilj v tem letu ugotoviti, kaj je povzročilo takšno imuno-modulacijo inducirano z Au nanodelci. Za te potrebe smo razvili več vrstic odraslih mezenhimskih matičnih celic in označili njihove fenotipske, diferencialne in klonogenske lastnosti. Poleg tega smo obsežno proučili njihove imuno-modulatorne lastnosti in dokazali, da se lahko te celice uporabljajo za celične terapije kroničnih vnetnih bolezni. Kot modelni sistem za preiskave biokompatibilnosti smo uporabili človeške (humane) dendritske celice (DCs). Au nanodelci s premerom 10 in 50 nm so pokazali, da zavirajo diferenciacijo DCs iz monocitov. Poleg tega smo ugotovili, da je zmogljivost internalizacije zlatih nanodelcev večja v primerjavi z dendritskimi celicami monocitov, ki so pokazale višji biološki učinek. Citotoksičnost je bila ocenjena z določanjem višine nekroze in apoptoze s svetlobno mikroskopijo in pretočno citometrijo. Ugotovili smo, da v nasprotju z 90nm in 50nm Au nanodelci, 10nm in 30nm nanodelci izzovejo akuten citotoksični učinek na DCs

celice, kadar se uporabljajo v visokih koncentracijah ($>20\text{g/ml}$) po 24urah. Dodatno smo pokazali, da če so Au nanodelci konjugirani z nevtravidinom, je akutna citotoksičnost Au nanodelcev znatno manjša. Nanodelci v tem primeru niso spodbudili citotoksičnosti niti po podaljšanem pet dnevnem izpostavljanju kulturi, četudi so bile uporabljene najvišje koncentracije. Nadalje smo želeli vedeti, katere fenotipske (pojavnne) in funkcionalne lastnosti DCs so modificirane z Au nanodelci in kakšen je odnos med količino fagocitnega materiala in temi spremembami. Pokazali smo, da Au nanodelci s premerom 10, 30 in 50nm zavirajo spontano kakor tudi inducirano dozorevanje DCs celic, medtem, ko Au nanodelci s premerom 90nm stimulirajo dozorevanje. V zaključnem delu smo spremljali fenotipske spremembe, ki so močno povezane z alu-stimulatorno aktivnostjo celic obdelanih z Au nanodelci. Rezultati so pokazali, da DCs celice, ki so aktivirane, niso inflamatorne, kar bomo potrdili z nadaljnjimi funkcionalnimi testi. Sedanji rezultati nakazujejo, da imajo Au nanodelci močan imunomodulatorni potencial na DCs celice.

5. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev v letu 2012⁴

Rezultati preiskav prahov Au nano-delcev s TEM so pripomogli k boljšemu razumevanju sinteze s pirolizo z ultrazvočnim razprševanjem (USP) teh delcev in s tem kontrole njihove morfologije. Na ta način smo določili tiste parametre sinteze, ki vplivajo na končne lastnosti Au delcev (velikost, morfologija).

Do sedaj smo z raziskavami s TEM/EDS in STEM/EDS dosegli dobre rezultate, saj sta se obe metodi izkazali za ustrezni pri tovrstnih preiskavah. V prihodnje bomo dodatno preiskovali prahove Au nano-delcev, ki bodo sintetizirani z drugimi/izboljšanimi parametri kontrole.

V okviru numeričnega modeliranja tokovnih in toplotnih razmer v nanotekočinah smo v drugem obdobju izvajanja projekta izvedli vse zastavljene aktivnosti. S primerjavo numeričnih rezultatov s tujimi avtorji potrjujemo pravilnost numerične metode, z uporabo primernih računskih mrež (zadostno število elementov) pa zagotavljamo zelo natančne rezultate numerične analize prenosa gibalne količine in toplote v newtonskih in neneutronskih nanotekočinah. Tako smo pridobili znanja in izkušnje za nemoteno nadaljevanje zastavljenega dela na področju numeričnega modeliranja tokovnih in toplotnih razmer v nanotekočinah.

Ocena stopnje realizacije projekta kaže, da smo za določitev mehanizma interakcije Au nanodelcev z DCs celicami uporabili različne moderne tehnike. Pokazali smo, da bi lahko zlate nanodelce opazovali in ovrednotili z laserskim vrstičnim konfokalnim mikroskopom brez predhodne označitve, kar bi lahko dosegli z izkoriščanjem plazmonskih površinskih resonančnih lastnosti Au nanodelcev. TEM mikroskopija je potrdila, da se veliki agregati Au nanodelcev nahajajo znotraj fagolizosomov, mogoče pa je najti tudi posamične Au nanodelce ali majhne agregate v citoplazmi, ki kažejo na možnost endosomskega pobega- iztekanja Au nanodelcev. Podobni rezultati so bili potrjeni z uporabo vrstičnega elektronskega mikroskopa z fokusiranim ionskim curkom (FIB/SEM). Ta tehnika je dodatno omogočila 3D rekonstrukcijo celic ter količinsko opredelitev Au nanodelcev znotraj ene same celice. Analize internalizacije Au nanodelcev s SEM tehniko je nakazala, da so glede na tvorbo endosomskih invaginacij in celičnega procesiranja glavne smeri vstopa Au nanodelcev dosežene z endocitozo ali fagocitozo. Oba načina vstopa pa sta odvisna od velikosti agregatov Au nanodelcev. Da bi potrdili to hipotezo smo uporabili Dynamin inhibitor, ki ovira odcepljanje mehurčkov (veziklov) v stadiju obloženih jam (votlin). FIB/SEM in konfokalna mikroskopija sta potrdili te hipoteze. Rezultati teh preiskav so pripomogli k boljšemu razumevanju interakcije Au nanodelcev s celicami. Glavna zamisel projekta je še vedno razviti sistem za dobavo (dostavo) zdravil ali diagnostični postopek z uporabo funkcionaliziranih Au nanodelcev. Majhnost teh nanodelcev, ki je podobna velikostim virusov in makromolekul, namreč omogoča njihovo enostavno uporabo za ugotavljanje bioloških struktur in sistemov kot tudi manipulacijo celične funkcije. To pa je zaključna faza realizacije projekta.

6. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine v letu 2012⁵

Bistvenih sprememb programa raziskovalnega projekta ni bilo. V letu 2012 sta se projektu priključila dva sofinancerja RWTH Aachen Nemčija ter podjetje Magneti d.d. Ljubljana, ki sta omogočila vsled interventnega zakona in ob zmanjšanih finančnih sredstvih s strani ARRS za projekt, nemoten potek predvidenih raziskav. Upamo, da bomo tudi v letošnjem letu uspeli dogovoriti nek sofinancerskih delež z njihove strani,

glede na to, da bomo za potrebe projektnih raziskav v avgustu 2013 na usposabljanje v Aachen poslali MR kandidata Peter Majeriča. To usposabljanje je potrjeno v sofinanciranje s strani Erasmus projekta.

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine v letu 2012⁶

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	14359830	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Citotoksičnost zlatih nanodelcev pripravljenih z ultrazvočno pirolizo	
		<i>ANG</i> Cytotoxicity of gold nanoparticles prepared by ultrasonic spray pyrolysis	
	Opis	<i>SLO</i> Namen tega dela je bila raziskava citotoksičnosti različnih frakcij zlatih nanodelcev, pripravljenih z ultrazvočno razpršilno pirolizo (USP) iz odpadnega zlata. Za ciljne celice smo uporabili timocite podgan, ki predstavljajo ne-proliferativne celice, in L929 mišje fibroblaste, kot tip proliferativnih celic. Frakciji 1 in 2, ki sta bili sestavljeni iz čistih nanodelcev zlata ter preiskani z vrstičnim elektronskim mikroskopom s kombinacijo energijske disperzijske X-rentgenske analize, nista strupeni za timocite. Vplivali sta le na zmerno zmanjšanje stopnje proliferacijske aktivnosti L929 celic. Opazen je bil zaviralni učinek frakcije 2, ki vsebuje delce manjše velikosti kot frakcija 1. Frakcija 3, ki je bila sestavljena iz Au in z vsebnostjo do 3% Cu ni bila strupena za timocite, a je bila citotoksična za L929 celice. Frakciji 4, ki jo sestavljajo Au in Ag nanodelci ter frakcija 5, sestavljena iz Au skupaj z Cu, Ni, Zn, Fe, sta bili citotoksični za oboje: za timocite in L929 celice. Ti rezultati kažejo, da USP omogoča sintezo nanodelcev čistega zlata z nadzorovano velikostjo, tudi iz ostankov zlata. Vendar pa je pri tem potrebno izvesti mikrostrukturne analize in teste biokompatibilnosti, s čimer lahko upravičimo njihovo pravilno izbiro od bolj citotoksičnih zlatih nanodelcev, ki so onesnaženi z drugimi elementi zlatih zlitin.	
		<i>ANG</i> The aim of this work was to study the cytotoxicity of different fractions of gold nanoparticles prepared by ultrasonic spray pyrolysis from gold scrap. The target cells were rat thymocytes, as a type of nonproliferating cells, and L929 mouse fibroblasts, as a type of continuous proliferating cells. Fractions 1 and 2, composed of pure gold nanoparticles, as determined by scanning electron microscopy with a combination of energy dispersive X-ray analysis, were nontoxic for thymocytes, but reduced moderately the proliferative activity of L929 cells. The inhibitory effect of fraction 2, containing particles smaller in size than fraction 1, was stronger. Fraction 3, composed of Au and up to 3% Cu was noncytotoxic for thymocytes, but was cytotoxic for L929 cells. Fraction 4, composed of Au and Ag nanoparticles, and fraction 5, composed of Au together with Cu, Ni, Zn, Fe, and In were cytotoxic for both thymocytes and L929 cells. These results suggest that USP enables the synthesis of pure gold nanoparticles with controlled size, even from gold scrap. However, microstructural analyses and biocompatibility testing are necessary for their proper selection from more cytotoxic gold nanoparticles, contaminated with other elements of gold alloys.	
	Objavljeno v	Technomic Pub.; Journal of biomaterials applications; 2012; Vol. 26, no. 5; str. 595-611; Impact Factor: 2.082; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.017; WoS: IG, QE; Avtorji / Authors: Rudolf Rebeka, Friedrich Bernd, Stopić Srečko, Anžel Ivan, Tomić Sergej, Čolić Miodrag	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
2.	COBISS ID	15970838	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Imunomodulatorne lastosti nanodelcev izdelanih z ultrazvočno pirolizo iz ostankov zlata	

		ANG	Immunomodulatory properties of nanoparticles obtained by ultrasonic spray pyrolysis from gold scrap
Opis		SLO	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 profileracijo. 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.
		ANG	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 Con-canvaline 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 USP 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: 4.216;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.978; A': 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
3.	COBISS ID	16056854	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO		Karakterizacija in imuno-zatiralne lastnosti mezenhimskih matičnih celic iz periapikalne poškodbe dentalnega tkiva
	ANG		Characterization and immunosuppressive properties of mesenchymal stem cells from periapical lesions

Opis	SLO	<p>Mezenhimske matične celice (MSCs) izolirane iz zdravih zobnih tkiv se raziskujejo kot alternativni vir MSCs za zdravljenje poškodovanega tkiva in vnetnih bolezni. Na tem mestu smo raziskali ali imajo MSCs iz periapikalnih področij (PL-MSCs) imuno-modulatorne lastnosti in posedujejo sposobnost multi -linijske diferenciacije. PL-MSCs, izolirane s kolagenazo /DNA-žo s prebavo kirurško odstranjenih PLs, smo primerjali z MSCs iz ne vnetnih zobnih pulp (DP-MSCs) in zobnega folikla (DF-MSCs) glede na njihov fenotip in prevladujoč diferenciacijski potencial. Protivnetne in imunomodulatorne učinke PL-MSCs smo proučevali (raziskovali) v sodelovanju s kulturo enojedrnih celic periferne krvi in PL-vnetnih celic (PL-ICs). Rezultati PL- MSCs so bili tipični fenotip MSCs, nižje klonogenicitivnosti in samo-obnovitvene stopnje v primerjavi z DF-MSC. Te celice imajo možnost, da se lahko razvijejo v adipocite, osteoblaste in hondrocite podobno celicam in vitro, ki se razlikujejo od tistih DP-MSCs in DF-MSCs. PL-MSCs zavirajo fitohemaglutinin inducirano proliferacijo (širjenje) PB-MNCs in proizvodnjo IL-2 in IL- 5 v so-kulturi, verjetno preko TGF-β odvisnih mehanizmov. Te celice zahtevajo tudi proizvodnjo IL-1β, IL-6 in TNF z PL-ICs preko topnih mediatorjev, ker preprečevanje proizvodnje IL-8 zahteva neposreden kontakt (stik) od celice do celice. Diferenciacija (razlikovanje) potenciala PL-MSCs in njihovih imunosupresivnih/protivnetnih lastnosti je lahko koristno pri zdravljenju kroničnih zobnih bolezni.</p>
	ANG	<p>Mesenchymal stem cells (MSCs) isolated from healthy dental tissues are being investigated as an alternative source of MSCs for the treatment of damaged tissues and inflammatory diseases. Here we investigated whether MSCs from periapical lesions (PL-MSCs) also possess multi-lineage differentiation capacity and immunomodulatory properties. PL-MSCs, isolated by collagenase/DNAse digestion from surgically extracted PLs, were compared with MSCs from non-inflamed dental pulp (DP-MSCs) and dental follicle (DF-MSCs) for their phenotype and multi-potent differentiation potential. The anti-inflammatory and immunomodulatory effects of PL-MSCs were studied in co-culture with peripheral blood mononuclear cells (PB-MNCs) and PL-inflammatory cells (PL-ICs). Results PL-MSCs were characterized by typical MSCs phenotype, lower clonogenicity and self-renewal rate, compared to DF-MSC and DP-MSCs. These cells possess the potential to differentiate into adipocyte-, osteoblast- and chondrocyte-like cells in vitro, which differs from that of DP-MSCs and DF-MSCs. PL-MSCs inhibited phytohemaglutinine-induced proliferation of PB-MNCs and production of IL-2, IFNγ and IL-5 in the co-culture, probably via TGF-β-dependent mechanisms. These cells also suppressed the production of IL-1β, IL-6, and TNF-α by PL-ICs via soluble mediators, whereas the suppression of IL-8 production required a direct cell-to-cell contact. The differentiation potential of PL-MSCs and their immunosuppressive/anti-inflammatory properties could be beneficial for the treatment of chronic periodontal diseases.</p>
Objavljeno v	Munksgaard; Journal of clinical periodontology; 2012; Vol. 39, iss. 9; str. 807-816; Impact Factor: 2.996; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.455; A': 1; WoS: FY; Avtorji / Authors: Đokić Jelena, Tomić Sergej, Cerović Snežana, Todorović Vera, Rudolf Rebeka, Čolić Miodrag	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine v letu 2012²

Družbeno-ekonomski dosežek			
1.	COBISS ID	16366614	Vir: COBISS.SI

Naslov	SLO	Numerična analiza prenosa toplote nanotekočin voda-Au v razmerah Rayleigh-Benardove naravne konvekcije	
	ANG	Numerical study of Rayleigh-Bénard natural convection heat transfer characteristics of water based Au nanofluid	
Opis	SLO	<p>V prispevku smo obravnavali naravno konvekcijo v kvadratni kotanji napolnjena z nanotekočino voda-Au. Kotanja je bila greta s spodnje in hlajena s priležne zgornje stene, ostali dve steni sta bili adiabatni. Vodilne diferencialne enačbe smo reševali s standardno metodo končnih prostornin. Hidrodinamično in temperaturno polje sta bila sklopljena z uporabo Boussinesqove aproksimacije. Glavni cilj prispevka je raziskati vpliv prostorninskega deleža nanodelcev na značilnosti prenosa toplote Au nanotekočine pri podani vrednosti Rayleighjevega števila nosilne tekočine (vode) Ra_{bf}.</p> <p>Natančni rezultati so predstavljeni za široko območje vrednosti Rayleighjevega števila nosilne tekočine ($10^2 \leq \text{Ra}_{\text{bf}} \leq 10^5$) in prostorninskega deleža Au nanodelcev ($0\% \leq \phi \leq 10\%$). Pokazali smo, da dodajanje nanodelcev v nosilno tekočino zakasni pričetek naravne konvekcije. V nasprotju s trditvami mnogih avtorjev, smo z numeričnimi simulacijami pokazali, da lahko uporaba nanodelcev prenos toplote zmanjša in ne poveča.</p>	
	ANG	<p>Numerical analysis is performed to examine the heat transfer characteristics of water-Au nanofluids. The analysis uses a two-dimensional enclosure under Rayleigh-Bénard convection heat transfer conditions and considers a range of Rayleigh numbers. The enclosure was subjected to a constant and uniform temperature at the bottom wall, generating Rayleigh-Bénard convection flow. The upper wall is kept at a lower constant temperature, while the vertical walls are assumed to be adiabatic. The study has been carried out for the Rayleigh number in the range , and for the Au nanoparticles` volume fraction range .</p> <p>The governing equations of such a flow are solved with the standard finite-volume method and the hydrodynamic and thermal fields are coupled together using the Boussinesq approximation. Grid refinement study is performed in order to obtain the mesh independent results and to assess their numerical accuracy, while the numerical approach is validated with comparison of the present results with the results of other author authors.</p> <p>Highly accurate numerical results are presented in the form of the mean Nusselt number and heat transfer enhancement. Contrary to what many authors mentioned, we showed in this work that, in the classical Rayleigh-Bénard configuration, just after the onset of convection, there is more heat transfer in the base fluid than in the nanofluid. For a fixed value of the fluid Rayleigh number, the nanofluid Rayleigh number decreases with the volume fraction of nanoparticles. Thus the nanoparticles delay the onset of convection.</p>	
Šifra	B.04 Vabljen predavanje		
Objavljeno v	Inštitut za kovinske materiale in tehnologije; Program in knjiga povzetkov; 2012; Str. 125; Avtorji / Authors: Ternik Primož, Rudolf Rebeka, Žunič Zoran		
Tipologija	1.10 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci (vabljen predavanje)		
2.	COBISS ID	16251926	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Sinteza zlatih nanodelcev z ultrazvočno pirolizo in vodikovo redukcijo	
	ANG	Synthesis of gold nanoparticle by ultrasonic spray pyrolysis and hydrogen reduction	
		Različne velikosti in oblike nanodelcev (kroglaste, valjaste, trikotne in okrogle) so bile izdelane s sintezo zlata z ultrazvočno razpršilno pirolizo	

	Opis	SLO	(USP). Eksperimentalne raziskave so bile opravljene z ultrazvočnim virom od 0,8 in 2,5 MHz, ki je deloval na vodno raztopino H ₂ AuCl ₄ . 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.
		ANG	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 H ₂ AuCl ₄ 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.
	Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci	
	Objavljeno v	Materials Research Society of Serbia; Programme and the book of abstracts; 2012; Str. 115; Avtorji / Authors: Stopić Srečko, Rudolf Rebeka, Čolić Miodrag, Anžel Ivan, Friedrich Bernd	
	Tipologija	1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci	
3.	COBISS ID	15579158	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Zlato v preteklosti, danes in v prihodnosti
		ANG	Gold in the past, today and future
	Opis	SLO	Prispevek obravnava zlato, ki je opisano kot kemijski element. Posebna pozornost je namenjena njegovim fizikalno – kemijskim lastnostim, poleg tega pa tudi kje in v kakšni obliki ga je mogoče najti v naravi. Predmet razprave je njegova vloga v zgodovini in poročanje o tem, kako se je zlato razvilo in doseglo raven svoje vrednosti, ki jo ima danes. Še več, ko je zlato razbito na nanodelce, je lahko v tej obliki zelo uporabno za vrsto procesov, vštrevši splošno nanotehnologijo, elektronsko proizvodnjo in sintezo različnih funkcionalnih materialov. Pomembno je, da vemo, da je zlato uporabljeno v industriji v številnih tehničnih aplikacijah (za kontakte v mikro- elektroniki) in medicini (za dentalne zlitine, vsadke).
		ANG	This paper deals with gold, which is described as a chemical element. Special attention is paid to its physical-chemical properties and, furthermore, where or in what form it can be found in nature. We discuss the role it has played through history and we inform how gold has been developed to the level it has reached today's value. Still more, when gold is broken into nanoparticles, this form could be highly useful for a wide range of processes, including general nanotechnology, electronics manufacturing and the synthesizing of different functional materials. It is important that we know that gold is also used in industry in many engineering applications (contacts in micro-electronics) and medicine (dental alloys, implants).
	Šifra	B.04 Vabljen predavanje	
	Objavljeno v	Metalurški fakultet; Hrvatsko metalurško društvo; Metalurgija; 2012; Vol. 51, br. 2; str. 261-264; Impact Factor: 0.259; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.755; WoS: PZ; Avtorji / Authors: Rudolf Rebeka, Anžel Maša, Marković E., Čolić Miodrag, Stamenković Dragoslav	
	Tipologija	1.02 Pregledni znanstveni članek	

9. Drugi pomembni rezultati projektne skupine v letu 2012⁸

Vsi pomembni rezultati raziskovalcev projektne skupine so dokumentirani v sistemu COBISS. Pomembnejši od teh so vabljeni predavanja:

(1) Ternik Primož, Rudolf Rebeka, Zoran Žunič. Numerical study of Rayleigh-Bénard natural convection heat transfer characteristics of water based Au nanofluid, 20th Conference on Materials and Technology, Portorož, 17.10.-19.10.2012.

(2) RUDOLF, Rebeka, STAMENKOVIĆ, Dragoslav. New approaches in analysis of dental alloys by biocompatibility testing = Novi pristupi ispitivanju stomatoloških legura testiranjem biokompatibilnosti. V: TODOROVIĆ, Ljubomir (ur.). Kongres "Stomatologija danas" u BiH sa međunarodnim učeščem, Teslić, Banja Vručica 19-20, oktobar 2012 = Congress "Dentistry Today" in BiH with international participation. Program kongresa i zbornik abstrakata. [S. l.]: Udruženje privatnih doktora stomatologije Republike srpske, 2012, str. 25-26.

(3) RUDOLF, Rebeka, STAMENKOVIĆ, Dragoslav. Trends in microstructural analyses of dental alloys before and after biocompatibility testing. V: Scientific Program of BaSS 2012. Proceedings of BaSS 2012. [Ankara: BaSS Mentor Event Management], 2007, str. 28. [COBISS.SI-ID 15955478]

Vodja dr. Rebeka Rudolf je v okviru projekta pridobila mesto mladega raziskovalca, ki bo svojo doktorsko tezo naredil na temi izdelave Au nanodelcev. Drugi rezultati projektne skupine pa so še: Projektna skupina IMT je uspela pridobiti mednarodno sodelovanje na vrhunski univerzi KU Leuven, Belgija ki je tretja na svetu po referencah in citiranosti. Darja Jenko se je usposabljala za raziskave Au nano delcev s presevno elektronsko mikroskopijo na KU Leuven in na univerzi v Antwerpnu UA, kjer so vrhunski strokovnjaki na tem področju.

Marjetka Conradi se je usposabljala na KU Leuven na področju polimernih biomaterialov. Monika Jenko pa je bila na KU Leuven na oddelku za biomateriale pri prof. Jan Van Humbeecku vodilnemu strokovnjaku s področja biomaterialov.

10. Izjemni dosežek v letu 2012⁹

10.1. Izjemni znanstveni dosežek

Izjemen znanstveni dosežek v okviru projekta skupine Medicinske fakultete Univerze v Mariboru (prof.dr. Marjan Slak Rupnik) v ameriški SCI reviji Diabetes z IF= 8.286 (6/122): HUANG, Ya-Chi, RUPNIK, Marjan, KARIMIAN, Negar, HERRERA, Pedro L., GILON, Patrick, FENG, Zhong-Ping, GAISANO, Herbert Y. In situ electrophysiological examination of pancreatic [alpha] cells in the streptozotocin-induced diabetes model revealing the cellular basis of glucagon hypersecretion. Diabetes (N. Y. N. Y.), 12 str., doi: 10.2337/db11-0786. [COBISS.SI-ID 512246840]

10.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

V okviru projekta je vodja dr. Rebeka Rudolf izvedla predavanje na tuji univerzi: Synthesis of Au-nanoparticles : lectures (6 hours), presented at the RWTH Aachen, IME Metallurgische Prozesstechnik und Metallrecycling, 06.07.2012. 2012.

Prav tako pa je del rezultatov predstavljen kot TV dogodek: Po sledih napredka - Rebeka Rudolf : TV IDEA - Kanal 10, d.o.o., Murska sobota, sredo, 6. junij 2012 ob 20:50. Murska sobota, 2012.

Vodja projekta je v okviru prireditve Evropska prestolnica kulture izvedla tudi predavanje: RUDOLF, Rebeka. Kaj so biomateriali, njihove funkcionalne lastnosti : predavanje, Pomlad na II. gimnaziji Maribor 2012, 4.4.2012. 2012. , katero je odmevno zaznamovalo družbeni dosežek projekta in sicer z vplivom na osveščanje mladih o nanotehnologijah, biomaterialih in znanosti nasploh.

Vodja projekta je na osnovi dobljenih rezultatov še vedno vodja razvoja in raziskovalne skupine gospodarske organizacije Zlatarne Celje d.d., kjer koordinira razvojno strateške aktivnosti.

LETNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA V LETU 2012

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	skupaj:8430 od tega v letu 2012:2810	
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" 276 Cinkarna, metalurško-kemična industrija, d.d. 1679 Industrijski razvojni center slovenske predilne industrije - IRSPIN 1942 Julon, proizvodnja poliamidnih filamentov in granulatov d.d., Ljubljana	
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)	

2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS¹

Šifra	2.05	
- Veda	2 Tehniške in tehnološke vede	
- Področje	2.05 Materiali	

3. Sofinancerji²

	Sofinancer		
1.	Naziv	Cinkarna, Metalurško kemična industrija Celje, d.d.	
	Naslov	Kidričeva 26, 3000 Celje	

Vrednost sofinanciranja projekta v letu 2012 je znašala:		27.397,37	EUR
Odstotek od utemeljenih stroškov projekta v letu 2012:		20	%
Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja			Šifra
	1.	Referat na mednarodni znanstveni konferenci	B.03
	2.	Razvoj novega izdelka	F.06
	3.	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	F.09
	4.	Izboljšanje novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	F.10
	5.	Upravljanje in razvoj raziskovalnega dela	D.08
Komentar	<p>V okviru projekta je bil izveden postopek obdelave bombažne PES in PA tkanine ter posamezni specialni materiali z različnimi koncentracijami nanodelcev z naslednjimi oznakami; TiO₂ rutil + 3% SiO₂ (oznaka CCR 110); TiO₂ rutil + 5% SiO₂ (oznaka CCR; TiO₂ rutil + 10% SiO₂ (oznaka CCR 110); TiO₂ rutil + 3% Al₂O₃ (oznaka CCR 120); TiO₂ rutil + 1% SiO₂ in 3% Al₂O₃ (oznaka CCR 130), ki so bili razviti v Cinkarni Celje. 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. Po različnih postopkih obdelane materiale smo okarakterizirali z ATR-FTIR spektroskopijo in vrstično elektronsko mikroskopijo. UV zaščitne lastnosti TiO₂-SiO₂ oplaščenih in opranih vzorcev smo ovrednotili z merjenjem UV-A in UV-B transmisije in z izračunom ultravijoličnega zaščitnega faktorja. Obdelana oz oplaščena vlakna smo morfološko okarakterizirali z uporabo vrstične elektronske mikroskopije (SEM), razliko v belini pa smo določili po CIE formuli. Obstočnost nanosa TiO₂ 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 TiO₂ 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, kar nam kaže na pravilen izbor postopka aplikacije za tovrstne materiale. Pri določanju kompatibilnosti postopka barvanja in nanosa past smo za barvanje PES izbrali tri, po kemijski sestavi različna, disperzna Terasil W barvila v dveh koncentracijah ob dodatku dispergatorja ter pufra (+ 9% posamezne TiO₂ paste). Za barvanje PA smo izbrali tri kislja Bemacid barvila v dveh koncentracijah (+ 9% posamezne TiO₂ paste). Vse vzorce smo barvnometrično ovrednotili v CIE barvnem prostoru. Ugotovili smo, da dodatek TiO₂ past nekoliko spremeni barvni ton, nasičenost in svetlost odvisno od vrste in količine TiO₂ nanodelcev v pasti ter od vrste in koncentracije barvila. S pastami obdelanim vzorcem smo določili tudi samočistilno sposobnost tako, da smo vzorce umazali in jih nato obsevali z direktno dnevno svetlobo (29 dni) in umetno svetlobo komori (kombinacija 4 UVA in 4 UVB žarnic), 4 dni. Madeže smo spektrofotometrično merili pred in po obsevanju ter določili jakost razbarvanja (K/S vrednosti) pri refleksijskem minimumu za posamezen madež. Najboljše razbarvanje (do 85%) smo dosegli na tkanini obdelani s kisljo disperzijo polikristalinih TiO₂ nanodelcev, odvisno od časa in vrste obsevanja ter vrste madeža. V nadaljevanju projekta nas čaka še delo na vgradnji TiO₂ nano delcev v izpredilno maso PA, kjer v prvem poskusu nismo imeli ustrezne koncentracije in določitev biorazgradljivosti.</p>		

	Ocena	Raziskovalno delo se izvaja skladno z organizacijsko shemo projekta, rezultati dela kažejo na pomen posameznih nano TiO ₂ past na določenih materialih. Glede na rezultate vidimo tudi praktično uporabo v proizvodnem procesu pri plemenitjenju tekstilij ter izdelkov in pri dodatku v izpredilno maso.		
2.	Naziv	Julon, Proizvodnja poliamidnih filamentov in granulatov d.d.		
	Naslov	Letališka cesta 15, 1000 Ljubljana		
	Vrednost sofinanciranja projekta v letu 2012 je znašala:	6.849,39	EUR	
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta v letu 2012:	5	%	
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		Šifra	
		1.	Referat na mednarodni znanstveni konferenci	B.03
		2.	Razvoj novega izdelka	F.06
	3.	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	F.09	
	4.	Izboljšanje novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	F.10	
	5.	Upravljanje in razvoj raziskovalnega dela	D.08	
	Komentar	<p>V okviru projekta je bil izveden postopek obdelave bombažne PES in PA tkanine ter posamezni specialni materiali z različnimi koncentracijami nanodelcev z naslednjimi oznakami; TiO₂ rutil + 3% SiO₂ (oznaka CCR 110); TiO₂ rutil + 5% SiO₂ (oznaka CCR; TiO₂ rutil + 10% SiO₂ (oznaka CCR 110); TiO₂ rutil + 3% Al₂O₃ (oznaka CCR 120); TiO₂ rutil + 1% SiO₂ in 3% Al₂O₃ (oznaka CCR 130), ki so bili razviti v Cinkarni Celje. 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. Po različnih postopkih obdelane materiale smo okarakterizirali z ATR-FTIR spektroskopijo in vrstično elektronsko mikroskopijo. UV zaščitne lastnosti TiO₂-SiO₂ oplaščenih in opranih vzorcev smo ovrednotili z merjenjem UV-A in UV-B transmisije in z izračunom ultravijoličnega zaščitnega faktorja. Obdelana oz oplaščena vlakna smo morfološko okarakterizirali z uporabo vrstične elektronske mikroskopije (SEM), razliko v belini pa smo določili po CIE formuli. Obstočnost nanosa TiO₂ 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 TiO₂ 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, kar nam kaže na pravilen izbor postopka aplikacije za tovrstne materiale. Pri določanju kompatibilnosti postopka barvanja in nanosa past smo za barvanje PES izbrali tri, po kemijski sestavi različna, disperzna Terasil W barvila v dveh koncentracijah ob dodatku dispergatorja ter pufra (+ 9% posamezne TiO₂ paste). Za barvanje PA smo izbrali tri kislja Bemacid barvila v dveh koncentracijah (+ 9% posamezne TiO₂ paste). Vse vzorce smo barvnometrično ovrednotili v CIE barvnem prostoru. Ugotovili smo, da dodatek TiO₂ past nekoliko spremeni barvni ton, nasičenost in svetlost odvisno od vrste in količine TiO₂ nanodelcev v pasti ter od vrste in koncentracije barvila. S pastami obdelanim vzorcem smo določili tudi samočistilno sposobnost tako, da smo vzorce umazali in jih nato obsevali z direktno dnevno svetlobo (29 dni) in</p>		

	<p>umetno svetlobo komori (kombinacija 4 UVA in 4 UVB žarnic), 4 dni. Madeže smo spektrofotometrično merili pred in po obsevanju 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. V nadaljevanju projekta nas čaka še delo na vgradnji TiO₂ nano delcev v izpredilno maso PA, kjer v prvem poskusu nismo imeli ustrezne koncentracije in določitev biorazgradljivosti.</p>	
Ocena	<p>Raziskovalno delo se izvaja skladno z organizacijsko shemo projekta, rezultati dela kažejo na pomen posameznih nano TiO₂ past na določenih materialih. Glede na rezultate vidimo tudi praktično uporabo v proizvodnem procesu pri plemenitenju tekstilij ter izdelkov in pri dodatku v izpredilno maso.</p>	
3.	Naziv	Industrijsko razvojni center slovenske predilne industrije - IRSPIN
	Naslov	Kidričeva 1, 1270 Litija
	Vrednost sofinanciranja projekta v letu 2012 je znašala:	2.739,74 EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta v letu 2012:	2 %
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja	
		Šifra
	1.	Referat na mednarodni znanstveni konferenci
	2.	Razvoj novega izdelka
	3.	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije
	4.	Izboljšanje novega tehnološkega procesa oz. tehnologije
	5.	Upravljanje in razvoj raziskovalnega dela
Komentar	<p>V okviru projekta je bil izveden postopek obdelave bombažne PES in PA tkanine ter posamezni specialni materiali z različnimi koncentracijami nanodelcev z naslednjimi oznakami; TiO₂ rutil + 3% SiO₂ (oznaka CCR 110); TiO₂ rutil + 5% SiO₂ (oznaka CCR); TiO₂ rutil + 10% SiO₂ (oznaka CCR 110); TiO₂ rutil + 3% Al₂O₃ (oznaka CCR 120); TiO₂ rutil + 1% SiO₂ in 3% Al₂O₃ (oznaka CCR 130), ki so bili razviti v Cinkarni Celje. 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. Po različnih postopkih obdelane materiale smo okarakterizirali z ATR-FTIR spektroskopijo in vrstično elektronsko mikroskopijo. UV zaščitne lastnosti TiO₂-SiO₂ oplaščenih in opranih vzorcev smo ovrednotili z merjenjem UV-A in UV-B transmisije in z izračunom ultravijoličnega zaščitnega faktorja. Obdelana oz oplaščena vlakna smo morfološko okarakterizirali z uporabo vrstične elektronske mikroskopije (SEM), razliko v belini pa smo določili po CIE formuli. Obstočnost nanosa TiO₂ 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 TiO₂ 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, kar nam kaže na pravilen izbor postopka aplikacije za tovrstne materiale. Pri določanju kompatibilnosti postopka barvanja in nanosa past smo za barvanje PES izbrali tri, po kemijski sestavi različna, disperzna Terasil</p>	

	<p>W barvila v dveh koncentracijah ob dodatku dispergatorja ter pufra (+ 9% posamezne TiO₂ paste). Za barvanje PA smo izbrali tri kislne Bemacid barvila v dveh koncentracijah (+ 9% posamezne TiO₂ paste). Vse vzorce smo barvnometrično ovrednotili v CIE barvnem prostoru. Ugotovili smo, da dodatek TiO₂ past nekoliko spremeni barvni ton, nasičenost in svetlost odvisno od vrste in količine TiO₂ nanodelcev v pasti ter od vrste in koncentracije barvila. S pastami obdelanim vzorcem smo določili tudi samočistilno sposobnost tako, da smo vzorce umazali in jih nato obsevali z direktno dnevno svetlobo (29 dni) in umetno svetlobo komori (kombinacija 4 UVA in 4 UVB žarnic), 4 dni. Madeže smo spektrofotometrično merili pred in po obsevanju 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. V nadaljevanju projekta nas čaka še delo na vgradnji TiO₂ nano delcev v izpredilno maso PA, kjer v prvem poskusu nismo imeli ustrezne koncentracije in določitev biorazgradljivosti.</p>
Ocena	<p>Raziskovalno delo se izvaja skladno z organizacijsko shemo projekta, rezultati dela kažejo na pomen posameznih nano TiO₂ past na določenih materialih. Glede na rezultate vidimo tudi praktično uporabo v proizvodnem procesu pri plemenitenju tekstilij ter izdelkov in pri dodatku v izpredilno maso.</p>

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu v letu 2012³

V letu 2012 smo izvajali predvsem aktivnosti prvega, tretjega in četrtega delovnega sklopa raziskovalnega projekta. Tako je eksperimentalna izvedba projekta potekala v podjetju Cinkarna Celje (industrijski partner v projektu) ter laboratorijih Oddelka za tekstilne materiale in oblikovanje na Fakulteti za strojništvo v Mariboru, po posameznih aktivnostih v skladu z zastavljenimi cilji programa raziskovalnega projekta.

Na osnovi preliminarnih preskusov, so strokovnjaki podjetja Cinkarna Celje, v sklopu **Aktivnosti 1.1**, dodatno sintetizirali TiO₂ nanodelce v anatazni monokristalini in polikristalini obliki po sulfatnem sinteznem postopku. Za modifikacijo tekstilnih materialov so tako dodatno pripravili tri stabilne koloidne disperzije z različnim pH (pH 7 in pH1) in različno vsebnostjo TiO₂ nanodelcev. Razredčene disperzije TiO₂ nanodelcev (v koncentraciji 0,1%) smo okarakterizirali glede na njihovo morfologijo in strukturo, velikost delcev, kemijsko sestavo površine delca in njegov naboj, itd. z uporabo različnih analitskih metod kot so SEM, TEM, XRD, DLS ter meritvami UV/Vis absorbance in Zeta potenciala v odvisnosti od pH. Iz SEM in TEM posnetkov je razvidno, da so monokristalini TiO₂ nanodelci okrogle oblike premera 50 nm, medtem ko imajo polikristalini delci izotropno morfologijo z majhnimi sferičnimi kristali premera 4-5 nm, ki agregirajo v posamezen (polikristalini) nanodelec. Vse disperzije imajo absorpcijski maksimum v UV področju; jakost absorpcije in valovna dolžina absorpcijskega maksimuma pa so odvisni od tipa in vsebnosti TiO₂.

Pripravljene TiO₂ stabilne koloidne disperzije smo, v sklopu **Aktivnosti 3.1**, aplicirali na tkanine različnega surovinskega sestava (poliester - PES in poliamid - PA) po različnih postopkih. Sedem TiO₂ koloidnih disperzij (v obliki past):

- 1) rutilni TiO₂ nanodelci oplaščeni s 3% SiO₂
- 2) rutilni TiO₂ nanodelci oplaščeni s 5% SiO₂

- 3) rutilni TiO₂ nanodelci oplaščeni s 10% SiO₂
- 4) rutilni TiO₂ nanodelci oplaščeni s 3% Al₂O₃
- 5) rutilni TiO₂ nanodelci oplaščeni s kombinacijo 1% SiO₂ in 3% Al₂O₃
- 6) anatazni monokristalini TiO₂ nanodelci
- 7) anatazni polikristalini TiO₂ nanodelci

smo nanašali na poliester po postopku impregniranja in izčrpavanja. Za impregniranje na fulardu smo pripravili paste v koncentracijah 1, 3, 5, 10 in 30 g/L (količina paste na volumen impregnirne kopeli). Vse vzorce smo sušili 3 minute pri 100°C ter jih nato termofiksirali pri temperaturah 180°C (80 s), 200°C (60 s) ali 220°C (45 s). Iz SEM posnetkov tkanin smo ugotovili, da je optimalna oz. zadostna temperatura termofiksiranja 180°C (80 s). Za postopek izčrpavanja smo uporabili 7 past v koncentracijah 3, 6 in 9% (reference). Obdelava je potekala 1 uro pri temperaturi 130°C. Iz rezultatov SEM lahko zaključimo, da večji in bolj enakomeren nanos TiO₂ dosežemo s postopki izčrpavanja, kjer je material daljši čas izpostavljen nanodelcem, pri čemer večja koncentracija paste na težo materiala pomeni tudi večji nanos TiO₂. Hidrofilnost vlaken smo okarakterizirali z merjenjem stičnega kota in tenziometrijo. Ugotovili smo, da PES vlakna po nanosu vseh TiO₂ past postanejo zelo hidrofilna, torej zelo hitro navzemajo vodo v primerjavi z neobdelanimi, ki so hidrofobna. Preučili smo tudi trajnost nanosa (učinkovitost vezanja) TiO₂-hibridov po večkratnem pranju tekstilij. V nadaljevanju smo TiO₂ paste aplicirali na površino PA tkanine in sicer po postopku izčrpavanja v treh koncentracijah 3, 6 in 9% (količina paste na težo materiala) pri kopelnem razmerju 1:20, brez kemikalij in s kemikalijami, ki se uporabljajo tudi pri barvanju poliamida. Površino modificiranih tkanin smo morfološko okarakterizirali z vrstičnim elektronskim mikroskopom, FT-IR spektroskopijo, določanjem difuznega refleksijskega profila ter meritvami belin po CIE.

PES in PA tkanini smo tudi barvali po eno-kopelnem postopku izčrpavanja skupaj s TiO₂ pastami (**Aktivnost 3.2**). Za barvanje PES smo izbrali tri, po kemijski sestavi različna, disperzna Terasil W barvila v dveh koncentracijah 0,1 in 0,5% ob dodatku dispergatorja ter pufra (+ 9% posamezne TiO₂ paste). Za barvanje PA smo izbrali tri kislne Bemacid barvila v dveh koncentracijah 0,1 in 0,5% ob dodatku ustreznih kemikalij (+ 9% posamezne TiO₂ paste). Vse vzorce smo barvnometrično ovrednotili in določili barvne razlike glede na obarvane (nemodificirane) vzorce v CIE barvnem prostoru. Ugotovili smo, 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.

V sklopu **Aktivnosti 4.1** smo vsem TiO₂ modificiranim vzorcem določili UV zaščitne lastnosti tako, da smo merili transmisijo UVA in UVB žarkov skozi posamezno tkanino po standardu AS/NZS 4399-1996 preko celotnega ultravijoličnega spektralnega območja (290-400 nm) z uporabo UV-Vis metode. Stopnjo UV zaščite tekstilij smo določili z izračunom ultravijoličnega zaščitnega faktorja (UZF). Ugotovili smo, da z nanosom TiO₂ disperzij v koncentraciji med 10 in 30 g/L (postopek impregniranja) ali med 6 in 9% (postopek izčrpavanja) dosežemo UZF več kot 40, kar pomeni odlične UV zaščitne lastnosti tkanin. V nadaljevanju smo izbrane vzorce nekajkrat oprali in ponovno ovrednotili.

V sklopu **Aktivnosti 4.2** smo 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.

Dobljene rezultate smo in jih bomo še objavili v izvirnih znanstvenih člankih v mednarodnih revijah ter na mednarodnih konferencah.

5. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev v letu 2012⁴

V našem dosedanjem delu smo izvedli vse aktivnosti ter realizirali zastavljene raziskovalne cilje predvidene v okviru projekta. Raziskovalno delo smo izvajali glede na organizacijsko shemo projekta. Stabilne paste, ki so jih pripravili strokovnjaki iz podjetja Cinkarna Celje in so vključevale sintetizirane/oplaščene rutilne TiO₂ nanodelce ter anatazne (monokristaline in polikristaline) TiO₂ nanodelce, smo okarakterizirali glede na njihovo morfologijo in strukturo, velikost delcev, kemijsko sestavo površine delca in njegov naboj, itd. z uporabo različnih analitskih metod kot so SEM, TEM, XRD, DLS in meritvami Zeta potenciala ter UV/Vis absorbance. Paste smo nanašali na tkanine različnega surovinskega sestava (poliamid in poliester) po različnih postopkih in v različnih koncentracijah. Ugotavljali smo kompatibilnost barvalnega postopka in dodanih kemikalij z nanosom TiO₂. Obarvane modificirane materiale smo barvnometrično ovrednotili in določili barvne razlike v CIE barvnem prostoru. Modificirane tekstilne materiale smo okarakterizirali z vrstičnim elektronskim mikroskopom, FT-IR spektroskopijo in določanjem difuznega refleksijskega profila. Funkcionalno učinkovitost TiO₂ modificiranih tekstilij smo ovrednotili z določanjem UV zaščitnih lastnosti in samočistilno sposobnostjo.

6. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine v letu 2012⁵

Pri delu na projektu ni prišlo do vsebinskih sprememb, med letom smo samo zaradi fluktuacije in porodniškega dopusta nekaterih članic in članov nekoliko spremenili raziskovalno skupino, ki smo jo tudi uskladili s financerjem. V tem trenutku ne načrtujemo novih oz. dodatnih zamenjav raziskovalne skupine.

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine v letu 2012⁶

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	16700438	Vir: vpis v poročilo
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 izvornem 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 H ₂ SO ₄ (testni material) z uporabo SAXS, DLS in zeta potenciala.	
		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	

		ANG	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 H_2SO_4 route have been investigated and characterized (SAXS, dynamic light scattering, zeta potential).
	Objavljeno v	Langmuir, Publication Date (Web): February 21, 2013	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
2.	COBISS ID	16343318	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Samočistilna sposobnost poliestrne tkanine modificirane s TiO_2 nanodelci
		ANG	Self-cleaning ability of polyester fabric modified by TiO_2 nanoparticles
	Opis	SLO	V raziskavi smo koloidne suspenzije, ki so vsebovale anatazne TiO_2 nanodelce, nanašali na poliestrno tkanino (PES) po pad-dry-cure postopku. Spreminjali smo koncentracijo suspenzij in procesne parametre (čas in temperaturo fiksiranja). Morfološko strukturo pripravljenih past in nano-modificiranih PES tkanin smo okarakterizirali z vrstično elektronsko mikroskopijo (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. Rezultati kažejo ustrezno samočistilno sposobnost PES tkanin modificiranih s TiO_2 odvisno od koncentracije nanosene paste in časa izpostavljenosti sevanju.
		ANG	During the presented study, colloidal suspensions containing anatase TiO_2 nanoparticles were applied onto the polyester fabric (PES) according to pad-dry-cure procedure. The type and the concentration of suspensions were varied as well as the operational parameters, i.e. curing time and temperature. The morphological structures of the prepared pastes as well as nano-modified PES fabrics were characterized by scanning electron microscopy (SEM). Furthermore, the photocatalytic activity of used TiO_2 nanoparticles deposited on the fabric was followed by a discolouration of two coloured stains, i.e. red wine and red beet, under two UV source of irradiation (photoreactor with 8 UV lamps - 4 UVA and 4 UVB and direct day light exposure) in different time intervals by means of colour measurement. The obtained results show acceptable self-cleaning ability of TiO_2 modified PES fabrics governed by the reactants concentration and exposure time.
	Objavljeno v	Department of Textile Materials and Design, Faculty of Mechanical Engineering; Proceedings; 2012; Str. 227-231; Avtorji / Authors: Fakin Darinka, Ojstršek Alenka, Stana-Kleinschek Karin	
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine v letu 2012^Z

	Družbeno-ekonomski dosežek		
1.	COBISS ID	16338710	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Karakterizacija koloidnih disperzij z vključenimi TiO_2 oplaščenimi nanodelci za tekstilno funkcionalizacijo
		ANG	Colloidal dispersions' characterization of various TiO_2 core-shell nanoparticles for textiles functionalization
			Namen študije je bil okarakterizirati različne koloidne disperzije z vključenimi TiO_2 core-shell nanodelci za večfunkcionalno obdelavo tekstilnih materialov. Za določanje morfologije in strukture koloidnih

Opis	SLO	disperzij, porazdelitve delcev, naboja delcev, itd. smo uporabili različne analizne tehnike kot so vrstična elektronska mikroskopija (SEM), dinamično sipanje svetlobe (DLS), meritve zeta potenciala in UV/Vis spektrofotometrija. V nadaljevanju smo TiO ₂ disperzije aplicirali na bombažno tkanino po postopku izčrpavanja. Učinkovitost funkcionalizacije tkanin in vpliv različnih oplaščaj delcev smo preučevali z določanjem UV zaščitnega faktorja (UZF) tkanin.	
	ANG	The aim of the presented study was to characterize various commercially available colloidal dispersions containing various TiO ₂ 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 TiO ₂ 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.	
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, Kurečić Manja, Hribernik Silvo, Ojstršek Alenka		
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci		
2.	COBISS ID	16339222	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	UV zaščitne lastnosti bombaža modificiranega z TiO ₂ -SiO ₂ nanodelci	
	ANG	UV protective properties of cotton modified with TiO ₂ -SiO ₂ core-shell nanoparticles	
Opis	SLO	Namen raziskave je bil določiti UV zaščitne lastnosti bombažne tkanine, ki je bila obdelana z različnimi koncentracijami TiO ₂ -SiO ₂ nanodelcev. Koloidne disperzije nanodelcev smo nanašali na material po postopku izčrpavanja, kjer smo spreminjali procesne parametre kot so čas obdelave, pomožna sredstva, kemikalije, pH in temperatura. Modificirane bombažne tkanine smo okarakterizirali z ATR-FTIR spektroskopijo in vrstično elektronsko mikroskopijo. UV zaščitne lastnosti TiO ₂ -SiO ₂ oplaščenih in opranih vzorcev smo ovrednotili z merjenjem UV-A in UV-B transmisije in z izračunom ultravijoličnega zaščitnega faktorja. Dobljeni rezultati nakazujejo nastanek vodikove vezi med TiO ₂ -SiO ₂ nanodelci in bombažno tkanino ter enakomerno porazdelitev delcev po površini. Dalje, površinska modifikacija z nanodelci vodi do izrazitega povečanja UV zaščitnih lastnosti odvisno od koncentracije TiO ₂ -SiO ₂ nanodelcev, sestave kopeli in temperature obdelave.	
	ANG	The purpose of the presented research was to determine UV protective properties of cotton fabric treated with several concentrations of TiO ₂ -SiO ₂ core-shell nanoparticles. Application of nanoparticles' colloidal dispersion was carried-out according to exhaustion procedure with varied operational parameters, i.e. treatment time, auxiliaries, chemicals, pH and temperature. Nano-modified cotton fabrics were characterized by ATR-FTIR spectroscopy and scanning electron microscopy. The UV-blocking ability of TiO ₂ -SiO ₂ coated and washed samples was evaluated by measuring UV-A and UV-B transmittance, and by calculating an ultraviolet protection factor. The obtained results indicated hydrogen bonding of the synthesized TiO ₂ -SiO ₂ core-shell nanoparticles onto the cotton fabrics and equal distribution of nanoparticles through surface. Furthermore, surface modification by nanoparticles brings about an outstanding UV protection functionality of the cotton fabric depending on	

		the concentration of TiO ₂ -SiO ₂ nanoparticles as well as on the bath composition and treatment temperature.
Šifra	B.03	Referat na mednarodni znanstveni konferenci
Objavljeno v	University of Zagreb, Faculty of Textile Technology; Magic world of textiles; 2012; Str. 244-249; Avtorji / Authors: Ojstršek Alenka, Božič Mojca, Fakin Darinka	
Tipologija	1.08	Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
3.	COBISS ID	16342806 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	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

9. Drugi pomembni rezultati projektne skupine v letu 2012⁸

- 1) Vodja projekta je postala (2013- 2015) Koordinatorica/vodja projekta Centra za Odprte inovacije in Raziskave UM / Centre for Open Innovation and Research UM (CORE@UM) v okviru Javnega razpisa za vzpostavitev novih kreativnih jeder, sofinanciranega iz Evropskega sklada za regionalni razvoj (ESRR) in Ministrstva za izobraževanje, znanost, kulturo in šport (MIZKŠ),
- 2) Vodja projekta je postala (2013-2015) Koordinatorica projekta Marie Curie Actions –

Intra-European Fellowships (FP7-PEOPLE-2012-IEF), Micro- and Nanostructured Polysaccharide Interfaces (POLY-INTER-FACES),
3) Vodja projekta je postala 2. 3. 2013 članica evropske akademije znanosti in umetnosti v Salzburgu.

10. Izjemni dosežek v letu 2012⁹

10.1. Izjemni znanstveni dosežek

10.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

Evropska patentna prijava z naslovom »Antimicrobial cellulose material and process of its production« (Antimikrobni celulozni materiali in postopek njihove izdelave) se nanaša na postopek za izdelavo protimikrobnih materialov iz naravnih in sintetičnih celuloznih materialov preko in-situ sinteze srebrnih nanodelcev na površini in v notranjosti vlaknatih substratov. Postopek zajema tri faze in sicer:

1. Faza - alkalna obdelava s 5% NaOH
2. Faza - impregnacija z 0,4 mM AgNO₃
3. Faza - nevtralizacija z očetno kislino, spiranje in sušenje.

Ag-oplašeni celulozni materiali, ki smo jih pripravili po opisanem postopku, imajo odlične antimikrobne lastnosti tudi po več ciklih pranja. Obdelava vpliva tudi na večjo sposobnost omakanja celuloznih substratov oplaščenih z Ag. Sintetizirani delci so enakomerno nanešeni na površino vlaken.

LETNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA V LETU 2012

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	skupaj:8430 od tega v letu 2012:2810
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.d.
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.14 Tekstilstvo in usnjarstvo 2.14.02 Tekstilna kemija
Družbeno-ekonomski cilj	07. Zdravje

2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS¹

Šifra	2.05
- Veda	2 Tehniške in tehnološke vede
- Področje	2.05 Materiali

3. Sofinancerji²

	Sofinancer		
1.	Naziv	Tosama d.o.o.	
	Naslov	Šaranovičeva cesta 35, 1230 Domžale, Vir	
	Vrednost sofinanciranja projekta v letu 2012 je znašala:	29.241,56	EUR

Odstotek od utemeljenih stroškov projekta v letu 2012:		25	%
Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja			Šifra
	1.	Vzpostavitev protokolov za mikrobiološko testiranje	F.17
	2.	Znanstvena dela -poglavje v monografski publikaciji :[COBISS.SI-ID 16537110]	A.03
	3.	Vabljeni predavanja: [COBISS.SI-ID 16328726]	B.04
	4.	Konferenca: [COBISS.SI-ID 16010006]	B.03
	5.	Izvirni znanstveni članek: [COBISS.SI-ID 16523286]	A.01
Komentar	Projekt je potekal v skladu s pričakovanji sofinancerja in časovnice posameznih sklopov raziskav so v skladu z načrtom. V okviru projekta so potekali številni sestanki, kjer so bili podani mejniki projekta.		
Ocena	Rezultati projekta so bistveni za sofinancersko organizacijo. V okviru projekta so tako temeljito mikrobiološko testirani vzorci Tosame. Prav tako se vzpostavljajo protokoli za pravilno in dosledno mikrobiološko testiranje vlaknotvornih polimerov, kot so izdelki Tosame. Slednje je nujno za razvoj medicinskih tekstilij oz. pripomočkov.		

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu v letu 2012³

Problem:

Pri izvedbi protimikrobnih testiranj vlaknatih (tekstilnih) vzorcev se dogaja, da neobdelani osnovni vzorci vlaken kažejo relativno visoko redukcijsko sposobnost na večino mikroorganizmov.

Hipoteza: Na rezultate nekaterih standardiziranih mikrobioloških testov vplivajo oblika (specifična površina), vlažnost ter hidrofilnost/hidrofobnost.

Načrt izvedbe mikrobioloških testiranj:

Materiali: Viskoza (CV) (hidrofilno), polietilentereftalat (PET) (hidrofobno)

1. Vpliv oblike vzorca (morfologije, specifične površine)
 - a. vlakna (V),
 - b. tkanina (T) in
 - c. prah (P)
2. Vpliv vlažnosti vzorcev:
 - a. Suho: metodo izvedemo kot predvideva standard
 - b. Mokro: vzorec namočimo v gojišče za 1 uro, mokrega stehtamo in doziramo toliko gojišča kot znaša razlika do zahtevane količine

Metode:

Kraj izvajanja	Standard/metoda	Naslov standarda
Zavod za		Standard Test Method for Determining the

zdravstveno varstvo Maribor	ASTM E 2149-01	Antimicrobial Activity of Immobilized Antimicrobial Agents Under Dynamic Contact Conditions
Fakulteta za farmacijo, UNI ZG (zunanji izvajalec)	Staphylococcus aureus ATCC 6538, Escherichia coli ATCC 10536 i Candida albicans ATCC 10231 Inhibicija germinacije vrste C. albicans ATCC 10231 u FBS tijekom 4h	Antimicrobila kill time test („time-kill“ u t0h,t1h,t4h)
Tosama	JIS L 1902:2002	Test for Antimicrobial Activity and Efficacy
BF, UNI LJ	EPIFLUORESCENCA	

Vzorci so bili pripravljani na fakulteti za strojništvo UNI MB. Prava tako je ta skupina izvedla fizikalno kemijsko karakterizacijo vzorcev (določila je prosto površinsko energijo vzorcev ter pripravila prereze vlaken).

Ugotovitve: Neponovljivost rezultatov je bila prisotna v primeru, ko smo analizirali suhe vzorce. Če izbrane referenčne vzorce predhodno omočimo in jih v proces testiranja uvedemo v v ravnotežnem stanju navzema vlage (2 h-določitev iz meritev zeta potencial=f (t) ne pride do inhibicije patogenih mikroorganizmov. Ugotovili smo, da je potrebno izvesti kombinacijo metod za verodostojne rezultate.

Preliminarne raziskave protimikrobnih testiranj so potekle tudi že na vlaknih funkcionaliziranih s hitozanom ter hitozanskimi nanodelci.

5. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev v letu 2012⁴

V letu 2012 smo zadovoljivo realizirali program dela na raziskovalnem projektu. Tako smo v tem letu temeljito analizirali referenčna vlakna, pri čemer smo uporabili tri različne standardne metode ter Epifluorescenčno mikroskopijo. Testiranja so potekala na BF UNI LJ, v Tosami, kakor tudi na Zavodu za zdravstveno varstvo Maribor. V projekt je vključen tudi partner iz tujine in sicer prof. Ivan Kosalec iz Fakulteta za Farmacijo, UNI ZG. V okviru projekta so potekali številni sestanki, kjer so bili podani sprotni rezultati projekta ter natančno definirani načrti za naslednje trimesečje.

6. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine v letu 2012⁵

V tem letu ni prišlo do sprememb v okviru programa raziskovalnega projekta niti do sprememb povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine.

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine v letu 2012⁶

Znanstveni dosežek		
1.	COBISS ID	16523286
		Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Hitozan in njegovi derivati kot adsorbat za celulozna vlakna z namenom protimikrobne funkcioanlizacije
	ANG	Chitosan and its derivatives as an adsorbate for cellulose fibres' anti-microbial functionalizations
Opis	SLO	Cilj članka je bil izvesti primerjavo med komercilanim hitozanom s primarnimi aminskimi skupinami ter kvarternim hitozanom. Preučili smo količino protoniranih aminskih skupin v odvisnosti od pH-ja ter vpliv le teh na protmikrobne lastnosti raztopin, ki se lahko potencilano uporabijo

		kot protimikrobni premaz za tekstilije.
	ANG	The purpose of this paper was to carry out a comparison between commercial chitosan (primary amino groups) and its derivatives (chitosan with quaternary ammonia compounds) regarding their potential usage as adsorbates for the functionalization of textile surfaces. The physical-chemical properties were analysed with an emphasis on the fibre functional groups determinations, plus a characterization of the antimicrobial properties of the functionalized cellulose fibres. It was concluded that quaternary chitosan when compared to commercial chitosan (amino groups), adsorbs in a larger quantity on the fibre surface, and introduces a higher content of available amino groups on the fibres' surfaces, thus consequently leading to greater antimicrobial efficiency.
Objavljeno v		Editura Certex; Industria textilæa; 2012; Vol. 63, no. 6; str. 296-301; Impact Factor: 0.291; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.821; WoS: QJ; Avtorji / Authors: Fras Zemljič Lidija, Šauperl Olivera
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine v letu 2012^Z

	Družbeno-ekonomski dosežek		
1.	COBISS ID	16328726	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Hitozanski nanodelci aplicirani za medicinske tekstilije
		ANG	Chitosan nanoparticles for applications in medical textiles
	Opis	SLO	Na predavanju smo predstavili vlakna kot matrico za razvoj medicinskih tekstilij oz. medicinskih pripomočkov. Predstavili smo funkcionalizacijo vlaken s hitozanskimi nanodelci ter pregled protimikrobnosti tako na referenčnem materialu kot materialu funkcionaliziranem s hitozanskimi nanodelci.
		ANG	In the lecture we presented fibres as matrices for medical textiles development. Referenced fibres and those coated by chitosan nanoparticles were examined from antimicrobial point of view.
	Šifra	B.04 Vabljen predavanje	
	Objavljeno v	Tehnološko-metalurški fakultet; Programme; 2012; Str. 72; Avtorji / Authors: Ristić Tijana, Fras Zemljič Lidija, Zabret Andrej, Strnad Simona	
	Tipologija	1.10 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci (vabljen predavanje)	

9. Drugi pomembni rezultati projektne skupine v letu 2012^S

Pomembni dosežek projekta je tudi ta, da smo v okviru projektne konzorcija vzpostavili protokole za mikrobiološka testiranja vlaken ter izvedli "Round Robin" testiranje referenčnih vlaken z metodo ASTM E 2149-01. Na ta način smo dobili poglobljeno znanje na področju mikrobiološkega testiranja vlaknotvornih polimerov kot so vlakna. Svoje delo smo predstavili tudi na številnih konferencah.

10. Izjemni dosežek v letu 2012^S

10.1. Izjemni znanstveni dosežek

Izvirni znanstveni članek:
GENCO, Taha, FRAS ZEMLJIČ, Lidija, BRAČIČ, Matej, STANA-KLEINSCHKEK, Karin, HEINZE, Thomas. Characterization of viscose fibers modified with 6-deoxy-6-amino cellulose sulfates.

Cellulose (Lond.), Dec. 2012, vol. 19, iss. 6, str. 2057-2067, doi: 10.1007/s10570-012-9778-1. [COBISS.SI-ID 16269846]

10.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

V tem letu ni bilo izjemnih družbeno ekonomskih dosežkov. Jih pa pričakujemo za naslednje leto.

LETNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA V LETU 2012

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	Z2-4151
Naslov projekta	Razvoj magnetnih in prevodnih celuloznih materialov za absorpcijo elektromagnetnega valovanja
Vodja projekta	27558 Silvo Hribernik
Tip projekta	Zt Podoktorski projekt - temeljni
Obseg raziskovalnih ur	skupaj:3400 od tega v letu 2012:1700
Cenovni razred	A
Trajanje projekta	07.2011 - 06.2013
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	06. Industrijska proizvodnja in tehnologija

2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS¹

Šifra	2.05
- Veda	2 Tehniške in tehnološke vede
- Področje	2.05 Materiali

3. Sofinancerji²

	Sofinancer		
1.	Naziv		
	Naslov		
	Vrednost sofinanciranja projekta v letu 2012 je znašala:		EUR

Odstotek od utemeljenih stroškov projekta v letu 2012:		%
Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		Šifra
	1.	
	2.	
	3.	
	4.	
	5.	
Komentar		
Ocena		

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu v letu 2012³

V sklopu oplaščenja viskoznih vlaken z magnetitom smo izvedli tri postopke in situ sinteze magnetnih delcev: postopek odlaganja (adsorpcije) predhodno formiranih delcev: (i) vlakna smo prelili z vodno raztopino amoniaka, ter jih pokrite stresali na stresalniku, da smo zagotovili enakomerno porazdelitev vlaken v volumnu katalizatorja. Po 10 min smo v enem dodatku dodali mešanico raztopin prekurzorja železovih soli ter nastali reakcijski sistem močno stresali še eno uro (A1); (ii) vlakna smo prelili z mešanico raztopin železovih soli, jih hitro prenesli v nučo ter odsesali. Vlakna smo med stresanjem nemudoma prelili z vodno raztopino amoniaka (C1); (iii) mešanici železovih soli smo previdno zvišali pH vrednost na ~3,5 ob intenzivnem mešanju; dodali smo vlakna. Preostanek amoniaka smo v reakcijsko zmes dozirali med konstantnim intenzivnim stresanjem (D1); (iv) disperziji magnetitnih delcev smo povišali pH vrednost na ~4,5-5, dodali vlakna ter stresali v zaprti posodi (ADS). Pri aplikaciji postopka A1 za *in situ* sintezo delcev na vlaknih smo vlakna najprej impregnirali v raztopini amoniaka, nakar smo ji dodali raztopino železovih soli. So-obarjanje delcev v prisotnosti vlaken poteka pri tem postopku v alkalnem področju nad pH 10, tj. v področju presežka OH⁻ ionov, v katerem je površina delcev popolnoma nabita. Tako delci kot celulozna vlakna v tem pH območju nosijo negativen naboj in med takšima površinama se vzpostavi elektrostatični odboj. Na vlaknih so po končani sintezi in spiranju sicer prisotni sloji delcev vendar so ti neenakomerni. Postopek A1 ne zagotavlja kontrolirane rasti delcev na vlaknih, saj pride do nastanka delcev v trenutku v celotnem volumnu reakcijske posode ob dodatku raztopine prekurzorja. Sinteza C1 predstavlja dvo-stopenjski postopek, kjer jasno ločimo fazo dodajanja prekurzorja in katalizatorja. Reakcija so-obarjanja magnetita je potekla le na površini vlakna, kjer so bile prisotne železove soli in ne v celotnem volumnu čaše. Postopek D1 je modificirana različica postopka C1, kjer mešanici železovih soli previdno zvišamo pH na vrednost, kjer delci magnetita še ne nastajajo, z namenom zmanjšanja kislosti reakcijskega sistema, v katerem bi bila vlakna manj izpostavljena vplivom hidrolize. Viskozna vlakna smo oplastili tudi z adsorpcijo delcev iz predhodno pripravljene magnetne tekočine; oplasteni vzorci izkazujejo bolj ali manj urejeno površinsko strukturo magnetnih plasti. Vpliv postopkov oplaščenja z magnetnimi delci na mehanske lastnosti vlaken smo določili z nateznim obremenjevanjem; določili smo vrednosti pretržne napetosti, raztezka ob pretrgu in pretržne sile. Reakcijski pogoji pri določenih postopkih oplaščenja imajo lahko negativen vpliv na mehanske lastnosti vlaken, še posebej v kombinaciji s posledicami, ki so jih na viskoznih vlaknih pustile alkalne predobdelave. To se je zgodilo v primeru oplastitvenih vlaken serije C1, katerim so se mehanske lastnosti znižale do te mere, da ni bilo mogoče preizkušati njihovih nateznih lastnosti. Negativnim posledicam, ki jih predstavlja kisli pH za oplaščenje celuloznih vlaken, pa smo se izognili s postopkom D1. To je modificiran postopek C1, kjer smo začetni mešanici železovih soli previdno zvišali pH na ~3,5, kjer še ne poteče so-obarjanje delcev (pretržna napetost se tem vlaknom le minimalno zniža in sicer na 22,7 cN/tex (v primerjavi z začetno vrednostjo surovih vlaken 23,1 cN/tex)). Pri vzorcih, obdelanih s postopkom A1, kjer je sinteza potekla v celoti v bazičnem pH področju, so se tako vrednosti pretržnih napetosti, kot raztezkov različno predobdelanih vzorcev, oplastitvenih po postopku A1 le minimalno zmanjšale od tistih, ki smo jih določili za neoplaščenih vlakna. V primeru postopka adsorpcije delcev iz magnetne tekočine (postopek ADS) na predobdelana vlakna, smo oplastitvenim vlaknom določili nižje pretržne napetosti v primerjavi z neoplaščenimi vlakni. Magnetne lastnosti in s tem magnetni karakter vzorcev oplastitvenih vlaken smo

določili z merjenjem stopnje magnetizacije v odvisnosti od jakosti apliciranega magnetnega polja. Vsi postopki oplaščenja z magnetnimi delci dajejo superparamagnetna viskozna vlakna. Z namenom ugotovitve vpliva mase prisotnega magnetita na magnetni odziv vzorcev, smo izvedli termogravimetrično analizo in na podlagi mase ostanka določili vsebnost anorganske faze, tj. magnetita za vzorce serij, ki izkazujejo najvišje vrednosti nasičene magnetizacije, tj. A1 in D1. Rezultati kažejo, da kljub najvišjim vrednostim nasičene magnetizacije, predhodno liofilizirani vzorci ne vsebujejo največje količine magnetne faze; te je v obeh primerih največ pri surovih oplaščenih vlaknih (neenakomerne in debelejšje plasti na površini teh vzorcev). Glede na to, da je izmerjena nasičena magnetizacija posledica magnetne komponente in da prispevek diamagnetne komponente (celuloza) k skupnemu volumnu vzorca zmanjša magnetni moment materiala lahko sklepamo, da je plast delcev magnetita na neobdelanih oplaščenih vlaknih oksidirala v maghemit, ki izkazuje nižjo stopnjo magnetne nasičenosti. Pri liofiliziranih vlaknih z bolj odprto strukturo lahko pričakujemo sintezo delcev tudi v odprtih dostopnih amofnih področjih, medtem ko pri neobdelanih vlaknih poteče sinteza oz. nalaganje delcev predvsem na površini. Takšni delci so bolj izpostavljeni oksidaciji v ambientnih pogojih, medtem ko so delci v notranjosti vlaken in odprtinah aktivirane površine bolj zaščiteni.

5. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev v letu 2012⁴

Delo v sklopu projekta "Razvoj magnetnih in prevodnih celuloznih materialov za absorpcijo elektromagnetnega valovanja" poteka v skladu z zastavljenim terminskim planom in raziskovalnimi mejniki. Opravljeno delo v letu 2012 in doseženi rezultati sledijo in v celoti potrjujejo zastavljene hipoteze (vpliv nadmolekulske strukture celuloznih regeneriranih vlaken na nukleacijo in rast delcev ter posledično na njihovo funkcionalnost, tj. magnetne lastnosti) ter predstavljajo logično nadaljevanje rezultatov, predstavljenih v predhodnem poročilu. Na podlagi predstavljenih rezultatov pričakujemo, da bomo tudi v prihodnjem obdobju projekta opravljali raziskovalno delo po predvidenem časovnem načrtu.

6. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine v letu 2012⁵

V letu 2012 ni prišlo do sprememb programa raziskovalnega projekta "Razvoj magnetnih in prevodnih celuloznih materialov za absorpcijo elektromagnetnega valovanja".

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine v letu 2012⁶

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	15846678	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Sinteza magnetnih delcev železovega oksida
		<i>ANG</i>	Synthesis of magnetic iron oxide particles
	Opis	<i>SLO</i>	V prispevku je opisana sinteza magnetnih delcev železovega oksida; raziskava je bila izvedena z namenom študija pogojev precipitacije delcev, kar nam bo omogočilo učinkovito aplikacijo sinteznega postopka delcev v procesih oplaščenja celuloznih vlaken. Sintezo delcev železovega oksida smo izvedli z različnimi molarnimi koncentracijami prekurzorskih raztopin, ter z različnimi zaporedji dodajanja reaktantov v reakcijsko zmes. Na ta način smo lahko raziskali formacijo delcev v različnih fazah sinteznega postopka, tj. pri različnih pH vrednostih. Strukturne lastnosti delcev (stopnja kristalnosti, velikost kristalitov), ter njihove koloidne in magnetne lastnosti smo korelirali z uporabljenim sinteznim postopkom. Postopek z nadzorovanim dodajanjem raztopine amonijevega hidroksida v raztopino železovih soli daje magnetne delce z največjo velikostjo kristalitov in intenzivnimi sipalnimi rentgenskimi krivuljami. Velikost in kristalnost delcev sta odvisni tudi od molarnih koncentracij uporabljenih železovih soli. Najvišje vrednosti nasičene magnetizacije ponovno izkazujejo delci, sintetizirani s postopkom nadzorovanega dodajanja katalizatorja v raztopino prekurzorja; to je

		posledica njihove urejene strukture, ki ugodno vpliva tudi na njihove koloidne lastnosti v magnetnih tekočinah na vodni osnovi. Pridobljeno znanje o sintezi magnetnih delcev železovega oksida se bo izkazalo za nujno potrebno pri postopkih in situ opláščanja celuloznih substratov, saj nam bo omogočilo optimalno načrtovanje procesnih pogojev.
	ANG	We report on the synthesis of magnetic iron oxide particles; study of the particles' formation was undertaken to investigate conditions of precipitation in order to apply it efficiently to cellulose fibre coating procedures. Synthesis of magnetic particles was performed, comprised of variations of molar concentrations of precursor solutions as well as different addition protocols of reactants into the reaction system. This allowed us to investigate the formation of iron oxide particles from different starting points. Following the synthesis, an evaluation of particles' formation in different stages of synthesis procedure i.e. at different pH values and analysis of particles' properties was carried out. Structural properties (crystallinity, size of the single magnetite crystals), their magnetic and colloidal properties were correlated with the synthesis procedure used. Procedure with controlled addition of ammonium hydroxide solution into a solution of precursor iron salts results in magnetic particles with largest crystallite size and the most intense X-ray diffraction patterns. Size and crystallinity of formed particles are also dependent upon the molar concentrations of Fe ²⁺ and Fe ³⁺ ions. Highest values of saturation magnetization are again exhibited by particles, produced with controlled addition of catalyst into a solution of precursor, a consequence of their ordered structure, which also favourably influences their colloidal properties when dispersed in an aqueous-based ferrofluid. Gained insight of the presented synthesis study will prove useful when in situ precipitation of magnetic iron oxide particles will be used for the preparation of magnetic solid cellulose substrates, since it will allow for the optimal adjustment of process conditions.
	Objavljeno v	Elsevier; Colloids and surfaces; 2012; Vol. 400; str. 58-66; Impact Factor: 2.236; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 3.171; WoS: EI; Avtorji / Authors: Hribernik Silvo, Sfiligoj-Smole Majda, Bele Marjan, Gyergyek Sašo, Jamnik Janko, Stana-Kleinschek Karin
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
2.	COBISS ID	15775510 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Vezava srebrovih nano-delcev na viskozno netkano tekstilijo z različnimi komercialnimi sol-gel postopki
		ANG Binding silver nano-particles onto viscose non-woven using different commercial sol-gel procedures
	Opis	SLO V prispevku je predstavljena ena izmed možnih rešitev za uporabo srebra z majhnim sproščanjem v rano, pri čemer se je dosegel dober protimikrobni učinek na bakterijske kulture, ki se v rani najpogosteje pojavljajo. Uporabili smo komercialne sol-gel sisteme s katerimi smo inkorporirali srebrove nano-delce na viskozo. Spremljali smo vpliv različnih sol-gelov na hidrofilne lastnosti nosilnega materiala in raven sproščenega srebra. Rezultati so pokazali, da lahko uporaba sol-gel sistema zagotovi dobre hidrofilne lastnosti in obenem dovolj močno veže srebro, ki daje odlične protimikrobne lastnosti obdelanemu materialu.
		ANG The paper presents possible solution of Ag binding using commercial sol-gel systems which enable its low release into a wound, providing a good antimicrobial effect on those bacterial cultures that are most likely present in the wound. The influence of different sol-gel systems on the hydrophilic properties of carrier materials and the level of released silver has been studied. The results showed that sol-gel as binding-systems could provide proper hydrophilic properties of material, whilst binding

		silver strongly enough providing at the same time excellent antimicrobial activity of the treated viscose materials.
Objavljeno v		Inštitut za kovinske materiale in tehnologije; Materiali in tehnologije; 2012; Letn. 46, št. 1; str. 75-80; Impact Factor: 0.804; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.27; WoS: PM; Avtorji / Authors: Pivec Tanja, Peršin Zdenka, Hribnik Silvo, Maver Tina, Kolar Mitja, Stana-Kleinschek Karin
Tipologija	1.01	Izvirni znanstveni članek

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine v letu 2012^Z

	Družbeno-ekonomski dosežek					
1.	COBISS ID	16183574 Vir: COBISS.SI				
	Naslov	<table border="1"> <tr> <td>SLO</td> <td>Priprava magnetnih celuloznih vlaken, oplaščenih s kompozitnimi delci magnetita in škroba</td> </tr> <tr> <td>ANG</td> <td>Preparation of magnetic cellulose fibres, coated with starch/Fe[sub]3O[sub]4 composite particles</td> </tr> </table>	SLO	Priprava magnetnih celuloznih vlaken, oplaščenih s kompozitnimi delci magnetita in škroba	ANG	Preparation of magnetic cellulose fibres, coated with starch/Fe[sub]3O[sub]4 composite particles
SLO	Priprava magnetnih celuloznih vlaken, oplaščenih s kompozitnimi delci magnetita in škroba					
ANG	Preparation of magnetic cellulose fibres, coated with starch/Fe[sub]3O[sub]4 composite particles					
	Opis	<table border="1"> <tr> <td>SLO</td> <td>Sinteza kompozitnih anorganskih delcev s škrobom se ponuja kot obetaven način izdelave in razvoja novih trajnostnih funkcionalnih materialov. Polimerna faza takšnih kompozitov služi kot nukleacijska in adsorpcijska površina za anorganske delce, poleg tega pa obenem ponuja možnost nadaljnega funkcionaliziranja in zamreženja. Predstavljena raziskava se ukvarja s pripravo kompozitnih delcev, sestavljenih iz matrice škroba z vključenimi delci magnetita; na takšen način dosežemo visoko vsebnost anorganske faze, obenem pa preprečimo nezaželeno oksidacijo železovega oksida (magnetita). Tako pripravljene delce smo adsorbirali na celulozna vlakna, poleg tega pa smo jih vključili v vlaknovino tudi v obliki polimernega gela.</td> </tr> <tr> <td>ANG</td> <td>Synthesis of starch-based composite particles presents itself as an interesting route for the development of new sustainable functional materials. Polymer fraction of such composites act as an adsorption and packing surface for inorganic particles, and at the same time offers the possibility for further functionalization/cross-linking. Present research deals with the preparation of composite particles, consisting of a starch matrix with incorporated magnetic iron oxide particles (Fe₃O₄), where a higher packing density of magnetic particles is expected while a starch layer will serve to prevent their oxidation. Such composite particles were either adsorbed and attached onto cellulose fibrous web and pulp fibres or incorporated into the fibre matrix in a form of a polymer gel.</td> </tr> </table>	SLO	Sinteza kompozitnih anorganskih delcev s škrobom se ponuja kot obetaven način izdelave in razvoja novih trajnostnih funkcionalnih materialov. Polimerna faza takšnih kompozitov služi kot nukleacijska in adsorpcijska površina za anorganske delce, poleg tega pa obenem ponuja možnost nadaljnega funkcionaliziranja in zamreženja. Predstavljena raziskava se ukvarja s pripravo kompozitnih delcev, sestavljenih iz matrice škroba z vključenimi delci magnetita; na takšen način dosežemo visoko vsebnost anorganske faze, obenem pa preprečimo nezaželeno oksidacijo železovega oksida (magnetita). Tako pripravljene delce smo adsorbirali na celulozna vlakna, poleg tega pa smo jih vključili v vlaknovino tudi v obliki polimernega gela.	ANG	Synthesis of starch-based composite particles presents itself as an interesting route for the development of new sustainable functional materials. Polymer fraction of such composites act as an adsorption and packing surface for inorganic particles, and at the same time offers the possibility for further functionalization/cross-linking. Present research deals with the preparation of composite particles, consisting of a starch matrix with incorporated magnetic iron oxide particles (Fe ₃ O ₄), where a higher packing density of magnetic particles is expected while a starch layer will serve to prevent their oxidation. Such composite particles were either adsorbed and attached onto cellulose fibrous web and pulp fibres or incorporated into the fibre matrix in a form of a polymer gel.
SLO	Sinteza kompozitnih anorganskih delcev s škrobom se ponuja kot obetaven način izdelave in razvoja novih trajnostnih funkcionalnih materialov. Polimerna faza takšnih kompozitov služi kot nukleacijska in adsorpcijska površina za anorganske delce, poleg tega pa obenem ponuja možnost nadaljnega funkcionaliziranja in zamreženja. Predstavljena raziskava se ukvarja s pripravo kompozitnih delcev, sestavljenih iz matrice škroba z vključenimi delci magnetita; na takšen način dosežemo visoko vsebnost anorganske faze, obenem pa preprečimo nezaželeno oksidacijo železovega oksida (magnetita). Tako pripravljene delce smo adsorbirali na celulozna vlakna, poleg tega pa smo jih vključili v vlaknovino tudi v obliki polimernega gela.					
ANG	Synthesis of starch-based composite particles presents itself as an interesting route for the development of new sustainable functional materials. Polymer fraction of such composites act as an adsorption and packing surface for inorganic particles, and at the same time offers the possibility for further functionalization/cross-linking. Present research deals with the preparation of composite particles, consisting of a starch matrix with incorporated magnetic iron oxide particles (Fe ₃ O ₄), where a higher packing density of magnetic particles is expected while a starch layer will serve to prevent their oxidation. Such composite particles were either adsorbed and attached onto cellulose fibrous web and pulp fibres or incorporated into the fibre matrix in a form of a polymer gel.					
	Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci				
	Objavljeno v	Inventia AB; Book of abstracts; 2012; Str. 30-31; Avtorji / Authors: Hribnik Silvo, Sfiligoj-Smole Majda, Stana-Kleinschek Karin				
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci				
2.	COBISS ID	16341782 Vir: COBISS.SI				
	Naslov	<table border="1"> <tr> <td>SLO</td> <td>Toplotna strukturna reorganizacija amorfnih celuloznih filmov</td> </tr> <tr> <td>ANG</td> <td>Structural reorganization in amorphous cellulose model thin films induced by heat treatment</td> </tr> </table>	SLO	Toplotna strukturna reorganizacija amorfnih celuloznih filmov	ANG	Structural reorganization in amorphous cellulose model thin films induced by heat treatment
SLO	Toplotna strukturna reorganizacija amorfnih celuloznih filmov					
ANG	Structural reorganization in amorphous cellulose model thin films induced by heat treatment					
		V predstavljeni raziskavi smo študirali strukturno reorganizacijo amorfnih celuloznih filmov, kot posledico temperaturne obdelave. Podobno kot pri pojavu hornifikacije vlaken, temperaturna obdelava tankih celuloznih filmov vpliva na njihovo strukturo in površinsko morfologijo. pripravili smo različne delno in popolnoma regenerirane celulozne filme (iz TMSC) in jih izpostavili temperaturi 105°C za 6 ur. Spremembe v strukturi				

Opis	SLO	reorganizaciji, elementni sestavi, strukturi in hidrofilitnosti pred in po toplotni obdelavi smo zasledovali z metodami AFM, ATR-IR, XPS, GIXRD, goniometrijo. Raziskava delno regeneriranih filmov (v korelaciji z XPS rezultati) daje informacijo o vlogi vodikovih vezi v postopku sušenja. Znano je, da v v TMSC filmu ni prisotnih vodikovih vezi med celuloznimi verigami; z nadzorovanjem sprememb v količini sililnih skupin lahko ocenimo vpliv vodikovih vezi na spremembe, ki jih povzroča toplotna obdelava.
	ANG	An attempt to unravel the changes in structural rearrangement/reorganization of amorphous cellulose model thin film upon heat treatment is made. Similar to the hornification of fibers and pulps, heat treatment of amorphous cellulose thin films should have a significant impact on its structure and surface morphology. Consequently, several well defined partly and fully regenerated cellulose model films are prepared from spin coated trimethylsilylcellulose (TMSC) and subjected to heat treatment at 105 °C for 6hours. The changes in the structural rearrangement, elemental composition, structure, and hydrophobicity of such model films before and after heat treatment are investigated by several methods such as AFM, ATR-IR, XPS spectroscopy, GIXRD, wetting and D2O/H2O solvent exchange experiments. The use of partly regenerated cellulose model films should provide information about the role of hydrogen bonding in the drying process upon correlation with XPS data which gives information on the degree of substitution of silyl groups. It is known, that there is hardly any hydrogen bonding between the cellulose strains in highly substituted TMSC; therefore controlled changes in the amount of silyl groups present in the films facilitate the evaluation of the influence of hydrogen bonding to heat induced changes.
Šifra	B.03	Referat na mednarodni znanstveni konferenci
Objavljeno v	Department of Textile Materials and Design, Faculty of Mechanical Engineering; Proceedings; 2012; Str. 135-140; Avtorji / Authors: Mohan Tamilselvan, Spirk Stefan, Doliška Aleš, Hribernik Silvo, Ribitsch Volker, Stana-Kleinschek Karin	
Tipologija	1.08	Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci

9. Drugi pomembni rezultati projektne skupine v letu 2012³

10. Izjemni dosežek v letu 2012²

10.1. Izjemni znanstveni dosežek

10.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

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

- Številka raziskovalnega projekta: **L4-3641-0795 (aplikativni)**
Trajanje raziskovalnega projekta: **1.5.2010 do 30.4.2013**
Vodja raziskovalnega projekta: **dr. Franc POHLEVEN ; izr.prof.dr. Vanja KOKOL**
Naslov raziskovalnega projekta: **BIOTEHNOLOŠKI PROCESI OBDELAVE LIGNOCELULOZNIH MATERIALOV**
- 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: **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: **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 izr.prof. 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- 4009-0795 (aplikativni)**
Trajanje raziskovalnega projekta: **1.7.2011 do 30.6.2014**
Vodja raziskovalnega projekta: **Dr. M. MOZETIČ ; Vodja na FS red.prof. dr. K. Stana Kleinschek**
Naslov raziskovalnega projekta: **FUNKCIONALIZACIJA BIOMEDICINSKIH VZORCEV S TERMODINAMSKO NERAVNOVESNO PLINSKO PLAZMO**

**ZAKLJUČNA POROČILA O REZULTATIH RAZISKOVALNIH PROJEKTOV
ZA LETA 2009 - 2012**

ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	L2-2071
Naslov projekta	Razvoj novih selektivnih materialov za odstranitev organskih onesnaževal iz tekstilne odpadne vode po fotokemijski obdelavi
Vodja projekta	2223 Alenka Majcen Le Marechal
Tip projekta	L Aplikativni projekt
Obseg raziskovalnih ur	9302
Cenovni razred	B
Trajanje projekta	05.2009 - 04.2012
Nosilna raziskovalna organizacija	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	1719 LOKATEKS, podjetje za zaposlovanje invalidov, d.o.o. Škofja Loka
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.14 Tekstilstvo in usnjarstvo 2.14.02 Tekstilna kemija
Družbeno-ekonomski cilj	02. Okolje

2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS¹

Šifra	2.07
- Veda	2 Tehniške in tehnološke vede
- Področje	2.07 Okoljsko inženirstvo

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Povzetek raziskovalnega projekta²

SLO

Tekstilna plemenitilna industrija je drugi največji porabnik vode v EU, takoj za agronomijo. Največ vode porabijo procesi barvanja (do 300 L/kg), plemenitenja (do 930 L/kg), pranja in spiranja. Tekstilna plemenitilna industrija je, v najširšem pomenu, ne samo največji

porabnik vode znotraj industrijskega sektorja, ampak tudi največji vir emisij. Poleg barvil vsebujejo tekstilne odpadne vode lahko še površinsko aktivna sredstva, soli, težke kovine, maščobe, olja, razne organske in anorganske aditive, plemenitilna sredstva, celo zelo toksične mikro polutante. Zaradi vse dražje vode in obdelave odpadne vode in zaradi globalnega zavedanja o dragocenosti vodnih virov, postaja recikliranje vode nujnost, vendar predstavlja trenutna tehnologija ozko grlo uporabe zaprtih vodnih tokov. Tekstilna industrija je tako znana kot potencialni izvor raznih strupenih onesnaževal npr. POPs-ov (persistent organic pollutants), fenolov, formaldehida, raznih aromatskih aminov ipd. Za odstranitev omenjenih toksičnih mikro polutantov se uporabljajo razne ločitvene tehnike, ki bazirajo na filtraciji, adsorpciji, ekstrakciji, npr.: ultrafiltracija, nano filtracija, RO, aktivno oglje, nano gobe, tekočinsko-tekočinska ekstrakcija, encimatske metode in drugo. Obstoječe filtracijsko/adsorpcijske tehnologije niso najbolj uspešne pri čiščenju tekstilnih odpadnih vod za namene recikliranja zaradi omejene učinkovitosti, ekonomskih razlogov, niso dovolj prijazne okolju ali niso dovolj selektivne. V okviru projekta smo pripravili tekstilne filtrne materiale (ki bazirajo na imobiliziranem ciklodekstrinu na organskem nosilcu) z namenom ločevanja organskih onesnaževal, s poudarkom na toksičnih mikro polutantih, prisotnih v tekstilni odpadni vodi po naprednem oksidacijskem postopku (AOP) čiščenja s H₂O₂/UV. AOPs se običajno kombinirajo z drugimi tehnikami, npr.: filtracijami. Tekstilni materiali so zelo pomembni kot filtrni materiali. Njihova cena je sprejemljivejša, imajo ugodne mehanske lastnosti, primerno velikost por, pri čemer je lahko velikost makro por spremenljiva, odvisno od vrste materiala in premera vlaken. Ciklodekstrini lahko tvorijo v svoji notranjosti komplekse z različnimi manjšimi molekulami in sicer v raztopini, v trdnem stanju in tudi, ko so ciklodekstrini vezani na tekstilno površino. V zadnjem primeru igrajo vlogo začasnega "gostitelja" malih molekul. S spremembo polarnosti v notranjosti ciklodekstrina in s spremembo velikosti praznine v notranjosti lahko pripravimo na nano skupnih temelječe selektivne materiale z filtrnimi lastnostmi.

ANG

The textile finishing industry is the second biggest water consuming sector in Europe after agriculture. The most important water consuming processes are washing, rinsing, dyeing (up to 300 L/kg) and finishing (up to 930 L/kg). Textile finishing industry in a broad sense of world is beside being the biggest consumer of water inside the industrial sector, also one of the main sources of emissions. Beside dyes, the textile waste water can contain also surfactants, salts, heavy metals, fats, oils, many different organic and inorganic additives, finishing agents, even very toxic micro pollutants etc. Due to increase of the prices of technical waters and waste water treatments and due to global scarcity of water, the recycling of waste water is becoming the necessity, but technological bottlenecks limit the application of water loop closure. The textile industry is known as a potential source of various toxic pollutants like persistent organic pollutants (POPs), phenols, formaldehyde forming compounds, various aromatic amines etc. To remove these toxic micro pollutants several separation techniques, based on filtration, adsorption, and extraction could be applied, like ultra filtration, nano filtration, reverse osmosis, activated carbon, nano sponge, liquid-liquid extraction, enzymatic methods and others. Current filtration/adsorption technologies fail to be implemented successfully in the textile waste water treatments for recycling due to limited efficiency, economical reasons, not environmentally friendly or selective enough. In the frame of the project we prepared various textile filter materials (based on immobilized cyclodextrins on water-insoluble organic support) for separation of organic pollutants, with the emphasis on toxic micro pollutants from textile waste waters after advanced oxidizing process (AOP) based on H₂O₂/UV. AOPs are usually combined with other techniques, like filtration. Textile materials are very important as filter materials. Their cost is more acceptable, they have a sufficient mechanical strength, the pore size, the macro-pore size can vary (depending on the type of textile and on the diameter of fibres). Cyclodextrins form inclusion compounds with various small molecules. Such complexes can be formed in solution, in the solid state, as well as when cyclodextrins are linked to the textile surface where they can act as permanent or temporary hosts to small molecules. With the change of the polarity of the cyclodextrin cavity and with the change of the size of the cavity we can prepare the nanoassembly selective materials with filtration properties.

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu³

Projekt smo izvajali v skladu z načrtovanimi delovnimi paketi. Izhajali smo iz dejstva, da je tekstilna plemenitilna industrija po eni strani velik porabnik vode in po drugi strani močno obremenjuje okolje. Karakteristika tekstilne odpadne vode je močno odvisna od procesov, ki se v tekstilni industriji uporabljajo. Za odpadno vodo iz tekstilne industrije so značilna velika nihanja parametrov onesnaženja.

Z namenom oblikovanja celovite baze podatkov o lastnostih tekstilnih odpadnih vod, smo izvedli celovito analizo realnih tekstilnih odpadnih vod dveh slovenskih tekstilnih podjetij. Tako smo v obeh podjetjih vzorčili, analizirali in testirali vse glavne tokove odpadne vode. Merjeni parametri so bili pH, prevodnost, motnost, TSS (usedljive snovi), VSS (raztopljene snovi), absorbanca in KPK (kemijska potreba po kisiku).

Opravljenе so bile tudi podrobnejše analize sledečih parametrov Ba^{2+} , Cu^{2+} , Mn^{2+} , K^+ , Sr^{2+} , Fe (Fe^{2+} , Fe^{3+}), Al^{3+} , Na^+ , Ca^{2+} , TN, S^{2-} , SiO_2/Si , Cl^- , SO_4^{2-} , NH_4^+ .

Določili smo tudi vsebnost toksičnih organskih onesnaževal PCDD/Fs v realnih odpadnih vodah. Zaznali smo povečano vsebnost PCDD/Fs v tekstilnih odpadnih vodah onesnaženimi z disperznimi barvili.

Po končani karakterizaciji vzorcev realnih odpadnih vod smo z naprednim oksidacijskim postopkom $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$ izvedli razbarvanje/razgradnjo izbranih tokov odpadne vode dveh slovenskih tekstilnih podjetij. Proces razbarvanja/razgradnje smo izvajali z močjo UV žarnice 1600 W, 30 minut. Pred in po obdelavi smo na izbranih tokovih odpadne vode merili naslednje parametre: absorbanco pri treh različnih valovnih dolžinah 436, 525, 620 nm, pH, motnost, prevodnost in TOC. V vseh primerih smo dosegli več kot 90 % razbarvanje in znižanje vrednosti TOC.

V nadaljevanju raziskav smo študirali vpliv AOP postopkov na tvorbo obstojnih organskih onesnaževal na vzorcih realne odpadne vode. Dobljeni rezultati kažejo, da UV/ H_2O_2 postopek nima vpliva na tvorbo polikloriranih dibenzo-p-dioksinov in polikloriranih dibenzofuranov (PCDD/Fs).

Različne vrste tekstilnih substratov in sicer celulozno pulpo, tkan bombaž, tkano in netkano viskozno ter tkano in netkano poliester, PET 3D in PET 2D "spacer materials" smo obdelali s β -ciklodekstrinom z namenom priprave selektivnih tekstilnih filtrov. Ciklodekstrini so makrociklični oligosaharidi in so dobro znane "host-guest" molekule. Ciklodekstrini smo na tekstilni material vezali kovalentno in sicer tako, da smo tekstilni material obdelali v obdelovalni kopeli, ki je vsebovala različne koncentracije β -ciklodekstrina, reagent za zamreženje 1,2,3,4-butan tetrakarbonsilno kislino (BTCA) in katalizator (cianamid).

Najpomembnejši korak pri postopku obdelave tekstilnega materiala je toplotna obdelava β -ciklodekstrina z BTCA, ob prisotnosti katalizatorja CA. β -ciklodekstrin se preko estrske vezi veže na hidroksilno skupino celuloze. Nanos β -ciklodekstrina na različne tekstilne substrate smo določili z gravimetrično metodo po standardu DIN 53814. Nanos β -ciklodekstrina na različne tekstilne substrate je znašal: celulozna pulpa (C_p) 25 %, bombažna tkanina (B_T) 10 %, netkana viskozni material (V_N) 35 %, viskozna tkanina (V_T) 12 %, poliesterna tkanina (P_T) 12 %, netkani poliesterni material (P_N) 20 %.

Preliminarne raziskave smo izvajali z modelnim polutantom fenolom. Fenol je visoko toksična spojina in meja njegovemu izpostavljanju mora biti strogo kontrolirana. Smrt povzroči že pri koncentraciji raztopine 1 mg/L. Pri stiku s tkivom razgrajuje beljakovine. Maksimalna dovoljena koncentracija v zraku za delovne prostore je 1,2 mg/kg ali 5 mg/m³. Oralna letalna (smrtna) doza (LD_{50}) znaša 414 mg/kg.

Za odstranjevanje fenola iz vodnih raztopin smo proučevali možnost uporabe β -ciklodekstrina samega, vezanega v polimer, ter vezanega na različne tekstilne materiale.

Izvedli smo eksperimente tvorbe kompleksa β -ciklodekstrina v raztopini s fenolom. V prvi fazi raziskav smo proučevali vpliv koncentracije β -ciklodekstrina in fenola, temperature, pogoje nastanka supermolekularnega kompleksa (mirovanje/stresanje) in pH na tvorbo kompleksa. Iz rezultatov, ki smo jih dobili pri proučitvi vpliva pH na absorpcijo fenola pri maksimalni valovni dolžini smo ugotovili, da je pri pH vrednosti nad 10 maksimalna absorpcija pri valovni dolžini 288 nm; pri pH vrednosti pod 9,5

pa je maksimum pri valovni dolžini 270 nm. Glede na rezultate smo se odločili, da bomo proučevali nastanek supermolekularnega kompleksa β -ciklodekstrina/fenol pri pH nad 10, pri sobni temperaturi ob konstantnem stresanju.

Preostali nevezan fenol smo določili glede na standardno metodo spektrofotometrične določitve fenolnega indeksa 4-aminoantipirina z destilacijo (ISO-6439).

Za laboratorijske teste tvorbe kompleksa β -ciklodekstrina vezanega na tekstilni material s fenolom smo uporabili naslednje obdelane materiale in sicer C_p , B_T , V_T , P_T , P_N . Netkanega viskozneza materiala s 35 % nanosom β -ciklodekstrina nismo mogli uporabiti za nadaljnje študije, ker smo imeli težave pri uravnavanju pH vrednosti raztopine na 10. β -ciklodekstrin je na tekstilni material vezan s polikarboksilno kislino. pH obdelanega materiala znaša 2,3. Zaradi previsokega nanosa β -ciklodekstrina/BTCA nam ni uspelo uravnati pH na 10.

Laboratorijske teste smo izvajali tako, da smo k raztopini fenola dodali določeno količino tekstilnega materiala obdelanega z β -ciklodekstrinom; ob stresanju smo 5 dni pustili, da se je tvoril kompleks β -CD/fenol. Preostali fenol, ki se ni vezal v kompleks, smo po 1., 2., 3., 4. in 5. dnevu določili spektrofotometrično pri valovni dolžini 288 nm. pH vseh raztopin smo uravnali na 10. Pokazalo se je, da je najbolj optimalni čas stresanja za nastanek kompleksa β -ciklodekstrin/fenol 5 dni. Po petih dneh stresanja se je okoli 30-70 % fenola vezalo v kompleks. Temperatura ne vpliva na učinkovitost nastanka kompleksa β -ciklodekstrin/fenol, zato smo vse nadaljnje raziskave opravili pri sobni temperaturi.

Od vseh testiranih materialov, ki smo jih obdelali z β -ciklodekstrinom do sedaj, je najboljše adsorpcijske sposobnosti pokazal netkan poliesterni material obdelan z 20 % nanosom β -ciklodekstrina. Po 3 dneh mešanja vzorca v fenolni raztopini se je adsorbiralo okoli 50 % fenola po 5 dneh mešanja pa se je adsorbiralo okoli 95 % fenola.

Da bi izključili možnost, da se absorbanca manjša kot posledica adsorpcije fenola na tekstilni substrat, smo pripravili eksperiment, v katerem smo uporabili namesto obdelanega, surov poliesterni netkan material. Pogoji priprave raztopin so bili enaki kot pri obdelanem materialu. Ugotovili smo, da tudi po petih dneh stresanja ni prišlo do adsorpcije fenola na sam material. S tem smo potrdili, da nastane supermolekularni kompleks med fenolom in β -ciklodekstrinom vezanim na obdelanem materialu.

Kot tekstilni substrat smo pripravili še PET 3D in PET 2D "spacer material". Ker je bil nanos β -ciklodekstrina na PET 3D in PET 2D "spacer materiala" po obdelavi le 8 %, smo poskusili z večkratnimi obdelavami, da smo se približali 20 % nanosu netkanega PES materiala. Za nadaljnje raziskave smo uporabili 2x obdelan in 3x obdelan PET 3D in 2D "spacer material". Pri 2x obdelanem PET 3D in 2D smo dosegli 16 % in 18 % nanos, pri 3x obdelavi pa 25 % in 28 % nanos. Na obdelanih PET 3D in PET 2D "spacer materialih" smo proučevali adsorpcijo fenola in tudi tukaj smo dobili podobne rezultate kot pri netkanem PES materialu z 20 % nanosom. Tudi v teh primerih smo najboljšo adsorpcijo dosegli pri 35 °C.

V raziskave smo vključili tudi uporabo ultrazvoka in bi na ta način skrajšali potreben čas adsorpcije fenola. Eksperimente smo izvajali pri dveh različnih frekvencah 239 kHz in 817 kHz in pri dveh različnih akustičnih močeh 70 W ter 40 W. Adsorpcija fenola se z uporabo ultrazvoka ni izboljšala.

V nadaljevanju smo izvedli analize ciljnih mikropolutantov po AOP postopku na realnih odpadnih vodah. Identifikacijo mikropolutantov smo opravili z GC/MS. Vzorce tekstilne odpadne vode po reaktivnem barvanju smo obdelali z H_2O_2 /UV.

Eksperimente smo izvedli pri naslednjih pogojih: moč UV žarnice 1000 W, koncentracija H_2O_2 0,7 mL/L. Vzorce odpadne vode smo v prvem primeru obdelovali 5 minut, v drugem primeru pa smo enak vzorec obdelovali 30 minut. Iz

GC/MS analiz je v ekstraktih vzorcev, ki so bili obdelani s H_2O_2 /UV postopkom, zaznati razgradne produkte triazinskega barvila in sicer cianurne kisline. Koncentracija cianurne kisline se v vzorcih obdelanih s H_2O_2 /UV postopkom povečuje s časom obdelave vzorca. V vzorcih še poleg cianurne kisline v manjših količinah zaznamo amelid, amelin in v sledovih še nekatere sorodne spojine. Tudi koncentracija teh spojin se zvišuje s časom obdelave vzorca, kar dodatno nakazuje na razgradne produkte triazinskega barvila.

Z GS/MS analizo smo želeli določiti še vsebnost halogeniranih organskih spojin v tekstilni odpadni vodi in v tekstilni odpadni vodi po obdelavi s H_2O_2 /UV postopkom.

Ugotovili smo, da že po 5 minutah obdelave s H_2O_2 /UV postopkom zaznamo znatno nižje koncentracije halogeniranih organskih spojin kot so prisotne v začetnih raztopinah. Po 30 minutah obdelave pa halogeniranih organskih spojin sploh ne zaznamo več.

5. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev⁴

V okvir raziskovalnega dela na projektu smo realizirali zastavljene raziskovalne cilje. Raziskovalno delo smo izvajali glede na organizacijsko shemo projekta.

Delo smo pričeli s pregledom stanja novejša literature s področja karakteristike tekstilne odpadne vode s poudarkom na toksičnih organskih onesnaževalih in študij literature o toksičnih organskih onesnaževalih kot produktih AOP postopkov čiščenja. Oblikovali smo bazo podatkov o karakteristiki tekstilne odpadne vode, ki je močno odvisna od procesov, ki se v tekstilni industriji izvajajo. Tako smo oblikovali tudi bazo podatkov o tekstilni odpadni vodi po posameznih tekstilnih procesih procesih kot so razškrbljanja, razmaščevanja, beljenja, merceriziranja, tiskanja in plemenitenja. Popisali in analizirali smo različne tokove odpadnih vod v dveh slovenskih tekstilnih tovarnah, tako smo oblikovali celovito bazo podatkov o značilnosti tekstilne odpadne vode. Izvedli smo laboratorijske teste čiščenja z AOP, razbarvanje/razgradnjo smo izvedli na realnih tekstilnih odpadnih vodah po različnih procesih v tekstilni industriji. Vsem izbranim tokovom realne odpadne pred in po obdelavi z naprednim oksidacijskim postopkom H_2O_2 /UV smo določili ekološke parametre. Skoraj v vseh primerih smo na realni odpadni vod dosegli več kot 90 % razbarvanje in znižanje vrednosti TOC.

Pri raziskavah priprave raznih tekstilnih materialov za namene filtracije smo se osredotočili na celulozno pulpo, tkan bombaž, tkano in netkano viskozo, tkan in netkan poliester ter PET 3D in PET 2D "spacer materials". Izvedli smo modifikacijo tekstilnih materialov z različnimi ciklodekstrinskimi nanokapsulami pod različnimi eksperimentalnimi pogoji, tako smo optimirali eksperimentalne pogoje kovalentne vezave ciklodekstrina s pomočjo BTCA ob prisotnosti katalizatorja CA. Na ta način smo pripravili različne selektivne tekstilne filtre. Najboljši nanos β -ciklodekstrina smo dobili pri netkana viskoznom materialu in sicer 35 % nanos.

Izvedli so raziskave tvorbe kompleksa β -ciklodekstrina v raztopini z modelnimi polutantom-fenolom pod različnimi reakcijskimi pogoji.

Raziskave so pokazale, da je najboljša adsorpcijske sposobnosti za fenol pokazal netkan poliester material obdelan z 20 % nanosom β -ciklodekstrina temperaturi 35 °C.

Z GC/MS smo identificirali razgradnje produkte triazinskega barvila in sicer cianurne kisline. Naše nadaljnje raziskave smo usmerili v analize ekoloških parametrov z H_2O_2 /UV postopkom obdelanih realnih odpadnih tokov pred in po filtraciji z novimi tekstilnimi filtri.

6. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb,

povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine⁵

Ni sprememb in odstopanj od predvidenega programa raziskovalnega projekta.

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁶

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	16353302	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Primernost naprednega oksidacijskega postopka za odpadne vode iz tekstilne plemenitilne industrije in usoda obstojnih organskih onesnažil
		ANG	The applicability of an advanced oxidation process for textile finishing wastestreams & fate of persistent organic pollutants
	Opis	SLO	Trend smotrnejše rabe razpoložljivih vodnih virov spodbuja tekstilno plemenitilno industrijo k uporabi učinkovitih tehnologij čiščenja odpadnih vod, ki omogočajo ponovno uporabo vode in ne le njeno odvajanje v lokalne čistilne naprave. Članek povzema rezultate čiščenja odpadnih vod s H ₂ O ₂ /UV postopkom iz slovenske plemenitilne tovarne. Razbarvanja v laboratorijskem merilu smo izvedli na reprezentativnih vzorcih odpadne vode, vzorčenih v obdobju treh mesecev. Dosegli smo 80 % razbarvanje in 86 % redukcijo TOC vrednosti. Hkrati pa lahko uporaba UV sevanja za razgradnjo organskih onesnažil v tekstilni odpadni vodi, vodi do nastanka toksičnih dioksinov in njihovih derivatov, še zlasti zaradi prisotnosti in uporabe halogeniranih spojin v tekstilnih plemenitilnih procesih. Zato je bila izvedena tudi analiza prisotnosti dioksinov v vzorcih tekstilne odpadne vode pred in po uporabi H ₂ O ₂ /UV postopka čiščenja.
		ANG	The trend of sustainable use of available water resources encourages textile finishing enterprises to implement efficient wastewater treatment technologies that enable water recycling, and not just it's discharging into the local wastewater treatment plants (WWTP). This paper presents the results obtained from the H ₂ O ₂ /UV treatment of wastewater from Slovene textile finishing company. Laboratory scale decolouration experiments were performed on the most representative wastewater samples, collected in three months period. In general 80 % decolouration and 86 % total organic carbon (TOC) reduction was achieved. On the other hand, the use of ultraviolet (UV) radiation to degrade and destroy organic pollutants in textile wastewater could lead to the formation of toxic dioxins and dioxin-like compounds, groups of persistent organic pollutants, especially due to the presence of halogenated compounds in textile finishing processes. For these reasons, textile wastewater samples were analysed for any content of dioxins before and after the treatment with H ₂ O ₂ /UV.
	Objavljeno v	University of Tehran, Graduate Faculty of Environment; International journal of environmental research; 2012; Vol. 6, no. 4; str. 863-874; Impact Factor: 1.462; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.978; WoS: JA; Avtorji / Authors: Volmajer Valh Julija, Majcen Le Marechal Alenka, Križanec Boštjan, Vajnhandl Simona	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
COBISS ID	13047574	Vir: COBISS.SI	
Naslov	SLO	Določitev cenovno optimalnih operacijskih pogojev za razbarvanje in mineralizacijo C.I. reactive blue 268 z UV/H ₂ O ₂ postopkom	
	ANG	Determination of cost optimal operating conditions for decoloration and mineralization of C. I. reactive blue 268 by UV/H ₂ O ₂ process	
		Proces UV/H ₂ O ₂ je pogosto predstavljen kot učinkovit za remediacijo obarvanih odpadnih vod. Vendar je v primerjavi z drugimi procesi pogosto zaznamovan kot ekonomsko neučinkovit. Za zmanjšanje te	

	Opis	SLO	<p>pomanjkljivosti, je potrebno proces čiščenja optimirati tako z ekonomskega kot tudi z obratovalnega vidika. V članku je predstavljena študija določitve stroškovno optimalnih obratovalnih pogojev razbarvanja in mineralizacije barvila C.I. Reactive Blue 268 s procesom UV/H₂O₂. Kot vplivne obratovalne parametre smo upoštevali koncentracijo barvila, koncentracijo vodikovega peroksida, pH, čas obdelave in temperaturo. Stroške elektrike, stroške vodikovega peroksida in stroške vode, potrebne za uravnavanje koncentracije barvila, smo upoštevali kot relevantne obratovalne stroške. Predstavljen pristop temelji na metodologiji odzivnih površin v kombinaciji z matematičnim programiranjem. Dobljeni rezultati jasno kažejo, da moramo, če želimo zagotoviti obratovalno in ekonomsko učinkovitost, proces UV/H₂O₂ optimirati z obeh vidikov hkrati.</p>	
		ANG	<p>The UV/H₂O₂ process has often been proposed as an effective treatment technology for remediation of colored wastewaters. However, it has frequently been noted that it is not as economically efficient as other treatment technologies. To limit this drawback as much as possible, an effort to optimize the treatment technology from both the economical and operating points of view is needed. This paper presents a study on determination of cost optimal operating conditions for decoloration and mineralization of C. I. Reactive Blue 268 by the UV/H₂O₂ process. Dye concentration, hydrogen peroxide concentration, pH, treatment time, and temperature were considered to be influential operating parameters. Cost of electricity, cost of hydrogen peroxide, and cost of water needed to adjust the dye concentration were considered to be relevant operating costs. The presented approach is based on response surface methodology in conjunction with mathematical programming. The results obtained clearly indicate that, in order to assure effective and economically efficient operation, the UV/H₂O₂ process should be simultaneously optimized from the perspective of both operational and economic efficiency.</p>	
	Objavljeno v	<p>Elsevier Science; The Chemical Engineering Journal; 2009; Vol. 151, iss. 1/3; str. 209-219; Impact Factor: 2.816; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.278; A': 1; WoS: II; Avtorji / Authors: Novak Nina, Majcen Le Marechal Alenka, Bogataj Miloš</p>		
	Tipologija	<p>1.01 Izvirni znanstveni članek</p>		
3.	COBISS ID	16248598	Vir: COBISS.SI	
Opis	Naslov	SLO	Celuloza modificirana s ciklodekstrinom	
		ANG	Cyclodextrin-grafted cellulose	
	SLO	<p>Ciklodekstrini (CD) lahko tvorijo komplekse z veliko različnimi molekulami, zaradi česar so zelo atraktivni v različnih področjih, od farmacije, biokemije, prehrane in tekstila. V tem članku je predstavljena fizikalno-kemična karakterizacija raziskovalnega dela s ciklodekstrini modificirane celuloze. Uporabljene so bile naslednje metode: infrardeča spektroskopija (FTIR), jedrska magnetna resonanca v trdnem (CP-MAS NMR- jedrska magnetna resonanca v trdnem z navzkrižno polarizacijo vrtenja vzorca pod magičnim kotom) , polariziran optični mikroskop (POM) in termogravimetrična analizo (TGA). S CP-MAS NMR in FTIR smo dokazali, da so se ciklodekstrini kemijsko vezali na celulozne OH skupine preko esternih vezi. Z raztapljanjem celuloze z vezanim CD v "superphosphoric" kislinski raztopini, kljub povečani hidrofilitnosti zaradi modifikacije, smo s POM dognali, da je obdelana celuloza manj topna v primerjavi z neobdelanim polimerom. V skladu z rezultati predvidevamo, da je prišlo do nastanka kompleksne mreže med ciklodekstrinskim molekulami in celulozo.</p>		
	<p>Cyclodextrins (CDs) can form inclusion complexes with a wide variety of molecules making them very attractive in different areas, such as</p>			

		ANG	pharmaceutics, biochemistry, food chemistry and textile. In this communication we will report on the physico-chemical characterization of cellulose modified with CDs by means of infra-red spectroscopy (FTIR), cross polarization magic angle spinning solid state nuclear magnetic resonance (CP-MAS NMR), polarized optical microscopy (POM) and thermal gravimetric analysis (TGA). Both CP-MAS NMR and FTIR indicate that CDs are chemically attached to cellulose backbone through the formation of ester bonds. Furthermore, the CD-grafted cellulose was dissolved in a "superphosphoric" acid solution but, despite the increase of hydrophilicity due to the modification, POM revealed that cellulose was less soluble when compared to the unmodified polymer. The formation of a complex CD-cellulose network is suggested.
	Objavljeno v		Applied Science Publishers; Carbohydrate polymers; 2012; Impact Factor: 3.628; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.543; A': 1; WoS: DW, EE, UY; Avtorji / Authors: Medronho Bruno, Andrade Rita, Vivod Vera, Östlund A., Miguel Maria de Graça Martins, Lindman Bjorn, Vončina Bojana, Valente Artur J. M.
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID	13229078	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Površinsko modificiranje PET vlaken z uporabo β-ciklodekstrina
		ANG	Surface modification of PET fibers with the use of [beta]-cyclodextrin
	Opis	SLO	Namen raziskave je bil pripraviti nanoenkapsuliran poliesterni material, ki ga je možno uporabiti kot nosilec vonja oz. absorbent smradu. Ciklodekstrin smo vezali na poliester s pomočjo polifunkcionalnega reagenta 1,2,3,4-butantetrakarboksilne kisline. Za znižanje temperature zamreženja smo uporabili katalizatorja in sicer natrijev hidrofosfit in cianamid. Pripravili smo nanoenkapsulirane poliesterne tekstilne substrate s povečano absorpcijsko kapaciteto in s podaljšanim sproščanjem hlapljivih oz. aktivnih komponent.
		ANG	The purpose of our research was to prepare nanoencapsulated PET textile materials, which would be used as odor carriers (underwear and bed sheets with aromatherapy activities) or would act as malodorous absorbers (absorption of cigarette smell). We grafted -cyclodextrin onto PET textile materials by using a polyfunctional reagent 1,2,3,4-butantetracarboxylic acid. To reduce the curing temperature of the reaction, catalysts such as sodium hypophosphite and cyanamide were used. We prepared nanoencapsulated polyester textile materials with increased adsorption capacity and with delayed release of volatile or active compounds.
	Objavljeno v		Wiley.; Journal of applied polymer science; 2009; Vol. 113, iss. 6; str. 3891-3895; Impact Factor: 1.203; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.873; WoS: UY; Avtorji / Authors: Vončina Bojana, Vivod Vera, Chen Wen-Tung
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine⁷

	Družbeno-ekonomski dosežek		
1.	COBISS ID	15803926	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Tekstilna pleminitilna industrija kot vir organskih polutantov
		ANG	Textile finishing industry as an important source of organic pollutants
			V poglavju je predstavljena tekstilna industrija kot pomemben izvor organskih onesnažil. Podrobno je predstavljena celotna veriga tekstilne

	Opis	SLO	proizvodnje s potencialnimi izvori onesnaženja, od surovega materiala, uporabljenih kemikalij, barvil in narave tekstilnih postopkov do končnega produkta. Razen tega je podrobneje obravnavana problematika nekaterih postopkov čiščenja tekstilnih odpadnih vod kot tudi sežig odpadnega tekstilnega materiala.	
		ANG	In a chapter textile industry as a significant source of organic pollutants is presented. The whole textile chain with potential source of pollution is discussed in detail, from raw materials, used chemicals and dyes, nature of textile processes to final products. Additionally, some textile wastewater treatment processes are discussed as well as the incineration of waste textile materials.	
	Šifra	B.06	Drugo	
	Objavljeno v	InTech; Organic pollutants ten years after the Stockholm convention - environmental and analytical update; 2012; Str. 29-54; Avtorji / Authors: Majcen Le Marechal Alenka, Križanec Boštjan, Vajnhandl Simona, Volmajer Valh Julija		
	Tipologija	1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji		
2.	COBISS ID	15601174	Vir: COBISS.SI	
	Naslov	SLO	Uporaba ciklodekstrina pri barvanju tekstilnih materialov	
		ANG	Application of cyclodextrins in textile dyeing	
	Opis	SLO	Molekulska enkapsulacija vključuje intermolekularne interakcije med sodelujočimi molekulami, ki niso posledica kovalentnih vezi. Ciklodekstrini so vsekakor med vsemi potencialnimi gostitelji najpomembnejši iz več razlogov:(1) Ciklodekstrini so semi naravni produkti, proizvajamo jih iz obnovljivega naravnega materiala, škroba, z relativno preprosto encimsko pretvorbo.(2) Naravi prijazna proizvodnja je ogromna in znaša več tisoč ton letno.(3) Zaradi tolikšnega porasta proizvodnje so prej visoke cene postale sprejemljive tudi za uporabo ciklodekstrinov v večini industrijskih procesov.(4) Ciklodekstrini lahko tvorijo komplekse z različnimi majhnimi molekulami. Tovrstna molekulska enkapsulacija se že široko uporablja v številnih industrijskih izdelkih, tehnologijah in analitičnih metodah.(5) Na splošno ciklodekstrini niso toksični, kakršenkoli toksičen efekt lahko odstranimo že s pravilno izbiro primerne ciklodekstrina ali ciklodekstrinskega derivata ali pa način (mode) uporabe.(6) Kot rezultat točke 5 lahko dodamo, da lahko ljudje uživajo ciklodekstrine kot eno izmed sestavin zdravil, hrane ali kozmetičnih pripomočkov.Ciklodekstrini so ciklični oligosaharidi, makrociklične spojine sestavljene iz glukopiranoznih enot.Ciklodekstrine lahko uporabljamo kot barvalna pomožna sredstva, ki izboljšajo adsorpcijo barvila na vlakna, povečanje topnosti in afiniteto ciklodekstrinskega kompleksa z vlakni, lahko so povezani na tekstilni material z uporabo zamreževalnih sredstev ali pa z vključitvijo reaktivnih skupin v strukturo ciklodekstrinov.	
ANG		Molecular encapsulation involves all intermolecular interactions where covalent bonds are not established between the interacting species. Among all potential hosts, the cyclodextrins (CDs) are to be the most important for the following reasons: (1) CDs are seminatural products; they are produced from a renewable natural material, starch, by a relatively simple enzymatic conversion. (2) They are produced in thousands of tons per year by environmentally friendly technologies. (3) Because of their huge production, the initially high prices of CDs have dropped to levels where they become acceptable for most industrial purposes. (4) CDs can form inclusion complexes with various small molecules. This "molecular encapsulation" is already widely utilized in many industrial products, technologies, and analytical methods. (5) In general, CDs are not toxic, but any of their toxic effect is of secondary		

		character and can be eliminated by selecting the appropriate CD type or derivative or mode of application. (6) As a result of point 5, CDs can be consumed by humans as ingredients of drugs, foods, or cosmetics. Cyclodextrins are cyclic oligosaccharides, they are macrocyclic compounds built from glucopyranose units. CDs can be used as dyeing auxiliaries that improve dye adsorption onto fibres, increasing solubility and affinity of the CD-complex with fibres or they can be grafted onto textile materials by using crosslinking reagents or by the introduction of reactive groups in CD's structure.
	Šifra	B.06 Drugo
	Objavljeno v	InTech; Textile dyeing; 2011; Str. [373]-392; Avtorji / Authors: Vončina Bojana
	Tipologija	1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji
3.	COBISS ID	14770966 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Voda v tekstilni industriji
		<i>ANG</i> Water in the textile industry
	Opis	<i>SLO</i> <p>Procesi v tekstilni industriji so zelo raznoliki in heterogeni. Skoraj vsi procesi v tekstilni industriji zahtevajo visoko porabo vode, energije in kemikalij. Okoljska problematika v tekstilni industriji je v glavnem povezana z odpadno vodo. Glede na globalizacijo in zmeraj večjo problematiko razpoložljivosti vodnih virov je postalo čiščenje odpadnih vod in njeno recikliranje v tekstilni industriji izrednega pomena. V poglavju so predstavljene značilnosti tekstilne proizvodnje od uporabljenih surovin do tekstilnih procesov s poudarkom na značilnostih tekstilnih odpadnih tokov iz različnih proizvodnih procesov. Predstavljene so splošne značilnosti tekstilne odpadne vode, tehnologije čiščenja tekstilnih odpadnih vod ter možnosti njene ponovne uporabe.</p>
		<i>ANG</i> <p>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.</p>
	Šifra	B.06 Drugo
	Objavljeno v	Elsevier Science; Treatise on water science; 2011; Vol. 4; str. 685-706; 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	14556950 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Strategija vključitve reciklirane vode v slovenskih tekstilnih tovarnah
		<i>ANG</i> Strategies for water recycling implementation in Slovene textile companies
		V prispevku je predstavljena možnost ponovne uporabe odpadne vode v dveh tekstilnih tovarnah v Sloveniji. Izdelali smo obsežno bazo podatkov, v kateri smo zbrali in okarakterizirali vodne tokove glede na posamezne tekstilne procese kakor tudi podatke o porabi vode, kemikalij in energije glede na posamezni tekstilni proces. Izpuste po posameznih

Opis	SLO	tekstilnih procesih smo okarakterizirali z ekološkimi parametri. Izpuste smo klasificirali glede na nizko in visoko koncentrirane tokove z namenom njihov obdelave z membransko oziroma AOP tehnologijo. Ločitev tokov je smiselna tudi iz vidika ponovne uporabe odpadne vode. V zadnji fazi smo izvedli študijo laboratorijskega barvanje z procesno in reciklirano odpadno vodo. Izmerili in primerjali smo barvno razliko za material pobarvana z procesno in reciklirano odpadno vodo.	
	ANG	This paper presents proposed solutions for water reuse implementation in two Slovene textile finishing companies. As a first step a very complete database was obtained with the collection and characterization of all relevant water related textile production processes. On the one hand, data concerning water use, chemicals and energy were collected for all relevant production processes. On the other hand, all relevant batch discharges from each process were analyzed by measuring relevant ecological parameters. Afterwards textile effluents were classified in high and low concentrated, in view of their separate treatments and further reuse possibilities. The distinction between low and high concentrated effluents was based on effluents potential treatability by membrane and AOP technologies and their reusability in textile processes. As final step laboratory scale dyeing with recycled water and process water was realized with the aim of colour difference determination between normal process water and recycled water.	
Šifra	B.04 Vabljeno predavanje		
Objavljeno v	Ege University, Department of Textile Engineering; Ege University Textile and Apparel Research - Application Center; Proceedings; 2010; Str. 146-150; Avtorji / Authors: Majcen Le Marechal Alenka, Vajnhandl Simona, Jerič Tina, Mattioli Davide, Grilli Selene		
Tipologija	1.06 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci (vabljeno predavanje)		
5.	COBISS ID	13149974	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Razbarvanje tekstilnih odpadnih vod.	
	ANG	Decoloration of textile wastewaters	
Opis	SLO	Razvitih je veliko različnih postopkov za razgradnjo in razbarvanje tekstilnih odpadnih vod. Ampak glede na to, da je sestava tekstilne odpadne vode zelo kompleksna in raznolika, je skoraj ne mogoča uporaba univerzalnega postopka čiščenja. Tako je potrebno najti učinkovit in cenovno ugoden postopek razbarvanja tekstilne odpadne vode. V poglavju so predstavljene najbolj uporabljene in najbolj obetajoče metode razbarvanja tekstilnih odpadnih vod.	
	ANG	For decoloration and degradation of textile wastewater many applicable methods have been developed, but because of the composition complexity of the textile wastewater the use of universal procedures seems to be impossible. So, there is a need to find an efficient and cost-effective wastewater treatment for the decoloration of textile wastewaters. In this chapter a survey of the most widely used and, according to many researches, the most promising textile wastewater decoloration methods are presented.	
Šifra	B.06 Drugo		
Objavljeno v	Nova Science Publishers; Dyes and pigments; 2009; Str. 175-199; Avtorji / Authors: Volmajer Valh Julija, Majcen Le Marechal Alenka		
Tipologija	1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji		

9. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁸

V letu 2012 smo bili organizatorji dveh mednarodnih konferenc:

1. Central European Conference 15-17. 09. 2012 Portorožu
2. Eco day 12.12.2012 v Mariboru

Rezultati projektne skupine se vključujejo v izobraževalni proces.

10. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁹

10.1. Pomen za razvoj znanosti¹⁰

SLO

Nova dognanja o lastnostih in obdelavi tekstilnih površin s ciklodekstrini bodo 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 tehničnih tekstilnih materialov in ustreznih tehnologij oziroma k razvoju novih, ekološko prijaznejših tehnologij čiščenja odpadnih vod (zamenjava okolju nevarnih kemikalij in materialov, recikliranje odpadnih kopeli, vod in materialov, substitucija oporečnih tehnologij z novimi):

- Prispevali bomo k razvoju področja novih tekstilnih materialov - tehničnih tekstilij za specifično uporabo (industrijski filtri).
- Prispevali bomo k razvoju znanj s področja priprave nanoenkapsuliranih sistemov ter s področja plemenitenja tekstilnih materialov za specifične namene.
- Prispevali bomo k razvoju znanj o učinkovitosti in oporečnosti metod razbarvanja posameznih tekstilnih barvil in predlagali substitucijo oporečnih barvil z manj oporečnimi.
- Prispevali bomo k širjenju znanja o prisotnosti in nastanku toksičnih organskih mikro polutantov (POPs, aromatski amini, fenoli, formaldehid...) v tekstilnih materialih in odpadnih tekstilnih vodah pred in po AOP obdelavi.

ANG

New achievements about properties and treatment of textile surfaces with cyclodextrins contribute to the fundamental (correlation between reactivity, structure and surface properties) and applicative (new physical-chemical methods, new materials or processes) knowledge from this field and to the development of multifunctional technical textile materials and corresponding technologies as well as to the development of new eco-friendly wastewater treatments (replacement of environmentally harmful chemicals and materials, recycling of waste-baths waters and materials, substitution of harmful technologies with new ones):

- we contribute to the development of new textile materials – technical textiles for specific use (industrial filter),
- we contribute to the development of knowledge from the field of preparation of nano encapsulated systems and from the field of finishing of textile materials for special purposes,
- we contribute to the development of knowledge about efficiency and harmfulness of decoloration of target textile dyes and we will propose the substitution of harmful dyes with less harmful and
- we contribute to the knowledge about the formation of toxic organic micro pollutants (POPs, aromatic amines, phenols, formaldehyde...) in textile material and textile wastewater before and after AOP treatment.

10.2. Pomen za razvoj Slovenije¹¹

SLO

Neposreden pomen projekta za gospodarstvo in družbo se bo kazal v razvoju novih materialov za tehnične namene in v razvoju novih inovativnih tehnologij za odstranjevanje toksičnih mikro polutantov iz tekstilnih in drugih odpadnih vod. Z novimi znanji bomo prispevali k osveščanju javnosti o novih, ekološko primernejših procesih in materialih ter

tako prispevali k trajnostnemu razvoju. Nova znanja, izkušnje in **veščine** s **področja** ekološko **neoporečnih**, visokozmogljivih multifunkcionalnih in inovativnih tekstilnih materialov in ustreznih novih in inovativnih **tehnologij** bomo prenašali tudi na druga podjetja s **pomočjo** 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**.

ANG

Direct impact of **the** project for **the** economy and society will be linked to **the** development of new materials for **technical** purposes and to **the** development of new innovative **technologies** for **the** elimination of toxic micro pollutants from textile and **other** wastewater. Successfully realised project will **have** for **the** goal **half** industrial and industrial production of mentioned textile materials **what** will present a new added value for participating company, for **other** textile companies **having highly** polluted wastewater **the** project will present an opportunity for **the** recycling of **their** wastewaters and in such a way **they** will follow general Slovene and EU directions. New knowledge about eco-friendly processes and materials will be spread to interested parties and in such a way we will contribute to **the** sustainable development. New knowledge experiences and expertises about eco-friendly **high-tech** multifunctional and innovative textile materials and **technologies** will be transferred to industrial partners **through** functional learning, industrial seminars, and common diploma work and in such a way we will contribute to **technological** development and transformation of economy and to **the higher** competitiveness of Slovene textile industry (production of **high tech** products with added value). All **these** activities can contribute to transformation of small and medium companies, to products **with** added value and to **the** competitiveness of textile Slovene companies and to sustainable development, environmental care and **health** and consequently to **higher** quality of life.

ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	L1-2084
Naslov projekta	Senzorsko zaznavanje roka uporabe pakiranih mesnih izdelkov
Vodja projekta	1407 Aleksandra Lobnik
Tip projekta	L Aplikativni projekt
Obseg raziskovalnih ur	4650
Cenovni razred	B
Trajanje projekta	05.2009 - 04.2012
Nosilna raziskovalna organizacija	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	1 NARAVOSLOVJE 1.04 Kemija 1.04.05 Analizna kemija
Družbeno-ekonomski cilj	06. Industrijska proizvodnja in tehnologija

2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS¹

Šifra	1.04
- Veda	1 Naravoslovne vede
- Področje	1.04 Kemija

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Povzetek raziskovalnega projekta²

SLO

Biogeni amini (BA) so organske baze, ki nastajajo zaradi mikrobiološke aktivnosti v prehrabnih izdelkih z visoko vsebnostjo proteinov (mesni in mlečni izdelki, ribe itd.). Zaradi njihovih fizioloških in toksikoloških učinkov, predstavlja prisotnost BA v hrani potencialno zaskrbljenost za zdravje ljudi. Ljudem, ki se zdravijo z monoamin oksidaznimi inhibitorскими zdravili (antidepresivi in anti-Parkinsonovi pripravki), ali bolehajo za želodčno

prebavnimi boleznimi, povzročča uživanje hrane z visoko vsebnostjo BA migrene ali nenormalno dvigovanje krvnega tlaka. BA lahko reagirajo z nitriti, ki se uporabljajo kot prehrambeni dodatki v določenih mesnih izdelkih, v karcinogene nitrozamine. Do povišanih koncentracij BA v hrani pride zaradi uporabe slabe kvalitete surove hrane, zaradi kontaminacije in neustreznih pogojev med proizvodnjo in skladiščenjem hrane (temperatura, vlaga). Mesna industrija, katere promet se ocenjuje v bilijonih evrov na leto, potrebuje hitre in natančne sisteme za detekcijo mikrobiološke pokvarljivosti mesa in mesni izdelkov. Sedanje mikrobiološke metode za detekcijo mikrobiološke pokvarljivosti podajo sicer ustrezne rezultate, vendar pa so kot metode časovno potratne. Določevanje BA v hrani je pomembno zaradi dveh razlogov: prvi je njihova potencialna toksičnost in drugi je uporaba BA kot indikatorjev za določevanje stopnje svežosti in pokvarljivosti hrane. Konvencionalne kromatografske metode za detekcijo BA so časovno potratne in zahtevajo posebno pripravo vzorca. Prav zato je potreba po neinvazivnih, hitrih in natančnih metodah za detekcijo BA velika. Cilj predloženega projekta je bil razviti optični kemijski senzorski sistem za določevanje BA, ki omogoča neinvazivno merjenje BA neposredno v pakiranem mesnem izdelku in podaja koncentracije BA v realnem času. Pridobitev informacij v realnem času omogoča hitro ukrepanje v primerih, ko prihaja do odstopanja kakovosti v pakiranih mesnih proizvodih (slaba higiena, kvar itd.) določenem po sistemu kritičnih točk v proizvodnji in predelavi živil (HACCP). Podoben senzorski sistem znotraj prehranske industrije mesa se še ne uporablja. Uporaba takšnega senzorja prinaša številne prednosti: omogoča daljši učinkoviti rok uporabnosti z merjenjem svežosti in omogoča natančnejšo določitev roka uporabe pakiranega mesnega produkta. Pakirano meso mora biti odstranjeno iz prodajnih polic po navedenem roku uporabe ne glede na to ali je meso še vedno primereno za zaužitje ali ne. Koncentracija BA v hrani se potencialno povečuje v primeru slabe higiene in tudi pri dviganju temperature pri prevozu in skladiščenju pakirane hrane, ker se začno mikroorganizmi hitreje razmnoževati. Koncentracije BA se lahko zaradi dviga temperature povečajo tudi za 1,5 krat. S predlaganim senzorskim sistemom bi lahko tudi identificirali nepravilnosti v upravljanju in distribuciji pakiranih mesnih izdelkov (npr. zaradi previsokih temperatur) ali slabe higiene. S tem bi povečali nadzor nad kvaliteto pakirane mesne hrane od proizvodnje do prodajnih polic.

ANG

Biogenic amines (BA) are organic bases that are generated by microbial spoilage of food high in protein content (meat and dairy products, fish etc.). The presence of BA in food constitutes a potential public health concern due to their physiological and toxicological effects. People that take monoamine oxidase inhibitor drugs (antidepressant and anti-Parkinsonian agents), or suffer from gastrointestinal diseases can suffer from food-induced migraines or can have hypertensive crisis, because of the consumption of food containing large amounts of BA. BA can react with nitrite that is used as curing agents in some meat products to form carcinogenic nitrosamines. Increased amounts of BA may be found in food as a consequence of the use of poor quality raw materials, contamination and inappropriate conditions during food processing and storage (temperature, moisture). The meat production industry whose turnover is billions of € per annum needs a rapid and accurate detection system for microbial spoilage of meat and meat products. Currently used microbiological methods for the detection of microbial spoilage give adequate results, but are time consuming. The determination of BA in food is important for two reasons: the first is their potential toxicity; the second is their usage as indicators of the degree of freshness or spoilage of food. Conventional chromatographic methods for the detection of BA are time and labour intensive. Therefore, non-invasive, rapid and accurate methods for the detection of BA are required. The aim of this project is to develop an optical chemical sensor system for the non-invasive detection of BA in freshly meat packed products in real-time. The proposed sensor would give results in real time so that corrective actions could be taken as soon as possible in cases, when the quality deviation in freshly meat packed products will occur according to Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP) system. The sensor will detect BA, such as putrescine, cadaverin and tyramine, which are useful indicators of quality deterioration and meat product freshness indicators. Such sensor system is not used within meat food industry. The use of proposed sensor has many advantages. It allows the packed meat product to have a longer effective shelf-life by allowing freshness to be measured along the best-before date, hence reducing margins of error. Packed meat products must be disposed off whether they are fit to be consumed or not when the estimated best-before date is reached. Consequently, the percentage of wastage will be reduced through more accurate estimation of best-before dates. Concentrations of BA in food increases in the presence of poor hygiene and temperature increase, due to the growth of microorganisms. The concentration of BA can increase due to temperature rise up to 1.5 times. The proposed sensor system could be used to identify irregularities in the management and distribution of packaged meat products (eg, due to high temperatures) or poor hygiene. This would increase the quality control of packaged meat from food

production to the shelves.

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu³

Cilj projekta je bil razviti optični kemijski senzor, ki bo podal informacijo o roku uporabnosti posameznega mesnega produkta na osnovi neinvazivnega merjenja. Pregled literature je pokazal, da so koncentracije BA v mesnih produktih v dobri korelaciji z mikrobiološkimi in senzornimi spremembami, zato se lahko BA uporabljajo kot indikatorji stopnje svežosti. Zato je bil naš namen razviti optični kemijski senzor za določevanje BA.

V okviru faze 1 smo na osnovi pregleda relevantne znanstvene in strokovne literature pripravili nabor možnih indikatorskih barvil, ki reagirajo z biogenimi amini (putrescin, kadaverin, tiramin itd.). Indikatorsko barvilo mora imeti vsaj eno od naslednjih funkcionalnih skupin kot so: a) trifluoroacetilno skupino, ki reagira tako s primarnimi kot tudi sekundarnimi amini, b) triciano vinilno skupino, ki reagira s primarnimi kot tudi s sekundarnimi amini c) pirensko skupino, ki reagira samo s primarnimi amini in d) eterno - skupino, ki reagira z diamini. Izbrali smo eno fluorescentno (F) in eno absorpcijsko (A) barvilo. Zaradi postopka patentiranja ne moremo podati kemijske strukture barvil. Obe barvili vsebujeta trifluoroacetilno funkcionalno skupino, ki se odziva na amine v električno nevtralni obliki, kar pomeni da se ne odziva na protonirane amine v obliki amonijaka. Zaradi podobne strukture in enakih funkcionalnih skupin biogenih aminov smo kot analit izbrali putrescin, ki se najpogosteje pojavlja pri vseh prehrabnih izdelkih. Izbrani barvili (A, F) raztopljeni v etilacetatu smo testirali na odzivnosti na putrescin raztopljen v fosfatnem pufru pH 11,2. Pri barvilu A je prišlo ob prisotnosti putrescina do spremembe barve iz oranžno rdeče v rumeno (nastal je novi absorpcijski vrh pri 418 nm). Barvilo F ima eksitacijo pri 468 nm in emisijo pri 576 nm v trifluoroacetni obliki. Z dodatkom putrescina je prišlo do ugašanja fluorescence pri valovni dolžini emisije (576 nm). Istočasno pa je prišlo zaradi konverzije indikatorja v hemiamino obliko do naraščanja fluorescence pri valovni dolžini eksitacija 384 nm in emisiji 426 nm. Torej je možno spremljati spreminjanje intenzitete fluorescence indikatorja v trifluoroacetni obliki ($\lambda_{\text{eks}} = 468 \text{ nm}$, $\lambda_{\text{em}} = 576 \text{ nm}$) ali v hemiamino obliki ($\lambda_{\text{eks}} = 384 \text{ nm}$, $\lambda_{\text{em}} = 426 \text{ nm}$).

V okviru faze 2 smo imobilizirali oba izbrana indikatorska barvila v nano sol-gel membrane po »doping« postopku. Za pripravo membran smo izbrali različne sol-gel prekursorje kot so nizkomolekularni alkoksasilan tetraetoksasilan (TEOS) ter organsko modificirane siloksane in sicer metiltrietoksasilan (MTriEOs), 3,3,3 trifluoropropiltrimetoksasilan (FPTriMOS) ter propililtrimetoksasilan (PTriMOS). Z namenom zagotavljanja stabilnih in homogenih senzorskih membran smo optimirali procesne parametre kot so: razmerje med vodo in prekursorjem (R), pH katalizatorja, vsebnost topila, razmerja med samimi prekursorji in z uporabili smo različne tipe sol-gel prekursorjev in ormosilov. Same membrane smo ročno nanašali s potapljanjem v sol-gel senzorsko raztopino tako na steklene nosilce kot tudi na polimerne (polietilentereftalat) nosilce ter preizkušali različne aktivacijske tehnike nosilcev, da bi zagotovili čim boljšo adhezijo sol-gel nanosa na le-te. Stabilne in homogene membrane smo dobili med vsemi testiranimi nanosi le z uporabo dveh sol-gel nanosov in sicer: a) R je 15:1, razmerje med TEOS in MTriEOS je 1:9, pH 13 in b) R je 3:1, razmerje med FPTriMOS in PTriMOS je 2:1, pH 1.

V okviru faze 3 smo izvedli testiranje odzivnosti posameznih senzorskih nano membran na putrescin, raztopljen v 100 mM fosfatnem pufru s pH 11,2. Vse membrane so pokazale odzivnost na putrescin. V primeru membrane z absorpcijski indikatorjem (A) je prišlo ob dodatku putrescina do poviševanja absorpcije pri 418 nm in zniževanja vrha pri 479 nm. V primeru membrane z fluorescentnim indikatorjem (F) smo merili spreminjanje intenzitete fluorescence pri 576 nm, kjer je prišlo od dodatku analita do ugašanja fluorescence in pri 426 nm, kjer je prišlo do naraščanja fluorescence. Membrana A1 (absorpcijski indikator, R je 15:1, razmerje med TEOS in MTriEOS je 1:9, pH 13) ima mejo zaznave 0,1 M, odzivni

čas 15-20 s in regeneracijski čas 20-25s. Delovno območje membrane A1 je od 0,1-1,5 M. Z uporabo fluoriranega ormosila smo izboljšali mejo zaznave, odzivni in regeneracijski čas membrane. Membrana A2 (absorpcijski indikator, R je 3:1, razmerje med FPTriMOS in PTriMOS je 2:1, pH 1) ima mejo zaznave 5 μ M, odzivni čas 3-6 s in regeneracijski čas 7-9 s. Membrane A1 in A2 so stabilne več kot 6 mesecev.

V okviru aktivnosti 4.1. je na izbor tipa mesnega produkta vplivala cena proizvoda, pokvarljivost proizvoda in % odpada zaradi pretoka roka trajanja. Izbrali smo piščančje fileje, ki dosegajo visoko ceno in imajo relativno kratek rok uporabe.

V okviru aktivnosti 4.2. smo preučevali možnosti integracije senzorskega elementa v pakiran mesni izdelek. Pri tem smo poskušali čim manj posegati v avtomatsko pakirno linijo in s tem preprečiti možnosti kontaminacije samega izdelka. Najmanjši poseg v pakirno linijo smo dosegli tako, da smo senzorski element namestili na embalaro folijo pred samim pakiranjem izdelka. Iskali smo tudi primerna lepila, ki zadovoljujejo visoke standarde mesne industrije, za pritrditev senzorskega elementa.

V okviru aktivnosti 4.3 smo preučili vpliv različnih pogojev na rast mikroorganizmov, ki povzročajo kvar živil oz. v našem primeru mesnega produkta piščančjega fileja. Izvedli smo mikrobiološko testiranje mesa, in sicer pri temperaturi 4 °C za primer mesa, ki je a) hranjen na zraku in b) pakiran v MAP atmosferi. Majhne spremembe temperature imajo signifikanten vpliv na razvoj določenih mikroorganizmov (kot so npr. enterobakterije). V nadaljevanju smo preučevali, kako rast bakterij vpliva na tvorbo biogenih aminov v časovnem obdobju 17 dni. Izkazalo se je, da se s časom povečujejo tako vrednosti bakterij, tako za primer mesa hranjenega na zraku kot tudi za primer mesa shranjenega v MAP pakiranju; povečujejo pa se tudi vrednosti biogenih aminov (BA). Rast bakterij in BA je po enakem času shranjevanja nekoliko višja v primeru mesa, ki je hranjen na zraku. Največ se tvori putrescina, kadaverina in tiramina. Rezultati so pokazali, da ko se preseže celokupna vrednost BA 96-101 mg/kg, meso ni več primerno za uživanje.

V okviru aktivnosti 4.4 smo testirali odzivnost senzorskega elementa na tvorbo BA v zapakiranem mesnem produktu. Senzorski element se je sicer dobro odzival, vendar je bila njegova odzivnost v primerjavi s tisto v raztopini bistveno počasnejša (1h). Vzrok temu so omejitve (postopek pakiranja mesnega proizvoda, EC 1935/2004 direktiva, sistem zaznavanja signala), ki smo jih morali upoštevati pri nameščanju senzorja v mesni produkt. Slabša hlapnost BA in posledično znatno znižanje koncentracije BA v plinski fazi ter EC 1935/2004 direktiva zaradi katere senzor ne more biti v stiku z mesnim proizvodom sta znižala učinkovitost delovanja senzorja, zato je bila pomembna prava namestitvev senzorja, ki mora po eni strani zadostiti zahtevam direktive EC 1935/2004 v smislu migracije materialov in po drugi strani zahtevam po detekciji BA, ki mora biti še dovolj občutljiva, da lahko zaznavamo primernost kvalitete hrane.

Senzor se odziva razen na putrescin še na druge amine, kot npr. kadaverin. Pri tej aplikaciji selektivnost senzorja ni toliko pomembna, ampak je bolj pomembno določevanje celokupnega števila biogenih aminov. Dejansko je celo bolje, če lahko z enim senzorjem detektiramo več različnih biogenih aminov. Večji problem predstavlja interferenca uporabljenih folij, ki včasih izkazujejo določene optične lastnosti (fluorescirajo).

V okviru aktivnosti 4.5 smo primerjali rezultate dobljene z mikrobiološkimi testi in senzorskim elementom, pri čemer smo ugotovili, da se senzor odziva na zaznavanje biogenih aminov in s tem lahko podaja rezultate o kvaliteti hrane. Rezultati so ponovno pokazali, da, ko se preseže celokupna vrednost BA 96-101 mg/kg, meso ni več primerno za uživanje.

V okviru aktivnosti 5.1 smo ovrednotili senzorski sistem glede na direktivo EC 1935/2004, v smislu migracije senzorskih komponent. EC 1935/2004 direktiva določa, da mora biti vsak material ali izdelek, ki prihaja z živili v neposreden ali posreden stik dovolj inerten, da njegove sestavine ne prehajajo na živila v takih količinah, ki bi lahko ogrožale zdravje ljudi

ali povzročale nesprejemljive spremembe v sestavi živil oziroma poslabšanje njihovih organoleptičnih lastnosti. Ugotovili smo, da pride do 10% migracije indikatorja iz senzorske membrane, zato tak senzor ni primeren za direktno namestitvev na meso, kar pomeni, da ga moramo namestiti odmaknjeno. V tem primeru zaznavamo hlapce BA, kar pa bistveno spremeni senzorske zahteve.

Glede na dobljene rezultate smo v okviru aktivnosti 5.2 optimizirali senzorsko membrano s spreminjanjem osnove senzorja, v katero je imobiliziran indikator. S tem smo pravzaprav dosegli le še večjo zaprtost osnove, kar še poslabša odzivnost senzorja. V nadaljevanju projekta imamo dve možnosti a) uporabiti teflonske prevleke za senzor in ga namestiti direktno na meso ali b) senzor optimizirati v smislu znižanja detekcijske meje, z uporabo nanodelcev.

Razvilo smo senzor za določanje BA. Membrana A1 (absorpcijski indikator, R je 15:1, razmerje med TEOS in MTriEOS je 1:9, pH 13) ima mejo zaznave 0,1 M, odzivni čas 15-20 s in regeneracijski čas 20-25s. Delovno območje membrane A1 je od 0,1-1,5 M. Z uporabo fluoriranega ormosila smo izboljšali mejo zaznave, odzivni in regeneracijski čas membrane. Membrana A2 (absorpcijski indikator, R je 3:1, razmerje med FPTriMOS in PTriMOS je 2:1, pH 1) ima mejo zaznave 5 μ M, odzivni čas 3-6 s in regeneracijski čas 7-9 s. Membrane A1 in A2 so stabilne več kot 6 mesecev. Membrane omogočajo meritve v raztopini in direktno v stikom z mesom. Zaradi izjemno nizke hlaposti BA in EC 1935/2004 direktive BA ni možno meriti v modificirani atmosferi pakiranega mesa. V nadaljnjem delu bomo skušali izboljšati mejo zaznave z uporabo nanodelcev za imobilizacijsko osnovo.

Tekom projekta smo sodelovali z Institute of Chemical Process Fundamentals, Praga, Češka Republika .

5. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev⁴

Cilj raziskav za preteklo leto projekta je bil razvoj in optimizacija senzorjev za določevanje biogenih aminov, integracija teh v pakirani mesni izdelek in preveriti učinkovitost delovanja senzorja. V prvi fazi projekta smo naredili pregled relevantne strokovne in znanstvene literature, in pregled nabora možnih absorpcijskih in fluorescentnih indikatorjev za detektiranje biogenih aminov (putrescina). Med tem, ko nam absorpcijsko barvilo lahko že s spremembo barve napove prisotnost biogenih aminov, so fluorescentna barvila in njihove odzivnosti nujno vezana tudi na instrumentalni del senzorskega sistema za detekcijo analita. Po drugi strani pa nam fluorescentna barvila omogočajo detektirati bistveno nižje meje koncentracij izbranih analitov. V projektu so bila indikatorska barvila izbrana glede na občutljivost, selektivnost, fotostabilnost in združljivost s preprosto in cenovno ugodno optoelektronsko merilno opremo (LED, fotodiode, itd). Izbrana absorpcijska in fluorescentna indikatorska barvila smo testirali v raztopinah (definirali smo optične absorpcijske in fluorescenčne lastnosti indikatorjev brez in v prisotnosti izbranega analita – putrescina). Oba indikatorja smo tudi uspešno imobilizirali v različne sol-gel materiale, med katerimi sta se predvsem dva odlikovala s primerno stabilnostjo in homogenostjo: a) R je 15:1, razmerje med TEOS in MTriEOS je 1:9, pH 13 in b) R je 3:1, razmerje med FPTriMOS in PTriMOS je 2:1, pH 1. Imobilizacija je bila uspešna, saj nista niti absorpcijski kot tudi ne fluorescentni indikator izgubila svoje odzivnosti na izbran analit. Naredili smo karakterizacijo senzorskih membran v smislu odzivnega časa, občutljivosti, selektivnosti, reverzibilnosti, meje zaznave, delovnega območja. Membrana A1 (absorpcijski indikator, R je 15:1, razmerje med TEOS in MTriEOS je 1:9, pH 13) ima mejo zaznave 0,1 M, odzivni čas 15-20 s in regeneracijski čas 20-25s. Delovno območje membrane A1 je od 0,1-1,5 M. Z uporabo fluoriranega ormosila smo izboljšali mejo zaznave, odzivni in regeneracijski čas membrane. Membrana A2 (absorpcijski indikator, R je 3:1, razmerje med FPTriMOS in PTriMOS je 2:1, pH 1) ima mejo zaznave 5 μ M, odzivni čas 3-6 s in regeneracijski čas 7-9 s. Membrane A1 in A2 so stabilne več kot 6 mesecev. V nadaljevanju projekta smo definirali način integracije senzorskega elementa v pakirani mesni proizvod s čim manjšim poseganjem v avtomatizirano pakirno linijo. Izvedli smo mikrobiološka testiranja mesnih produktov, pri čemer smo ugotavljali stopnjo tvorbe

biogenih aminov z rastjo mikroorganizmov v zapakiranem (MAP) in nezapakiranem mesnem produktu tekom obdobja skoraj 3-eh tednov. Dobljene rezultate smo primerjali z odzivnostjo našega senzorja. Delovanje senzorja smo ocenili glede direktive EC 1935/2004 in v zvezi s tem poskušali optimirati senzorsko membrano. Zastavljeni cilji projekta so bili v celoti realizirani na podlagi izvedenega programa dela.

6. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine⁵

Sprememba sestave projektne skupine:

Do spremembe sestave projektne skupine je prišlo v letu 2010 zaradi odhoda dr. Matejke Turel na porodniški dopust. V letu 2010 smo za dr. Turelovo obračunali 400 ur od predvidenih 900 ur iz prijave projekta. Preostalih 500 ur je izvedel dr. Aljoša Košak, ki smo ga vključili v projektno skupino in to tudi javili na ARRS. S prihodom dr. Košaka smo pričeli z intenzivnim razvojem nanodelcev in nanomaterialov. Projektna skupina v letu 2011 enaka kot v letu 2010.

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁶

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	15972118	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Optični senzorji, ki temeljijo na kvantnih pikah
		ANG	Quantum dots based optical sensors
	Opis	SLO	Članek obravnava tematiko uporabe kvantnih pik v senzorske namene. Luminescentni senzorji so kemijski sistemi, ki podajo informacijo o prisotnosti analitov ob spremembi njihovih optičnih lastnosti. S prihodom luminescentnih nanodelcev so se odprle nove možnosti aplikacij. Kvantne pike so anorganski polprevodniki, ki imajo vrsto prednosti pred klasičnimi organskimi barvili. V članku je bilo predstavljeno kako vplivajo posamezne vrste kvantnih pik na spremembe senzorskih lastnosti in njihova uporaba.
		ANG	Luminescent sensors are chemical systems that can deliver information on the presence of selected analytes through the variations in their luminescence emission. With the advent of luminescent nanoparticles several new applications in the field of chemical sensing were explored. Among them, quantum dots (QD) represent inorganic semiconductor nanocrystals that are advantageous over conventional organic dyes from many different points of view. In this short review, the optical detection of various analytes using QD-based probes/sensors is presented and significant sensor's characteristics are discussed. The biosensing approaches are not included in this article.
	Objavljeno v	Trans Tech Publications; Diffusion in solids and liquids VII; Diffusion and defect data, solid state data; 2012; Str. 682-689; Avtorji / Authors: Lobnik Aleksandra, Korent Urek Špela, Turel Matejka	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
2.	COBISS ID	14803990	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Nano optični kemijski senzorji
		ANG	Nano-based optical chemical sensors
	Opis	SLO	Pomen razvoja materialov nanovelikosti za pripravo optičnih kemijskih senzorjev je v zadnjih desetletjih vse večji. Nanomateriali so zelo prilagodljivi tako po velikosti kakor tudi po obliki kemijskih in fizikalnih lastnosti, imajo zelo specifično kemijo površin, termalne in električne lastnosti, visoko specifično površino ter velik volumen por na masno enoto površine. Zaradi svojih lastnosti lahko pripomorejo k izboljšanju občutljivosti, odzivnega časa in meja zaznav senzorjev. Predstavljamo nedavno razvite fotoluminiscenčne optične kemijske nanosenzorje.

		ANG	The development of nanoscale materials for optical chemical sensing applications has emerged as one of the most important research areas of interest over the past decades. Nanomaterials exhibit highly tunable size- and shape-dependent chemical and physical properties, show unique surface chemistry, thermal and electrical properties, high surface area and large pore volume per mass unit area. Because of their unique and advantageous features they can help to improve sensitivity, response time and detection limit of sensors. In this review, recently developed photoluminescence-based optical chemical nanosensors are presented. Some future trends of the nanomaterial-based optical chemical sensors are given.
	Objavljeno v		Trans Tech Publications; Journal of nano research; 2011; Vol. 13; str. 99-110; Impact Factor: 0.630; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.27; Avtorji / Authors: Lobnik Aleksandra, Korent Urek Špela
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	14514454	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Uporaba nanostrukturnih materialov v senzorske namene: njihove prednosti in slabosti
		ANG	Nanostructured materials use in sensors: their benefits and drawbacks
	Opis	SLO	Pomen razvoja materialov nanovelikosti za pripravo optičnih kemijskih senzorjev je v zadnjih desetletjih vse večji. Široka paleta nanomaterialov kakor tudi številne oblike senzorjev nas omejujejo v predstavitvi, zato se osredotočamo na kvantne pike ter delce na osnovi polimerov in sol-gel materialov. Opisane so prednosti in slabosti uporabljenih nanomaterialov, ki so bili uporabljeni v optični detekciji ter nedavno razviti optični kemijski senzori in probe. Prav tako so podane smernice razvoja optičnih kemijskih senzorjev na osnovi nanomaterialov.
		ANG	The development of nanoscale materials for optical chemical sensing applications has emerged as one of the most important research areas of interest over the past decades. In this chapter we firstly present some general aspects of nanostructured materials and give a description on the analytical aspects of sensors and sensing principles. The broad variety of nanomaterials as well as sensors' design made us to limit our presentation, which concentrates on nanomaterials, such as quantum dots, polymer- and sol-gel-based particles. The benefits and drawbacks of the properties of these nanomaterials used in optical sensing applications are given, and the recently developed optical chemical sensors and probes based on photoluminescence are overviewed. Finally, some future trends of the nanomaterial-based optical chemical sensors are given.
	Objavljeno v		Springer; Carbon and oxide nanostructures; 2011; Str. 307-354; Avtorji / Authors: Lobnik Aleksandra, Turel Matejka, Korent Urek Špela, Košak Aljoša
	Tipologija		1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji
4.	COBISS ID	15769366	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Optični kemijski senzori : priprava in aplikacije
		ANG	Optical chemical sensors: design and applications
	Opis	SLO	V knjižnem poglavju je predstavljen pregled najpomembnejših parametrov, ki vplivajo na oblikovanje in pripravo senzorja in končnih senzorskih karakteristik. Pregled izbranih aplikacij temelji na nanosenzorjih, ki so bili pripravljene na osnovi polimernih nanodelcev (z uporabo npr. poliakrilatov, polistirena) in na osnovi sol-gel nanodelcev, in sicer za določevanje pH, kisika, ionov in nekaterih ostalih molekul.

		ANG	The book chapter reviews the most important parameters that contribute to the sensor's design and its final characteristics. The survey of selected applications of nanosensors is based on polymer nanoparticles (prepared from e.g. polyacrylates, polystyrene) and on sol-gel based nanoparticles, namely for the determination of pH, oxygen, ions and some other molecules.
	Objavljeno v		InTech; Advances in chemical sensors; 2012; Str. 3-28; Avtorji / Authors: Lobnik Aleksandra, Turel Matejka, Korent Urek Špela
	Tipologija		1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji
5.	COBISS ID	15405334	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Sinteza polisiloksanskih kserogelov s fluorovimi skupinami na površini nanosa in njihove absorpcijske lastnosti
		ANG	Synthesis of polysiloxane xerogels with fluorine-containing groups in the surface layer and their sorption properties
	Opis	SLO	Hidrolizne in polikondenzacijske reakcije tetraetoksisilana (TEOS) z 3,3,3-trifluoropropiltrimetoksisilanom (TFMS) ali 1H, 1H, 2H, 2H-perfluorooktiltrietoksisilanom (PFES) so bile uporabljene pri sintezi kserogela funkcionaliziranega s skupinami, ki vsebujejo fluor. V skladu s TEM, ima polisiloksalni kserogel globularno skeletno strukturo in je sestavljen iz aglomeratov delcev, ki vsebujejo fluorirane skupine na površini. FTIR spektroskopija kaže, da imajo primarni kserogelni delci spatialno polisiloksansko mrežo s fluoriranimi skupinami in silanolnimi skupinami in malo v površinskem nanosu. V skladu s termalnimi analizami, je bila vsebnost vode 3-8 wt.% in upada z naraščanjem dolžine fluorirane verige. Termični razpad površinskega nanosa se začne nad 300 °C. Dominira mezoporozni material z dobro razvito porozno strukturo (SBET = 400-960 m ² g ⁻¹ , VS = 0,66 – 0,93 cm ³ g ⁻¹). Prikazan je vpliv razmerja TEOS, funkcionaliziran silan in narava funkcionalnih skupin na strukturne in adsorptivne lastnosti. Sintetizirani vzorci so organofilni. Afiniteta do n-heksana narašča z naraščanjem dolžine verige, ki vsebuje fluor in s številom fluoriranih skupin v površinskem nanosu. Sintetizirani hibridni organski-anorganski materiali se lahko uporabljajo za adsorpcijo ogljikovodikov, vključno z olji iz vode.
		ANG	Hydrolysis and polycondensation reactions of tetraethoxysilane (TEOS) with 3,3,3-trifluoropropyl-trimethoxysilane (TFMS) or 1H,1H,2H,2H-perfluorooctyltriethoxysilane (PFES) were used to synthesize xerogels functionalized with fluorine-containing groups. According to transmission electron microscopy, the skeletons of synthesized polysiloxane xerogels have globular structures and consist of agglomerates of particles with fluorinated groups on their surfaces. FTIR spectroscopy showed that primary xerogel particles possess spatial polysiloxane networks, with fluorinated groups along with silanol groups and water in the surface layer. According to thermal analyses, the water content was 3-8 wt.%, and it decreased with increasing length of the fluorinated chain. Thermal destruction of the surface layer starts above 300 °C. The sorbents that were obtained were predominantly mesoporous materials with well-developed porous structures (SBET = 400-960 m ² g ⁻¹ , Vs = 0.66-0.93 cm ³ g ⁻¹). The influence of the TEOS/functional silane ratio and the natures of the functional groups on the structural and adsorptive properties were shown. The samples synthesized are organophilic. The affinity for n-hexane increases with increasing length of the fluorine-containing chain (PFES) and the content of fluorinated groups in the surface layer. The hybrid organic-inorganic materials that were obtained can be used for adsorption of hydrocarbons, including oil, from water.
			Elsevier; Journal of fluorine chemistry; 2011; Vol. 132, iss. 12; str. 1146-1151; Impact Factor: 2.033;Srednja vrednost revije / Medium Category

Objavljeno v	Impact Factor: 2.341; Avtorji / Authors: Tomina Veronica V., Yurchenko Gabriella R., Matkovsky Alexandr K., Zub Yuriy L., Košak Aljoša, Lobnik Aleksandra
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine²

Družbeno-ekonomski dosežek																							
1.	<table border="1"> <tr> <td>COBISS ID</td> <td>14003222</td> <td>Vir: COBISS.SI</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Naslov</td> <td>SLO</td> <td>Nov optični kemijski senzor za detekcijo biogenih aminov</td> </tr> <tr> <td>ANG</td> <td>New optical chemical sensor for biogenic amines detection</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Opis</td> <td>SLO</td> <td>Biogeni amini so toksične substane in onesnažujejo industrijska področja. pogosto se uporabljajo v farmacevtskih, bioloških, medicinskih in prehrabnih izdelkih. Mikroorganizmi s svojim delovanjem povzročajo nastanek biogenih aminov, ki lahko imajo negativni učinek na zdravje. Biogeni amini so pokazatelji kvalitete in svežosti hrane. Razvit je nov optični kemijski senzor, ki reagira z biogenimi amini (putrescin). Kemiska reakcija povzroči spremembo barve.</td> </tr> <tr> <td>ANG</td> <td>Biogenic amines (BA) are toxic substances. They are pollutants in industrial and manufacturing areas, because they are widely used in preparations of pharmaceutical, biological, medical and food products. Many microorganisms species produce biogenic amines in or on food and this can cause strong toxic effects on consumers. Biogenic amines are therefore an indicator of food quality. A new class of chemical sensors has been investigated that interacts with biogenic amines, such as putrescine, resulting in a naked eye observed optical change of sensing film optode.</td> </tr> <tr> <td>Šifra</td> <td colspan="2">B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci</td> </tr> <tr> <td>Objavljeno v</td> <td colspan="2">Institute of Photonics and Electronics; Book of abstracts; 2010; Str. 176; Avtorji / Authors: Senica Heda, Korent Urek Špela, Turel Matejka, Frančič Nina, Lobnik Aleksandra</td> </tr> <tr> <td>Tipologija</td> <td colspan="2">1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci</td> </tr> </table>	COBISS ID	14003222	Vir: COBISS.SI	Naslov	SLO	Nov optični kemijski senzor za detekcijo biogenih aminov	ANG	New optical chemical sensor for biogenic amines detection	Opis	SLO	Biogeni amini so toksične substane in onesnažujejo industrijska področja. pogosto se uporabljajo v farmacevtskih, bioloških, medicinskih in prehrabnih izdelkih. Mikroorganizmi s svojim delovanjem povzročajo nastanek biogenih aminov, ki lahko imajo negativni učinek na zdravje. Biogeni amini so pokazatelji kvalitete in svežosti hrane. Razvit je nov optični kemijski senzor, ki reagira z biogenimi amini (putrescin). Kemiska reakcija povzroči spremembo barve.	ANG	Biogenic amines (BA) are toxic substances. They are pollutants in industrial and manufacturing areas, because they are widely used in preparations of pharmaceutical, biological, medical and food products. Many microorganisms species produce biogenic amines in or on food and this can cause strong toxic effects on consumers. Biogenic amines are therefore an indicator of food quality. A new class of chemical sensors has been investigated that interacts with biogenic amines, such as putrescine, resulting in a naked eye observed optical change of sensing film optode.	Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci		Objavljeno v	Institute of Photonics and Electronics; Book of abstracts; 2010; Str. 176; Avtorji / Authors: Senica Heda, Korent Urek Špela, Turel Matejka, Frančič Nina, Lobnik Aleksandra		Tipologija	1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci	
COBISS ID	14003222	Vir: COBISS.SI																					
Naslov	SLO	Nov optični kemijski senzor za detekcijo biogenih aminov																					
	ANG	New optical chemical sensor for biogenic amines detection																					
Opis	SLO	Biogeni amini so toksične substane in onesnažujejo industrijska področja. pogosto se uporabljajo v farmacevtskih, bioloških, medicinskih in prehrabnih izdelkih. Mikroorganizmi s svojim delovanjem povzročajo nastanek biogenih aminov, ki lahko imajo negativni učinek na zdravje. Biogeni amini so pokazatelji kvalitete in svežosti hrane. Razvit je nov optični kemijski senzor, ki reagira z biogenimi amini (putrescin). Kemiska reakcija povzroči spremembo barve.																					
	ANG	Biogenic amines (BA) are toxic substances. They are pollutants in industrial and manufacturing areas, because they are widely used in preparations of pharmaceutical, biological, medical and food products. Many microorganisms species produce biogenic amines in or on food and this can cause strong toxic effects on consumers. Biogenic amines are therefore an indicator of food quality. A new class of chemical sensors has been investigated that interacts with biogenic amines, such as putrescine, resulting in a naked eye observed optical change of sensing film optode.																					
Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci																						
Objavljeno v	Institute of Photonics and Electronics; Book of abstracts; 2010; Str. 176; Avtorji / Authors: Senica Heda, Korent Urek Špela, Turel Matejka, Frančič Nina, Lobnik Aleksandra																						
Tipologija	1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci																						
2.	<table border="1"> <tr> <td>COBISS ID</td> <td></td> <td>Vir: vpis v poročilo</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Naslov</td> <td>SLO</td> <td>Dodana vrednost univerze : Aleksandra Lobnik, naj raziskovalka po mnenju gospodarstva za leto 2010 Univerze v Mariboru.</td> </tr> <tr> <td>ANG</td> <td>Added value of the University:»Aleksandra Lobnik, best researcher of the University of Maribor in 2010«</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Opis</td> <td>SLO</td> <td>Do nagrade je prišla po zaslugi Centra za senzorsko tehniko, katerega tudi vodi, saj se center aktivno vključuje v reševanje problematike varovanja okolja s pomočjo izvajanja različnih monitoringov, pilotnih poskusov čiščenja voda, raziskav na področju odpadkov in razvijanja novih metod za spremljanje ekoloških in procesnih parametrov. Tako so lani patentirali projekt senzorjev za organofosfate, veliko pa se ukvarjajo tudi z razvojem senzorjev za visoke temperature.</td> </tr> <tr> <td>ANG</td> <td>The award was granted based on the research work done in the »Centre of sensor technology«, where Prof. Lobnik is the head. The Centre is active in the field of environmental protection, wastewater treatment, waste management and development of new methods in determination of environmental and process parameters (environmental metrology). Last year (2010) a patent was filed in the field of sensors for organophosphates, latest major occupation are also high temperature sensors.</td> </tr> <tr> <td>Šifra</td> <td colspan="2">E.01 Domače nagrade</td> </tr> </table>	COBISS ID		Vir: vpis v poročilo	Naslov	SLO	Dodana vrednost univerze : Aleksandra Lobnik, naj raziskovalka po mnenju gospodarstva za leto 2010 Univerze v Mariboru.	ANG	Added value of the University:»Aleksandra Lobnik, best researcher of the University of Maribor in 2010«	Opis	SLO	Do nagrade je prišla po zaslugi Centra za senzorsko tehniko, katerega tudi vodi, saj se center aktivno vključuje v reševanje problematike varovanja okolja s pomočjo izvajanja različnih monitoringov, pilotnih poskusov čiščenja voda, raziskav na področju odpadkov in razvijanja novih metod za spremljanje ekoloških in procesnih parametrov. Tako so lani patentirali projekt senzorjev za organofosfate, veliko pa se ukvarjajo tudi z razvojem senzorjev za visoke temperature.	ANG	The award was granted based on the research work done in the »Centre of sensor technology«, where Prof. Lobnik is the head. The Centre is active in the field of environmental protection, wastewater treatment, waste management and development of new methods in determination of environmental and process parameters (environmental metrology). Last year (2010) a patent was filed in the field of sensors for organophosphates, latest major occupation are also high temperature sensors.	Šifra	E.01 Domače nagrade							
COBISS ID		Vir: vpis v poročilo																					
Naslov	SLO	Dodana vrednost univerze : Aleksandra Lobnik, naj raziskovalka po mnenju gospodarstva za leto 2010 Univerze v Mariboru.																					
	ANG	Added value of the University:»Aleksandra Lobnik, best researcher of the University of Maribor in 2010«																					
Opis	SLO	Do nagrade je prišla po zaslugi Centra za senzorsko tehniko, katerega tudi vodi, saj se center aktivno vključuje v reševanje problematike varovanja okolja s pomočjo izvajanja različnih monitoringov, pilotnih poskusov čiščenja voda, raziskav na področju odpadkov in razvijanja novih metod za spremljanje ekoloških in procesnih parametrov. Tako so lani patentirali projekt senzorjev za organofosfate, veliko pa se ukvarjajo tudi z razvojem senzorjev za visoke temperature.																					
	ANG	The award was granted based on the research work done in the »Centre of sensor technology«, where Prof. Lobnik is the head. The Centre is active in the field of environmental protection, wastewater treatment, waste management and development of new methods in determination of environmental and process parameters (environmental metrology). Last year (2010) a patent was filed in the field of sensors for organophosphates, latest major occupation are also high temperature sensors.																					
Šifra	E.01 Domače nagrade																						

	Objavljeno v	Večer (Marib.). [Tiskana izd.], 26. jan. 2011, 67, [št.] 21, str. 13, ilustr	
	Tipologija	1.22 Intervju	
3.	COBISS ID	251412480	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Optični senzorji za varno hrano
		<i>ANG</i>	Optical sensors for food safety
	Opis	<i>SLO</i>	Vsebina/poglavja: Optični senzorji in njihova uporaba Uporaba spektroskopskih metod za optične senzorje Optično merjenje temperature Optični senzorji za varno hrano Mikrobiologija živil Klasične mikrobiološke metode v higieni in varnosti živil Optični biosenzorji za določanje kakovosti živil
		<i>ANG</i>	Content/Chapters: Optical sensors and their use Use of spectroscopic methods for optical sensors Optical temperature measurment Optical sensors for food safety Foodstuff microbiology Classical microbiological methods in food hygiene and safety Optical biosensors for determination of food quality
	Šifra	C.02 Uredništvo nacionalne monografije	
	Objavljeno v	IOS - Inštitut za okoljevarstvo in senzorje; 2010; III, 65 str.; Avtorji / Authors: Frančič Nina, Korent Urek Špela, Bajsič Ivan, Nahberger Marčič Vida, Lobnik Aleksandra, Senica Heda, Turel Matejka, Križan Janez, Možina Janez, Lobnik Aleksandra, Turel Matejka, Bauman Maja	
	Tipologija	2.02 Strokovna monografija	
4.	COBISS ID		Vir: vpis v poročilo
	Naslov	<i>SLO</i>	Vodja projekta - Naj raziskovalka
		<i>ANG</i>	Project leader - The best researcher
	Opis	<i>SLO</i>	Na podlagi pridobitve nagrade kot naj raziskovalka po mnenju gospodarstva v letu 2010, je bila vodja projekta povabljen na številne intervjuje, ki so bili izvedeni v letu 2011. Znotraj teh so se tudi javno, v slovenskem prostoru, predstavila naša raziskovanja oz. delovanja na področju senzorjev.
		<i>ANG</i>	Based on the national award given to the project leader (best researcher) in 2010 (according to industrial companies), several interviews followed in 2011. It was the opportunity to present the Slovenian public our research work and actions on the field of optical chemical sensors.
	Šifra	F.35 Drugo	
	Objavljeno v	VEČER: http://www.vecer.com/clanek2011012605614502 (COBISS 665984019) RTS: http://www.rts.si/naj-raziskovalka-leta-.html (COBISS 15518998) DELO: http://www.delo.si/clanek/144863 EOL: http://www.zelenaslovenija.si/revija-eol/arhiv-stevilk-eol/arhiv/812-raziskovalka-ki-je-znana-bolj-na-tujem-kot-doma-eol-56 RTV SLO: http://tvslo.si/predvajaj/univerza/ava2.95444104/ RTV SLO: http://tvslo.si/predvajaj/dobro-jutro-1-del/ava2.106217996/	
	Tipologija	1.22 Intervju	
5.	COBISS ID	15141142	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Optični senzorji, ki temeljijo na kvantnih pikah

	ANG	Quantum dots based optical sensors
Opis	SLO	Predavanje je obravnavalo tematiko uporabe kvantnih pik v senzorske namene. Luminescentni senzori so kemijski sistemi, ki podajo informacijo o prisotnosti analitov ob spremembi njihovih optičnih lastnosti. S prihodom luminescentnih nanodelcev so se odprle nove možnosti aplikacij. Kvantne pike so anorganski polprevodniki, ki imajo vrsto prednosti pred klasičnimi organskimi barvili. Predstavljena je bila vrsta aplikacij kvantnih pik uporabljenih v optičnih senzorjih in njihove senzorske karakteristike.
	ANG	The lecture covered the field of quantum dots used in sensor applications. Luminescent sensors are chemical systems that can deliver information on the presence of selected analytes through the variations in their luminescence emission. With the advent of luminescent nanoparticles several new applications in the field of chemical sensing were explored. Among them, quantum dots (QD) represent inorganic semiconductor nanocrystals that are advantageous over conventional organic dyes from many different points of view. In this short review, the optical detection of various analytes using QD-based probes/sensors is presented and significant sensor's characteristics are discussed.
Šifra	B.04 Vabljen predavanje	
Objavljeno v	2011; Avtorji / Authors: Lobnik Aleksandra	
Tipologija	3.16 Vabljen predavanje na konferenci brez natisa	

9. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁸

--

10. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁹

10.1. Pomen za razvoj znanosti¹⁰

SLO

S primernim izborom absorpcijskih in fluorescentnih indikatorskih barvil imobiliziranih v ormosilne sol-gel membrane, so bile pripravljene novi senzorski nanosi za določevanje biogenih aminov. Poizvedba v slovenskih in tujih virih je pokazala, da do sedaj še ni bilo objav, ki bi poročali o sol-gel optičnih kemijskih senzorjih za določevanje biogenih aminov.

ANG

On the base of adequate selection of indicator dyes immobilized into ormosil sol-gel membranes we prepared new sensors for the detection of biogenic amines. Literature search in domestic and foreign sources showed that no scientific papers have been published to reported sol-gel optical chemical sensors for biogenic amines detection.

10.2. Pomen za razvoj Slovenije¹¹

SLO

Sodobni potrošniki so postali bolj zahtevni glede kakovosti živil, saj zahtevajo sveže in okusne prehranske izdelke, z majhno vsebnostjo konzervansov, s podaljšanim rokom trajanja in kontrolirano kvaliteto. Senzorska membrana zaznava biogene amine, ki so pokazatelji pokvarljivosti in s tem tudi svežosti pakirane hrane. Senzorske membrane imajo velik tržni potencial in so za podjetja v prehranski industriji pomembna novost. Z uporabo inteligentnega pakiranja bo uporabnik imel dodatno zagotovilo o varnosti izdelka z vidika svežosti živila. Za podjetja to predstavlja možnost doseganja višje dodane vrednosti proizvoda, določeno primerjalno prednost pred drugimi podjetji v branži in širše ter nadaljnje izgrajevanje lastnega ugleda.

ANG

Contemporary consumers has become more and more demanding regarding the food quality thus require fresh and tasteful nutrition products with low content of preservatives, extended best before date and inspected food quality. Sensor membrane detects biogenic amines, which are indicators of spoiled respectively fresh packed food. Sensor membranes have huge potential for food manufacturers and is an important novelty. Intelligent packaging makes possible an additional promise about food safety regarding freshness. It is of importance for industrial users due to achive higher added value products, competitive advantage and further good name forming.

ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	J2-2067
Naslov projekta	Razvoj novih UV zaščitnih materialov
Vodja projekta	7004 Darinka Fakin
Tip projekta	J Temeljni projekt
Obseg raziskovalnih ur	4650
Cenovni razred	B
Trajanje projekta	05.2009 - 04.2012
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	13.02 Tehnološke vede - RiR financiran iz drugih virov (ne iz SUF)

2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS¹

Šifra	2.05
- Veda	2 Tehniške in tehnološke vede
- Področje	2.05 Materiali

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Povzetek raziskovalnega projekta²

SLO

Pametne tekstilije so posledica človekovega zavedanja o škodljivih učinkih okolja na zdravje ljudi. Med negativne učinke okolja spadajo tudi ultravijolični (UV) žarki, ki so posledica tanjšanja ozona. Zato smo z raziskavo pod naslovom »Izdelava novih UV zaščitnih materialov« preučevali različne UV absorberje in možnosti njihove aplikacije.

Čeprav je intenzivnost UV sevanja manjša od intenzivnosti sevanja vidne ali IR svetlobe, je energija na foton v primeru UV sevanja veliko večja. UV sevanje, kot posledica sončne svetlobe, zajema področje med 280 in 400 nanometri. Vrednotenje fotozaščite tekstilij pred sončno svetlobo temelji na določanju ultravijoličnega zaščitnega faktorja (UZF)/Ultraviolet Protection factor (UPF). Definiran je kot razmerje med potencialnim eritemskim učinkom (bolezensko rdečino kože) in dejanskim eritemskim učinkom, ki ga povzroča transmisija svetlobe skozi tkanino. UPF določamo s pomočjo UV/VIS spektrofotometra, kjer merimo prepustnost standardnega vzorca za UV sevanje in primerne programske opreme. Za primerno zaščito pred UV sevanjem naj bi imela oblačila UPF vsaj 30 (zaščitna obleka zniža UV sevanje za 95%), izvrstna zaščita, kjer je UPF 40, 45 ali 50 (celo 50+), pa pomeni, da nas pred UV žarki zaščiti v najmanj 97,5 odstotkih.

V raziskavi smo preučevali vpliv različnih UV absorberjev, med katerimi smo še posebej raziskali lignin in posamezne derivate ekstrahirane iz lesa rdečega bora, kot sta pinosylvin in pinosylvin monometyl eter, ki imata visoke vrednosti absorpcije v UVB področju ter oksidirane hydroxymatairesinole, kot je oxo-matairesinol in ArMe.X-lignin ter njihove derivate z visoko absorpcijo pri valovnih dolžinah med 200 in 340 nm. Primerjalno smo izvedli še raziskave z že poznanimi vendar na teh materialih neraziskanih UV absorberji kot sta titanov dioksid in cinkov oksid. Posameznim komponentam surovega ekstrakta smo s pomočjo zeta potenciala določili njihov kemijski naboj, s pomočjo FTIR analizatorja in ostalih metod določili strukturo in na podlagi teh analiz določili možnosti aplikacij na vlaknotvorne materiale.

Raziskava je potekala na različnih celuloznih, poliamidnih (PA) in poliesternih (PES) vlaknotvornih polimerih različnih struktur in gostot. Poseben del raziskave je bil namenjen proučitvi različnim aplikacijam UV absorberjev na izbrane materiale z določitvijo sorpcijskih lastnosti pri čemer smo vključili pri postopku izčrpavanja tudi energijo ultrazvoka, ter proučili možnost aplikacije v izpredilni polimerni masi. Pri preučevanju kompatibilnost nanosa s postopkom barvanja smo proučili vpliv globine barve (K/S) in s tem kemijske konstitucije barvil in ugotovili, da pomembno vpliva na UV propustnost, ki jo v vseh primerih znižuje.

Novo pridobljena znanja na področju razvoja in uporabe UV absorberjev, ki izhajajo iz naravnih materialov, kot je les in standardnih UV absorberjev na bazi TiO_2 predstavljajo pomemben potencial za razvoj industrijskih UV zaščitnih materialov.

ANG

Smart textiles are a result of people awareness about harmful environmental effects on their health. Among the negative environmental effects could be rank the ultraviolet (UV) radiation as a consequence of ozone layer thinning. Therefore, in the study entitled "Creating new UV protective material" we were examined various UV absorbers and their possible applications.

Although, the intensity of UV radiation is a minor in comparison to the intensity of visible or infrared light, the energy of photon is much larger in the case of UV radiation. Sunlight, which reaches the Earth's surface emits UV radiation of wavelengths between 280 and 400 nm, and is classified into three regions. The ultraviolet protection factor (UPF) of a fabric is a quantitative measurement of the fabric's effectiveness when protecting human skin against ultraviolet radiation. Ultraviolet protection factor (UPF) designates the amount of protection provided by personal clothing, and also classify garment into protective categories. UPF could be determined by means of UV/VIS spectrophotometer, combining with appropriate software. Garment with suitable protection against UV radiation must have UPF at least 30 (reduces UV radiation for 95%); excellent protection with UPF 40, 45 or 50 (even 50+), indicating that the garments prevent us from the Sun's radiation by more than 97.5

In this research we were investigated the influence of various UV absorbers, with emphasis on lignin and some derivatives extracted from pine wood (*Pinus Sylvestris*). The major compounds in this extract are pinosylvine and pinosylvine monomethyl ether, which absorb the damaging UV radiation in the UVB spectral range, and others compounds such as oxo-matairesinol and ArMe.X-lignin and their derivatives with high absorption

maximum between wavelength of 200 and 340 nm, and are important also for UVA region. Experiments with well-known UV absorbers such as titanium dioxide and zinc oxide were performed for the comparison. Chemical charge of the individual extracted compound and UV absorber were determined by means of zeta potential and the structure of selected textiles by FTIR analyser and others methods. On the basis of the obtained results, appropriate method for application of UV absorbers on different fibre-forming polymer materials was developed.

Research was carried-out using different cellulose, polyamide and polyester fibre-forming polymers of different structure and density. In one part of the research different application of UV absorbers were studied by determining sorption properties, on different exhaustion processes, with and without ultrasound employment. The impact of colour strength (K/S values) and dyes' chemical constitution on UV transmission were also evaluated.

The obtained knowledge in the field of this research, and progress of new UV absorbers from natural wood, and standard UV absorbers TiO₂ based represent a significant potential for the development of industrial UV protective materials.

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu³

V projektu z naslovom »Izdelava novih UV zaščitnih materialov« smo se za doseganje funkcionalnih lastnosti ukvarjali z izborom in selekcijo primernih UV absorberjev, z možnostjo njihove aplikacije na primerne vlaknotvorne polimere. Večfunkcionalne oz. pametne tekstilije so posledica človekovega zavedanja o škodljivih učinkih okolja na zdravje ljudi. Med negativne učinke okolja spadajo tudi ultravijolični (UV) žarki, ki so posledica tanjšanja ozona. Čeprav je intenzivnost UV sevanja manjša od intenzivnosti sevanja vidne ali IR svetlobe, je energija na foton v primeru UV sevanja veliko večja.

V eksperimentalnem delu smo tako uporabili v prvi vrsti bombaž, za določene primerjave pa še bombaž/PES, PES, in PA ter različne mešanice tudi z Lycro v obliki pletenin, primerne za poletna oblačila. Uporabljenim materialom smo določili parametre, ki imajo vpliv na propustnost materialov in ugotavljali sorpcijske lastnosti, ki so zlasti pomembne pri nanosu različnih UV absorberjev. Sorpcijske lastnosti vlaken so širok pojem, ki opisuje pojav adsorpcije, ko se atomi, molekule ali ioni vežejo na površino vlaken in tvorijo tanek sloj in pojav absorpcije, to je prehoda in vezanja atomov, molekul ali ionov na aktivna mesta v notranjosti vlakna kot tudi reverzibilni pojav desorpcije. Tako smo posameznim vlaknom določili sorpcijske lastnosti na podlagi sposobnosti zadrževanja vode v vlaknih, ki se izvaja po metodi, ki temelji na določanju količine vode, ki jo vlakna lahko navzamejo in zadržijo pod strogo določenimi pogoji. Poseben pomen v strukturi vlaken pa imajo prav tako sistemi, oblika in orientacija praznin, kamor lahko prodira voda, raztopine barvil in kemikalij. Volumen in notranja površina praznin prav tako pogojujeta sorpcijske lastnosti.

Pri selekciji primernih UV absorberjev smo se na podlagi meritev absorbance v UV področju odločili za uporabo in raziskave na naslednjih materialih, kot so TiO₂, ZnO, lignin in derivati ekstrahirani iz lesa rdečega bora, ki smo ga dobili na podlagi sodelovanja z Laboratory of Wood and Paper (sestavljen je iz več komponent med katerimi prevladuje monometil pinosylvin in pinosylvin, hydroxymatairesinoli kot so oxo-matairesinol in ArMe.X-lignin ter njegovi derivati) in sredi raziskave temu dodali še TiO₂ v obliki paste, ki je proizvod podjetja Cinkarna Celje in vsebuje 25% Na₂SiO₃ in 30% delež suhega TiO₂. Za primerjavo nanosa posameznih izbranih UV absorberjev smo izbrali še industrijsko pripravljen produkt podjetja Bezema pod trgovsko oznako Isys Sun, ki je zlasti primeren za impregnacijski postopek nanosa. Za vse izbrane UV absorberje smo uporabili različne postopke aplikacije, torej impregnacijske in izčrpalne ter izbrali najustreznejši postopek aplikacije in ustrezna pomožna sredstva ter kemikalije za posamezen UV absorber in vlakno. Tako predlagamo za bombažne materiale pri nanosu UV absorberjev impregnacijski postopek, kadar kombiniramo postopek barvanja in nanosa UV absorberja pa je bolj učinkovit izčrpalni postopek. Pri PES je učinkovit tudi postopek impregnacije, medtem ko opazimo pri tkanini iz PA boljše rezultate, če uporabimo izčrpalni postopek.

Meritve absorbance v UV področju so za ekstrakta rdečega bora pokazale, da je le ta

najvišja v UVB področju in je tako uporaben kot UV absorber. Glede na njegovo netopnost v vodi smo z raziskavo ugotovili, da ga lahko uporabimo v alkalnem vodnem mediju, še učinkovitejši postopek pa predstavlja postopek priprave matične raztopine v etanolu. Za lignin, ki je stabilen visoko zamrežen aromatski polimer, ki nastane s polimerizacijo aromatskih alkoholov nismo uspeli najti primerne postopka aplikacije in smo ga zato iz nadaljnjih raziskav izključili. Titanov dioksid (TiO_2) je bel pigment, ki ima visoko moč pokrivanja in se nahaja v dveh tržno in raziskovalno zanimivih kristalnih oblikah – antrasi in rutilni. Antrasi pigment je zelo občutljiv na svetlobo in hitro spremeni barvo, zato je pomembnejši rutilni, ki ima boljšo pokrivnost ter boljše svetlobne in vremenske obstojnosti, kar je posledica širše optične vrzeli v frekvenčnem pasu. TiO_2 ima visoko oksidacijsko sposobnost, če ga izpostavimo svetlobi, visoko hidrofilnost ter kemično obstojnost. Je anorganski polprevodnik z vrzeljo 3,2 eV in ga lahko aktivira svetlobna energija pri 388 nm. Cinkov oksid (ZnO) ima sicer ožje področje uporabe, kot TiO_2 ima pa enako vrzel v frekvenčnem pasu (3,2 eV). Uporabljen TiO_2 v obliki paste je prav tako po strukturi rutilni TiO_2 in daje boljše rezultate pri obdelavi, kot titanov dioksid v prahu, kar pomeni, da predstavlja izboljšano obliko in omogoča primeren in obstojen nanos tako po izčrpalnem, kot po impregnacijskem postopku. Prav tako ima zadovoljive obstojnosti pri vzdrževanju, saj se učinek po pet-kratnem pranju na bombažu ne zniža, nekoliko nižje vrednosti dosežemo pri PES materialih.

Izbranim UV absorberjem med katerimi smo se na podlagi analiz največ posvetili ekstraktu rdečega bora in TiO_2 smo določili njihove UV absorpcije v raztoipinah s pomočjo merjenja absorbance v področju med 200 in 400 nm na spektrofotometru *Varian Cary 50*, ter po nanosu na materialih z merjenjem UPF faktorjev (Ultraviolet Protective Factor), ki jih lahko določimo s pomočjo ustreznega računalniškega programa. UPF lahko določamo po različnih standardih: Australian/New Zealand Standard (AS/NZS 4399:1996), British Standard (BS 7914:1998) oz. evropski SIST EN 13758-1 in American Standard (AATCC). V okviru našega dela smo v začetni fazi izvedli vrednotenje po vseh treh standardih zaradi primerjav in v nadaljevanju uporabljali Australian/New Zealand standard, na katerega se nanašajo tudi vsi v poročilu navedeni rezultati.

Najširšo raziskavo smo opravili na bombažni tkanini, ki v surovem stanju ni izpolnjevala pogojev za varno uporabo, kar pomeni, da je imela izmerjeno UPF vrednost 10. Z raziskavo ugotavljamo, da lahko s pomočjo impregnacijskega postopka dosežemo zadostno in industrijsko pripravljenemu produktu primerljivo zaščito z ekstraktom rdečega bora, kjer dosežemo UPF vrednost 35, kar pomeni zelo dobro zaščito, še boljše rezultate pa dosežemo na posameznih tkaninah in pleteninah v mešanicah s sintetičnimi materiali in elastani, ki zaradi strukture pletenja v kombinaciji z obdelavo omogočajo kljub višjim zračnim propustnostim materiala doseganje odličnih UPF vrednosti (50^+). Da bi lahko izvedli realno primerjavo, smo v analizo vključili zraven UV propustnosti še vpliv teže, gostote tkanja ali pletenja in debeline tudi meritve zračne propustnosti materialov, ki je pomemben parameter in nam omogoča določitev primerljivih ploskih tekstilij, kar je za realne učinke posameznih nanosov UV absorberjev pogoj. Ugotavljamo, da večja propustnost sicer pomeni nižje zaščitne vrednosti, vendar jih ne moremo direktno primerjati, saj na zaščito v večji meri vpliva material, barva materiala in nanos posameznega UV absorberja. Istočasno smo za določitev kompatibilnosti UV absorberjev s posameznimi materiali določili kemijski naboj (zeta potencial) in s Fourier transform infrardečo FT-IR spektroskopijo, ki ima veliko prednosti v primerjavi s tradicionalnimi IR spektrofotometri, določili možnost aplikacije na posamezne materiale. S pomočjo FT-IR spektrov dobimo boljše spektreki nam omogočajo kvalitativno kot tudi semi-kvantitativno analizo posameznih nanosov.

Pri preučevanju vpliva kemijsko različnih barvil na UV absorpcijo smo ugotovili, da predstavlja globina barve pomemben dejavnik pri doseganju optimalne zaščite in da le ta z povečano globino zelo narašča. Čeprav za barvanje vlaken v barvalnih kopelih uporabimo enako količino barvila, je globina obarvanja posameznih vlaken z različnimi barvili različna. Do vizualnih razlik, ki jih numerično določimo na podlagi Kubelka – Munk (K/S) teorije prihaja zaradi različnih jakosti barvil, ki jo pogojuje različna kemijska

struktura, različnih hitrosti barvanja, ki jo pogojujejo razlike v gostoti vlaken, orientaciji vlaken, stopnji kristaliničnosti in načina predobdelave, ki vodijo do različne absorpcije barvila. Vendar za doseganje popolne zaščite pri tkaninah in pleteninah z visoko zračno propustnostjo ne zadošča samo barvanje v primerni globini, potreben je tudi ustrezen dodatek UV absorberja. V tem sklopu smo tudi z rezultati dela dokazali, da je realno mogoče združiti postopek barvanja s postopkom nanosa UV absorberja, kar se je zlasti pokazalo kot uspešno pri uporabi TiO_2 v obliki paste in pri uporabi ekstrakta rdečega bora, kjer se pri višjih koncentracijah bora nekoliko zviša globina barve.

Pri določanju vpliva ultrazvoka v procesih aplikacije smo uporabili ultrazvočno sodno in on-line spremljali dogajanja v procesu aplikacije tako barvil, kot UV absorberjev. Pri tem smo uporabili različno akustično intenziteto sonde in sicer od 50 W/cm^2 do 500 W/cm^2 . Pri tem smo ugotovili, da ultrazvok omogoča dodatno homogeniziranje kopeli, pri tem ne moti procesa, nekoliko pospešuje proces barvanja oz. hitrost difuzije barvila, na uspešnost vezave različnih UV absorberjev pa nima pomembnega vpliva oz. se stopnja zaščite ne poveča. Na podlagi teh ugotovitev, te vrste aplikacije ne uvrščamo med dejavnike, ki omogočajo višjo stopnjo UV zaščite.

Na podlagi obsežnega raziskovalnega dela, ki je potekalo s pomočjo za določena področja usposobljenih raziskovalcev, lahko zaključimo, da nam je uspelo doseči zastavljene cilje in dokazati možnost znižanja UV propustnosti na številnih in po surovinski sestavi različnih materialih s pomočjo ekstrakta rdečega bora, ki predstavlja novost. Za postopek uporabe in aplikacije smo prijaviili patent, saj nam daje odlične zaščitne lastnosti ($\text{UPF } 50^+$). Enako dobre ali celo boljše lastnosti dosežemo tudi pri uporabi TiO_2 v obliki disperzije z Na_2SiO_3 , kjer smo dodatno na podlagi SEM posnetkov ugotovili, da dosegamo enakomeren nanos, material pa ima tudi dobre antioksidacijske lastnosti, ki so pomembne pri večji samočistilni sposobnosti. Končen cilj raziskave, to je izdelava belih in obarvanih UV zaščitnih materialov s pomočjo različnih UV absorberjev in razvoj postopka za uporabo novih derivatov ekstrahiranih iz lesa rdečega bora ja tako dosežen. Poseben pomen pripisujemo dejstvu, da uporabljeni ekstrakt rdečega bora izhaja iz naravnega materiala (lesa), ki je dostopen in tako predstavlja tudi veliko možnost in potencial za dejansko uporabo v proizvodnji. S tovrstnimi materiali lahko v prihodnosti v veliki meri prispevamo k znižanju UV propustnosti oblačil kar predstavlja večjo varnost pred izpostavljenostjo UV sevanju, ki iz dneva v dan bolj ogroža zdravo življenje na našem planetu in povzroča občasna ali bolj nevarna dolgotrajnejša bolezenska stanja.

5. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev⁴

V raziskavi smo zasledovali temeljni cilj »Razvoj novih UV zaščitnih materialov«. Opravili smo raziskavo in selekcijo primernih UV absorberjev in izdelali postopke za njihove aplikacije na izbrane ploske tekstilije. Pri raziskavi smo uporabili TiO_2 in ZnO , lignin in derivate ekstrahirane iz lesa rdečega bora in TiO_2 v obliki disperzije z dodanim Na_2SiO_3 .

Selekcijo izbranih UV absorberjev smo opravili na podlagi meritev UV absorpcije v raztopinah v področju med 200 in 400 nm na spektrofotometru *Varian Cary 50*. Izbranim UV absorberjem smo izvedli analizo določitve kemijskega naboja (zeta potencial), s SEM posnetki pa ugotavljali uspešnost nanosa glede na koncentracijo in pogoje nanosa. Nanos izbranih UV absorberjev je potekal po impregnacijskem in izčrpalnem postopku, ki je primeren tudi pri analizah učinkovitosti istočasne obdelave z UV absorberjem pri barvanju. Količino in obliko nanosa posameznih UV absorberjev smo spremljali z opazovanjem vlaken z vrstičnim elektronskim mikroskopom SEM Zeiss Gemini supra 35 VP. Pri izboru materialov smo kot kriterij uporabili njihovo uporabnost za izdelavo poletnih oblačil in sicer tkanine in pletenine iz bombaža, bombaž/PES, PES, in PA in različne mešanice pletenin z Lycro. Na materialih smo izvedli analize strukturnih lastnosti in zračne propustnosti, ki so se gibale med 20 in $3147 \text{ L/m}^2\text{s}$ in imajo vpliv na propustnost sončne svetlobe, ter sorpcijskih lastnosti, ki imajo vpliv na sposobnost navzemanja UV absorberjev. Za ugotavljanje učinkov UV absorberjev različnih

koncentracij na različnih ploskih tekstilijah smo uporabili standardne metode po mednarodno usklajenih standardih za določanje fotozaščite tekstilij pred sončno svetlobo, ki temelji na določanju UPF faktorja. Pri raziskavi smo želeli na različnih materialih doseči primerno zaščito pred UV sevanjem, kar pomeni, da smo upoštevali kot uspešen postopek tistega pri katerem smo na materialih dosegli vrednost UPF 30 in več. Za merjenje UVA in UVB zaščite in izračun UPF smo uporabili spektrofotometer *Varian Cary 50*, ki ga nadgradimo z enoto za merjenje UV prepustnosti ploskovnih materialov in programsko opremo. Dobljene vrednosti UPF so predstavljale osnovno vrednost pri selekciji materialov in nadaljnjem načrtovanju raziskave. Naslednji cilj, ki smo mu sledili je bila raziskava kompatibilnosti postopka barvanja in nanosa UV absorberja, pri čemer smo te postopke uspešno združili tako pri nanosu TiO_2 , kot pri ekstraktu rdečega bora. S posameznimi postopki barvanja pa smo na podlagi meritev globina barve kemijsko različnih barvil, ki smo jo izrazili s K/S (Kubelka Munk funkcija) ugotovili, da tudi ta pomembno vpliva na UV zaščito. V zadnjem delu smo se ukvarjali z možnostjo uporabe ultrazvoka in njegovega vpliva pri procesih aplikacije UV absorberjev. Tukaj smo prišli do zaključka, da ultrazvok ne vpliva na boljši in bolj trajen nanos UV absorberjev in pri aplikaciji nima večjega pomena. S tem smo realizirali raziskovalno hipotezo.

6. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine⁵

Do pomembnih vsebinskih sprememb v okviru poteka raziskave ni prišlo, smo pa v zadnjem letu obvestili agencijo, da zaradi porodniškega dopusta raziskovalke Mojce Božič le ta nima raziskovalnih ur na tem projektu.

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁶

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	15768854	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Sinteza $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ koloidne disperzije in njeno obnašanje pri reaktivnem barvanju bombažne tkanine
		ANG	Synthesis of $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ colloid and its performance in reactive dyeing of cotton fabrics
	Opis	SLO	Novo sintetizirani in s SiO_2 oplašeni TiO_2 nano delci ($\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$) so bili uporabljeni pri postopkih obdelave s katerimi smo želeli doseči nove funkcionalnih lastnosti bombažne tkanine ob istočasno izvedenem postopku barvanja. Pri tem smo zasledovali vpliv koncentracije $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ in barvil ter postopek aplikacije. Tako obdelanim materialom smo določili kemijsko in morfološka struktura s pomočjo ATR-FTIR spektroskopije in vrstično elektronsko mikroskopijo. Obarvanost in uporabne lastnosti smo določili na bombažni tkanini s pomočjo UV zaščitnega faktorja, $\text{CIE L}^*\text{a}^*\text{b}^*$ barvnih vrednosti in zračne propustnosti. Vključitev $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ v proces barvanja z reaktivnimi barvili nam omogoča doseganje odličnih funkcionalnih lastnosti, ki skupaj z UV propustnostjo in barvno obstojnostjo ostanejo visoke tudi po 15-kratnem pranju. Njihove vrednosti oziroma njihove spremembe pa so odvisne zlasti od koncentracije reaktantov in temperature barvanja.
		ANG	Newly synthesized by SiO_2 surface treated TiO_2 nanoparticles ($\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$) were prepared, characterized and utilized in functional dyeing as combined reactive dyeing of cotton fabrics. Factors affecting the dyeing and functional properties of the treated fabric, concentration of $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ and of reactive dye as well as dyeing regime were studied. The chemical and morphological structures of nano-upgraded cotton fabrics were characterized by ATR-FTIR spectroscopy and scanning electron microscopy. UV-blocking ability, coloration and comfortable behaviour of cotton have been evaluated through ultraviolet protection factor, $\text{CIE L}^*\text{a}^*\text{b}^*$ color values and air permeability determinations, respectively.

		Incorporation of TiO ₂ -SiO ₂ into the dyeing with reactive dyes brought about an outstanding UV protection functionality of the dyed fabrics even after 15 laundering cycles with a negligible negative impact on color and comfortable properties. Improvement or decrement in the UV protection, comfort, and dyeing properties is governed by the reactants concentrations and the dyeing temperature.	
	Objavljeno v	Applied Science Publishers; Carbohydrate polymers; 2012; Vol. 88, iss. 3; str. 992-1001; Impact Factor: 3.628; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.543; A': 1; WoS: DW, EE, UY; Avtorji / Authors: Fakin Darinka, Veronovski Nika, Ojstršek Alenka, Božič Mojca	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
2.	COBISS ID	16030486	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Optimiranje odstranitve barvil in organskih onesnaževalcev iz odpadnih vod s pomočjo UV/H ₂ O ₂ obdelave in Plackett-Burman faktorske analize
		ANG	Optimization of removal of colour and organic pollutants from textile wastewater treated with UV/H ₂ O ₂ adopting the Plackett-Burman factorial design
	Opis	SLO	V raziskovalnem delu je predstavljena Plackett-Burman dvostopenjska faktorska analiza za določitev variantne strategije za določitev optimalnih UV/H ₂ O ₂ procesnih pogojev s katerimi lahko dosežemo učinkovito čiščenje z barvili močno onesnaženih tekstilnih odpadnih vod. Raziskan je bil vpliv parametrov odpadnih voda, kot je vrsta in koncentracij barvila (C Dye), 100-300 mg / L, koncentracija NaCl (C NaCl), 2,5-3,5 mg / L in koncentracija sečnine (urea C), 5 - 15 mg / l in vrednost NaOH (C NaOH), 1-2,4 mL / L, kot tudi operativnih parametrov, tj. intenzivnosti UV sevanja (I UV), 1,2-1,4 kW, koncentracija H ₂ O ₂ , 0.7 - 8,3 mg / L, čas obdelave (t), 6-30 min, na barvo in odstranitev organskih onesnaževal. Po določitvi 7 spremenljivk, so se laboratorijski poskusi izvajali z dvema sintetično pripravljenima odpadnima vodama, ki so bile onesnažene z dvema strukturno različnima reaktivnima barviloma in izbranimi kemikalijami. Ocena uspešnosti čiščenja na pilotni UV/H ₂ O ₂ napravi je bila določena s spremljanjem absorpcije in skupnega organskega ogljika v obdelanih vzorcih. Dobljeni rezultati so pokazali, da ima na znižanje onesnaženja največji vpliv čas obdelave in koncentracija. Hkrati je imela znaten vpliv na zmanjšanje okolju škodljivih parametrov količina sečnine in intenzivnosti UV sevanja.
		ANG	In the research work presented here, a Plackett-Burman two-level partial factorial design was adopted as a multivariate strategy to determine the optimum UV/H ₂ O ₂ process conditions for maximizing the treatment efficiency of dye-rich textile effluents. The influence of wastewater parameters, i.e. type and concentration of dye (C Dye), 100-300 mg/L; concentration of NaCl (C NaCl), 2.5-3.5 mg/L; and concentration of urea (C Urea), 5-15 mg/L; and the amount of NaOH (C NaOH), 1-2.4 mL/L; as well as the operational parameters, i.e. intensity of UV irradiation (I UV), 1.2-1.4 kW; the amount of H ₂ O ₂ , 0.7-8.3 mL/L; and treatment time (t), 6-30 min; on the colour and the removal of organic pollutants was investigated. After determining seven variables, laboratory-scale experiments were conducted using two synthetically-prepared wastewaters solutions that were polluted with two structurally different reactive dyes and selected chemicals. The assessment of the UV/H ₂ O ₂ pilot plant's performance was by monitoring the absorbance and total organic carbon in the treated samples. The obtained results showed that the treatment time and dye concentration had a major impact on the reduction of both reactive dyes. At the same time, the amount of urea and the intensity of UV radiation had a notable influence on the organic pollutant reduction.
		Balaban Publishers; Desalination and water treatment; 2012; Impact	

	Objavljeno v	Factor: 0.614;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.785; WoS: II, ZR; Avtorji / Authors: Fakin Darinka, Ojstršek Alenka	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
3.	COBISS ID	15913238	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Sprememba površinskih lastnostipletenin pri obdelavi z encimi
		<i>ANG</i>	Changes in a knitted fabric's surface properties due to enzyme treatments
	Opis	<i>SLO</i>	Tehnologija encimske obdelave tkanin spada v skupino obdelav, ki omogočajo modifikacijo otipa tkanine, spremembo površine in ostalih površinskih in mehanskih lastnosti. Večina raziskav se osredotoča na razumevanje vpliva encimske obdelave na lastnosti, ki vplivajo na proces predobdelave, barvanja in končnega plemenitenja in s tem na končen otip in tudi izgled tkanin in pletenin. Namen raziskave je bil analizirati učinke dveh različnih encimov <i>Trichoderma reesei</i> spada k celulazam, in obogatene (EGIII) endoglucanase celulaze, pri treh različnih koncentracijah encimov na 100% bombažni interlock pletenini. Pri tem so se s pomočjo primerne laboratorijske opreme ocenjevale površinske lastnosti, kot so piling, trenje in geometrijska hrapavost. Rezultati kažejo, da imajo pogoji, ki jih dosežemo pri encimu <i>Trichoderma reesei</i> bolj izrazit vpliv na površinske lastnosti v primerjavi z obogatenimi encimi EGIII.
		<i>ANG</i>	Enzyme treatment technologies in textile processing have become commonly-applied techniques for the modification of fabric-handle appearance, and other surface and mechanical characteristics of fabrics. Most studies have focused on understanding the impact of enzyme treatments on the fabric preparation, dyeing, and finishing processes of woven fabrics, whilst only limited research has been reported regarding any enzymatic effects on the surface and handproperties of knitted fabrics. The aim of this study was to analyze the effects of two different enzymes <i>Trichoderma reesei</i> whole cellulase, and enriched (EGIII) endoglucanase cellulase, at three different enzyme dosages on 100 % cotton interlock knitted fabric. This was in order to evaluate certain surface properties such as pilling, friction. and geometrical roughness. Furthermore, the compression and tactile properties of knitted fabric were also analyzed. The results show that treatment conditions with enzyme <i>Trichoderma reesei</i> whole cellulase had the more pronounced effect on the surface properties compared to the enriched EGIII enzymes.
	Objavljeno v	Korean Fiber Society; Fibers and polymers; 2012; Vol. 13, no. 3; str. 371-379; Impact Factor: 0.836;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.821; WoS: QJ, UY; Avtorji / Authors: Jevšnik Simona, Fakin Darinka, Heikinheimo Lea, Stjepanović Zoran	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	

8.Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine²

	Družbeno-ekonomski dosežek		
1.	COBISS ID	16098326	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Nanofunkcionalizacija bombaža s TiO ₂ -SiO ₂ in postopkom barvanja z reaktivnimi barvili
		<i>ANG</i>	Nanofunctionalization with TiO ₂ -SiO ₂ and reactive dyeing of cotton
		Cilj te raziskave je bila preučitev možnost, da se pri postopku barvanja po izčrpalnem postopku istočasno uporabi dodatek paste nanodelcev -	

Opis	SLO	TiO ₂ -SiO ₂ in se na tako pripravljenih materialih izmeri sposobnost blokiranja tkanine pred škodljivimi UV-žarki. Bombažna tkanina je bila obarvana z reaktivnim barvilom Bezaktiv Red S-3B 150% pri koncentraciji barvila 0.1,0.2 ali 0,3% in koncentraciji 0,5% in 3, 6 ali 9% TiO ₂ -SiO ₂ paste pri treh različnih uporabljenih temperaturah (60, 80 ali 98 ° C), v času 70 min. Morfološke strukturne lastnosti koloidnih disperzij in z nano delci obdelane tkanine so bile posnete z vrstičnim elektronskim mikroskopom, UV zaščitne sposobnosti pa smo merili s pomočjo spektrofotometra. Obdelani vzorci so bili tudi barvnometrično ovrednoteni z uporabo CIELAB barvnega sistema. Dobljeni rezultati kažejo, da z vključitvijo TiO ₂ -SiO ₂ nano delcev v barvalni proces barvanja z reaktivnimi barvili poveča funkcionalnost in UV zaščito tako obarvanih tkanin z zanemarljivim negativnega vplivom na barvo (koncentracija in temperatura), kar pomeni, da sta postoka tudi kompatibilna.	
	ANG	The goal of this research was to investigate the possibility of combining the application of TiO ₂ - SiO ₂ nanoparticles and reactive dyeing in one-bath exhaustion procedure in order to enhance fabrics' blocking ability against harmful UV-rays. Cotton fabric was dyed using reactive dye Bezaktiv Red S-3B 150% in concentration of 0.5% owf and 3, 6 or 9% owf TiO ₂ -SiO ₂ paste (0.1,0.2 or 0.3% pure TiO ₂) under three different operational temperatures (60, 80 or 98°C), 70 min. The morphological structures of colloidal dispersion as well as nano-upgraded cotton fabrics were characterized by scanning electron microscopy, and the UV protection ability by spectrophotometry. Treated samples were also colorimetrically evaluated by means of CIE colour system. The obtained results indicate that the incorporation of TiO ₂ -SiO ₂ into the dyebath reactive dyes included brought about an outstanding UV protection functionality of the dyed fabrics with a negligible negative impact on colour depending on nanoparticles concentration and treatment temperature.	
Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci		
Objavljeno v	Faculty of Textile Technology, University of Zagreb; Book of proceedings; 2012; Vol. 1; str. 755-760; Avtorji / Authors: Fakin Darinka, Ojstršek Alenka, Božič Mojca		
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci		
2.	COBISS ID	16339222	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	UV zaščitne lastnosti bombaža, modificiranega s TiO ₂ -SiO ₂ oplaščenimi nanodelci	
	ANG	UV protective properties of cotton modified with TiO ₂ -SiO ₂ core-shell nanoparticles	
Opis	SLO	Namen predstavljene raziskave je bila preučitev UV zaščitnih lastnosti bombažne tkanine, obdelane z različnimi koncentracijami TiO ₂ -SiO ₂ oplaščenimi nanodelci. Nanos koloidnih delcev je bil izveden po postopku izčrpavanja pri različnih pogojih obdelave, pri čemer se je spreminjal čas obdelave, pomožna sredstva, kemikalije, pH in temperatura. Vrednotenje nano modificiranih bombažnih tkanin je potekalo s pomočjo ATR-FTIR spektroskopije in vrstične elektronske mikroskopije. UV-zaščitne lastnosti TiO ₂ -SiO ₂ prevlek in obstojnost le teh na pranje pa smo ocenili z merjenjem UV-A in UV-B transmisije in jih ocenili na podlagi izračuna UV zaščitnega faktorja. Dobljeni rezultati kažejo, da se sintetizirani TiO ₂ -SiO ₂ oplaščenimi nanodelci vežejo z vodikovo vezjo na bombažne tkanine, kjer ustvarijo enakomerno prevleko. Zraven tega prinaša površinska modifikacija z nanodelci izjemne funkcionalne lastnosti, pri tem pa je UV zaščita na bombažni tkanini odvisna predvsem od koncentracije TiO ₂ -SiO ₂ nanodelcev, nanjo pa vpliva tudi sestava kopeli in temperatura obdelave.	

		<p>The purpose of the presented research was to determine UV protective properties of cotton fabric treated with several concentrations of TiO₂-SiO₂ core-shell nanoparticles. Application of nanoparticles' colloidal dispersion was carried-out according to exhaustion procedure with varied operational parameters, i.e. treatment time, auxiliaries, chemicals, pH and temperature. Nano-modified cotton fabrics were characterized by ATR-FTIR spectroscopy and scanning electron microscopy. The UV-blocking ability of TiO₂-SiO₂ coated and washed samples was evaluated by measuring UV-A and UV-B transmittance, and by calculating an ultraviolet protection factor. The obtained results indicated hydrogen bonding of the synthesized TiO₂-SiO₂ core-shell nanoparticles onto the cotton fabrics and equal distribution of nanoparticles through surface. Furthermore, surface modification by nanoparticles brings about an outstanding UV protection functionality of the cotton fabric depending on the concentration of TiO₂-SiO₂ nanoparticles as well as on the bath composition and treatment temperature.</p>	
	ANG		
Šifra	B.03	Referat na mednarodni znanstveni konferenci	
Objavljeno v	University of Zagreb, Faculty of Textile Technology; Magic world of textiles; 2012; Str. 244-249; Avtorji / Authors: Ojstršek Alenka, Božič Mojca, Fakin Darinka		
Tipologija	1.08	Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
3.	COBISS ID	14553878	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Namen predstavljenega dela je bila raziskava dveh kemsko različnih barvil v dveh barvnih tonih, v dveh koncentracijah, ki smo jih uporabili pri procesu barvanja skupaj z različnimi UV absorberji (TiO ₂ , lignin, ekstrakt rdečega bora) in ugotavljali njihov vpliv in zaščitno delovanje v področju UV sevanja na dveh strukturno različnih tkanin izdelanih iz PA in PES vlaken. Iz rezultatov raziskave izhaja, da ima uporaba barvil pomemben vpliv na zaščitne lastnosti materialov, ki se ob sočasni uporabi UV absorberjev in barvil še povečajo in dajejo odlično UV zaščito.	
	ANG	The impact of UV absorbers and dyestuffs on protection against UV radiation	
Opis	SLO	Vpliv UV absorberjev in barvil na zaščito pred UV sevanjem	
	ANG	The purpose of the presented research was to investigate the impact of two chemically different dyestuffs (acid and disperse) in two colours (red and blue) and two concentrations (1 and 4%), together with application of various UV absorbers (TiO ₂ , lignin and extract from pine wood) on blocking properties against UV radiation of two structurally different fabrics made from PA and PES fibres for summer cloths. Study was focused also on colour changes of dyed fabrics after application of different UV absorbers. The obtained results indicated important impact of dyestuffs in concentration of 1% on materials' protective properties. Selected absorbers have also great influence on UPF values and, therefore, the combination of both, absorbers and dyestuffs offer maximum protection to solar UV radiation of studied fabrics.	
Šifra	B.03	Referat na mednarodni znanstveni konferenci	
Objavljeno v	Slovak University of Technology in Bratislava, Faculty of Chemical and Food Technology, Department of Fibres and Textile Chemistry; Fibre-grade polymers, chemical fibres and special textiles; 2010; [6] str.; Avtorji / Authors: Fakin Darinka, Ojstršek Alenka		
Tipologija	1.08	Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
4.	COBISS ID	14467350	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Vpliv globine barve in UV absorberjev na UV zaščitne lastnosti tekstilnih materialov	

		ANG	The effect of colour strength and UV absorbers on UV protection properties of textile materials
Opis		SLO	Cilj te študije je raziskava vpliva barvil in naravnih UV absorberjev še posebej lignina in posameznih derivatov ekstrahiranih iz lesa rdečega bora na UV zaščito posameznih poletnih oblačil. Med temi smo proučili pinosylvin in pinosylvin monometyl eter, ki imata visoke vrednosti absorpcije v UVB področju ter oksidirane hydroxymatairesinole kot je oxo-matairesinol in ArMe.X-lignin ter njihove derivate z visoko absorpcijo pri valovnih dolžinah med 200 in 340 nm, in so pomembni tudi za UVA področje.
		ANG	The aim of the presented paper was to assess the effect of dyes and natural (bio) UV absorbers, particularly lignin and other derivatives extracted from pine wood on UV protection properties of various fabrics for summer cloths. Also, the oxidized hydroxymatairesinols such as oxo-matairesinol, ArMe.X-lignin and their derivatives, which have high absorption capacity in the UVB region, as well as pynosylvines with conjugated double bonds that are important for the UVA region, were examined closely.
Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci		
Objavljeno v	Faculty of Textile Technology, University of Zagreb; Magic world of textiles; 2010; Str. 312-317; Avtorji / Authors: Fakin Darinka, Ojstršek Alenka		
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci		
5.	COBISS ID	15704854	Vir: COBISS.SI
Naslov		SLO	Doseganje UPF lastnosti materialov z ekstraktom rdečega bora
		ANG	Achieve UPF properties of materials with an extract of red pine
Opis		SLO	Izum se nanaša na postopek obdelave različnih tekstilij z raztopino ekstrakta rdečega bora za doseganje odličnih zaščitnih lastnosti pred UV sevanjem. Predlagani postopek temelji na impregnacijskem postopku v etanolu topnega ekstrakta, ki ga za uporabo redčimo z vodo. Pri impregnaciji tkanin na foulardu s koncentracijo 6g/L, pri ožemalnem učinku 70-80%, sušenju 1 min pri 100°C in fiksiranju v času 50 sekund pri 160°C dosežemo na vseh uporabljenih materialih zelo dobro oz. odlično UV zaščito. Prednost obdelave z ekstraktom rdečega bora je v porabi stranskega produkta pri proizvodnji celuloze in v enostavnosti postopka, saj ga je mogoče izvesti na konvencionalni strojni opremi. Tkanine pri tovrstni obdelavi dosežejo razen pri bombažu (zelo dobro) odlično zaščito, oziroma UPF vrednost 50+.
		ANG	Invention is related to treatment of various textiles by solution of red pine extract with the intention to attain excellent UV protective properties. It is impregnation procedure in ethanol dissolved extract. During the impregnation using 6 g/l, at 70-80% squeezing, 1 min drying at 100°C, and 50 s fixation at 160°C, superior UV protection was obtained on diverse materials. Advantage of this procedure in comparison to others is in the fact that the red pine extract is a secondary product during cellulose manufacturing. Also, the procedure is easy to accomplished on conventional machinery. Fabrics, with the exception of cotton, attain an excellent protection with UPF 50+.
Šifra	F.06 Razvoj novega izdelka		
Objavljeno v	Urad RS za intelektualno lastnino; 2011; [6] str.; Avtorji / Authors: Fakin Darinka, Ojstršek Alenka, Božič Mojca		
Tipologija	2.23 Patentna prijava		

9. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁸

Sodelovali smo tudi pri mednarodnem projektu: Lifelong Learning program - Leonardo da Vinci -Innovation Transfer in Textiles, kjer smo soustvarjali izobraževalen program za e-učenje na področju tekstila.

Veliko smo se ukvarjali tudi s čiščenjem odpadnih vod barvarni, kjer ugotavljamo, da lahko kot nosilce biomase uporabimo različne naravne materiale, ki v nasprotju z umetnimi, aktivno sodelujejo pri čiščenju odpadnih vod. V sistemih s pritrjeno biomaso lahko potekajo procesi kot so: filtracija, adsorpcija, ionska izmenjava, tvorba kompleksov, biološka aerobna in anaerobna razgradnja.

V okviru projekta so bile izdelane tri diplome in sicer:

Patricija Murko je izdelala diploma z naslovom "Postopki plemanitjenja za zmanjšanje UV prepustnosti materialov".

Jana Šerod je izdelala diploma z naslovom "Ekstrakt rdečega bora in UV propustnost materialov".

Liljana Luketič je izdelala diploma z naslovom "Obdelave za zmanjšanje UV propustnosti materialov".

10. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁹

10.1. Pomen za razvoj znanosti¹⁰

SLO

Raziskava novih UV absorberjev je pomemben prispevek k temeljnemu znanju o sposobnosti UV absorpcije posameznih snovi, kot so ekstrakti lignina, ki so pokazali visoke vrednosti absorpcije v področju med 200 in 400 nm. Raziskava zajema analizo UV absorpcije lignina in njegovih derivatov ekstrahiranih iz lesa rdečega bora ter razvoj metode aplikacije na vlaknotvorne polimere, kar predstavlja pomemben prispevek na področju raziskav UV zaščitnih materialov.

Ekstrakt je sestavljen iz več komponent med katerimi prevladuje monometil pinosylvin in pinosylvin, hydroxymatairesinoli kot so oxo-matairesinol in ArMe.X-lignin ter njihovi derivati z visoko absorpcijo pri valovnih dolžinah med 200 in 350 nm, posebej pa so za UVA področje pomembni pinosylvini z konjugiranimi dvojnimi vezmi. Dodatno smo preučili UV absorberje, kot so TiO₂, 25% Na₂SiO₃ - 30% TiO₂ in cinkov oksid ter barvila, ki prav tako vplivajo na stopnjo UV zaščite. S projektom smo razvili različne možnosti in metode aplikacije, kot je nanos s pomočjo različnih pomožnih sredstev in aditivov po izčrpalnem in impregnacijskem postopku, raziskali smo njihovo reaktivnost in topnost v različnih medijih in proučili sposobnost sorpcije s pomočjo energije ultrazvoka.

ANG

Development of new UV absorbers are an important contribution to the fundamental knowledge about UV absorption of individual substance such as extract of lignin that was shown high absorbance values in the UV region of 200-400 nm. The research include analysis of UV absorption of lignin and its derivatives extracted from pine wood, and development of application method for fibre-forming polymer materials, which will represent an authentic scientific contribution on the field of textile materials with UV protective properties.

This extract is composed from different components, i.e. mainly from pinosylvine and pinosylvine monomethyl ether, followed by oxo-matairesinol and ArMe.X-lignin and their derivatives with high absorption maximum between wavelength of 200 and 350 nm, and are important also for UVA region. Additionally, TiO₂, 25% Na₂SiO₃ - 30% TiO₂ and zinc oxide as the most common UV absorbers were examined as well as dyestuffs that also impact on UV protective properties. With proposed project we wanted study different application possibilities, according to various exhaustion or impregnation processes using different auxiliaries and additives and ultrasound. Hence, UV absorbers reactivity, solubility and sorption ability we investigated.

10.2. Pomen za razvoj Slovenije¹¹

SLO

Novo pridobljena znanja na področju razvoja in temeljnih raziskav UV absorberjev, ki izhajajo iz naravnih materialov, kot je les, ki se nahaja v naravi, ekstrakti lignina pa

predstavljajo stranski produkt predelave, predstavljajo pomemben potencial za razvoj realnih materialov, ki bodo omogočali zaščito tekstilnim materialom v UV področju. Sposobnost izdelave takšnih materialov pomeni za gospodarstvo proizvodnjo specialnih produktov z višjo dodano vrednostjo, ki imajo glede na škodljive posledice UV žarkov na zdravje ljudi, tudi visok tržni potencial. Pomemben del projekta predstavlja tudi razvoj aplikacije UV absorberjev in s tem razvoj tehnologije obdelave različnih, v poletju najpogosteje uporabljenih, materialov. Iz navedenega izhaja, da ima raziskava velik vpliv tudi na razvoj novih, UV zaščitnih proizvodov v gospodarskih družbah, ki se danes ukvarjajo s proizvodnjo tekstilnih materialov in izdelkov, istočasno pa omogoča tudi proizvodnjo UV absorberjev, katerih osnova je ekstrakt rdečega bora, ostali derivati na osnovi TiO₂. Na podlagi tega lahko zaključim, da ima izvedba tega projekta vpliv na razvoj več panog, posamezne proizvode bo mogoče izdelovati v okviru obstoječih proizvodenj, kakor tudi z ustanovitvijo posebnih obratov.

ANG

The obtained knowledge on the field of development and fundamental research of UV absorbers extracted from wood and lignin absorbers will represent the important potential for development of real textile materials with UV protective properties. Processing of such materials means the production of special products with high added value and with high market potential, because of the harmful UV radiation for people health. The important part of the project will be development of UV absorbers application and consequently development of technology for different textile materials for summer cloths. From the statements above, it could be concluded that the presented project will have significant impact on development of new products in business companies, and thus on progress and successfulness of the society. As mentioned above, the presented research has also an important influence on the development of new UV protective products in the companies, which deal with textile materials and products. At the same time, the production of UV absorbers on the basis on pine wood extract and others derivatives on TiO₂ basis will be feasible. We could conclude that the realization of this project will have an impact on the development of different branches; it will be possible to make individual product in the existential productions as well as in new-established factories.

ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	L2-2279
Naslov projekta	FUNKCIONALIZACIJA VLAKEN Z NANOPREVLEKAMI
Vodja projekta	4171 Majda Sfiligoj Smole
Tip projekta	L Aplikativni projekt
Obseg raziskovalnih ur	4650
Cenovni razred	B
Trajanje projekta	05.2009 - 04.2012
Nosilna raziskovalna organizacija	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	104 Kemijski inštitut 1679 Industrijski razvojni center slovenske predilne industrije - IRSPIN
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.14 Tekstilstvo in usnjarstvo 2.14.01 Tekstilna in tehnična vlakna
Družbeno-ekonomski cilj	06. Industrijska proizvodnja in tehnologija

2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS¹

Šifra	2.10
- Veda	2 Tehniške in tehnološke vede
- Področje	2.10 Nanotehnologija

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Povzetek raziskovalnega projekta²

SLO

V raziskavi smo nadaljevali z razvojem nano-kompozitnih materialov, kjer smo z oblikovanjem nanomaterialov na natančen in kontroliran način tvorili nove materiale inovativnih in različnih lastnosti, kot jih imajo materiali na mikro nivoju. V zadnjem delu

raziskave smo razvijali nanomodificirane tekstilije s vključenim nanodelci hidroksiapatita. Nanokompozite smo oblikovali iz nanovlaken in nanodelcev. Funkcionalizacija vlaknatih materialov z nanovlakni celuloznih derivatov, kot je karboksimetil celuloza CMC, z vgrajenimi bioaktivnimi nanodelci, kot je nano hidroksiapatit nHA, ima pomembno vlogo na področju biomedicinskih aplikacij, predvsem v tkivnem inženiringu. Razvoj postopka izdelave nano CMC vlaken z nHA je potekal v treh stopnjah; in to kot študij priprave nanodelcev, študij priprave nanovlaken ter oblikovanje nanovlaken s vključenimi nanodelci.

Za raziskavo smo uporabili elektrospredena nanovlakna, ki smo jih oblikovali iz raztopine karboksimetilceluloze ter v postopku oblikovanja vlaken dodali predhodno oblikovane nanodelce hidroksiapatita nHA.

Vzporedno smo nadaljevali s proučevanjem netradicionalnih polisaharidnih vlaken. S tem namenom smo proučevali strukturo in sorpcijske lastnosti alternativnih vlaken, kot so npr. vlakna iz quinoe, kopriv, trav, itd. V današnjem času pomen vlaken, ki jih izoliramo iz različnih kmetijskih odpadkov izjemno narašča. Izpostavljajo se predvsem prednosti teh vlaken kot so naravna obnovljivost, bio-razgradljivost in nizka cena, njihova uporabnost pa je pogosto v nanokompozitih.

ANG

The research represents the continuation of nano-composite materials development, i.e. the formation of nano-materials by an exact and controlled method to obtain new materials of innovative and different properties, compared to those materials at micro level. In the last part of the research we developed nano-modified textiles with included hydroxyapatite nano-particles. Nano-composites were prepared from nano-fibres and nano-particles. Functionalisation of textile materials with nano-fibres produced from cellulose derivatives, e.g. carboxymethyl cellulose CMC with incorporated bioactive nano-particles like nano hydroxyapatite nHA, plays an important role in the field of biomedical applications, especially in tissue engineering.

Development of nano-CMC fibres preparation procedure with incorporated nHA particles was conducted on three levels, i.e. (i.)study of nano-particles formation, (ii) study of nanofibres preparation and (iii) formation of nano hydroxyapatite CMC nano-fibres.

For the research nanofibres produced by the electro spinning process of carboxymethyl cellulose solution were used. In the process of fibres formation nano- hydroxyapatite particles nHA were added into the solution.

In addition to, we studied non-traditional polysaccharide fibres. Fibres obtained from alternative plant sources were analysed for their structure and sorption properties. We studied different types of alternative fibres, e.g. fibres from quinoa, grasses and nettle, etc as potential filler for nano-composites preparation. Currently the significance of fibres which are isolated from different agricultural wastes extremely increases. Exposed are mainly advantages of these fibres, like sustainability, bio-degradability and low costs.

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu³

Uspešno smo uvedli metodo priprave nanomodificiranih elektrospredanih nanovlaken. Razvit je bil postopek nanomodifikacije CMC nano vlaken z namenom izdelave medicinskih tekstilij. V raziskavi smo proučili vpliv procesnih parametrov na postopek oblikovanja nanovlaken, nanodelcev in funkcionaliziranih nanovlaken, ter vpliv na funkcionalne lastnosti in na uporabne lastnosti modificiranih materialov.

Za pripravo nanokompozitnih tekstilij smo najprej proučili in optimirali postopek

izdelave CMC nanovlaken. V ta namen smo proučili vpliv procesnih parametrov, kot so vpliv sestave polimerne raztopine, električne napetosti, razdalje med elektrodami, hitrosti vrtenja elektrode, itd. na morfološke značilnosti vlaken in strukturo vlaknate koprene. oblikovanje koprene. Nato smo s postopkom precipitacije oblikovali nanodelce hidroksiapatita, jih analizirali in dispergirali v polimerno raztopino ter oblikovali vlakna. Ker vpliva velikost delcev in njihova porazdelitev na lastnosti modificiranih vlaken, smo proučili pogoje postopka oblikovanja nanodelcev in nanokompozitnih vlaken. Na osnovi rezultatov smo določili optimalne pogoje in nanomodificirano tekstilijo okarakterizirali na osnovi različnih lastnosti. Zelo pomembne so morfološke lastnosti, ki smo jih določili z uporabo vrstične elektronske mikroskopije SEM.

5. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev⁴

Program raziskave za leto 2012 smo uresničili, rezultate raziskave predstavljamo strokovni javnosti v obliki znanstvenih objav (dva izvirna znanstvena članka sta v pripravi) ter na znanstvenih konferencah in simpozijih.

Cilji, ki so bili definirani z delovnim načrtom, so bili v celoti v roku doseženi. Vse načrtovane raziskovalne aktivnosti so bile realizirane.

6. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine⁵

Bistvenih sprememb programa in projektne skupine v letu 2012 ni bilo.

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁶

		Znanstveni dosežek	
1.	COBISS ID	16346134	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Vpliv obdelave vlaken na morfologijo viskoznih vlaken z nHA prevlekami
		ANG	Influence of fibres pre-treatment on morphology of nHA coated viscose fibres
	Opis	SLO	Predstavljeni so biokompatibilni nanokompoziti s plastjo delcev hidroksiapatita na tekstilni površini. Za raziskavo je bila uporabljena netkana tekstilija iz regenerirane celuloze. Pred postopkom nanomodifikacije smo netkano tekstilijo predobdelali alkalno in s plazmo. Proučili smo vpliv predobdelave na postopek oblikovanja prevlek. Predhodna aktivacija tekstilije vpliva na oblikovanje homogene plasti delcev nHA.
		ANG	In the presentation biocompatible nano-composites with a layer of hydroxyapatite on the textile surface were prepared. A nonwoven textile based on regenerated cellulose fibres was used. Before the procedure of nano-modification, textile surface was activated by alkaline and plasma pre-treatment, respectively. The influence of pre-treatment procedure on nano-coating formation was studied. By the activation a homogeneous layer of particles on cellulose fibres was formed, however plasma treated fibres formed a more uniform nano-particles layer.
	Objavljeno v	Department of Textile Materials and Design, Faculty of Mechanical Engineering; Proceedings; 2012; Str. 254-257; Avtorji / Authors: Šegula Adrijana, Kreže Tatjana, Kurečič Manja, Hribernik Silvo, Stana-Kleinschek Karin, Sfiligoj-Smole Majda	
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci		

2.	COBISS ID	16321046	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Polimerni nanokompozitni hidrogeli za čiščenje vode	
		<i>ANG</i> Polymer nanocomposite hydrogels for water purification	
	Opis	<i>SLO</i> Zaradi porasta količine odpadnih organskih spojin v okolju so potrebni učinkovitejši adsorbenti. Zaradi svoje visoke specifične površine in ker so naravne glinice okolju prijazen material, se glinice pogosto uporabljajo za adsorpcijo in odstranjevanje organskih onesnaženosti. Kadar se uporabljajo za čiščenje vode, jih navadno uporabljamo kot razpršene adsorbente. Da bi se izognili problemu odstranjevanja glinice iz čiste prečiščene vode, kar je zelo težko, se uporabljajo nanokompoziti iz glinice in polimernih hidrogelov. V prispevku smo predstavili postopke priprave nanokompozitov glina/polimerni hidrogel za adsorpcijo barvil. Opisali smo strukturne in funkcionalne lastnosti nanokompozitov in pogoje za doseganje razplastenih in vrinjenih glinica – hidrogel struktur (npr. tip in koncentracija glinenih delcev, dispergator, monomer, koncentracija zamreževalca in postopek sušenja, itd). Proučevali smo še funkcionalne lastnosti nanokompozitov v odvisnosti od procesa njihove priprave.	
		<i>ANG</i> Due to increasing quantities of waste organic compounds in the environment more efficient adsorbents are needed. Recently clays are widely used for the adsorption and removal of organic pollutants due to their high specific surface area and because clays are natural environmental-friendly materials. Usually clay minerals are applied as dispersed adsorbents when used for water purification. To avoid the problem of removing clays from clean purified water, which is very difficult, nanocomposite clay/polymer hydrogels are used. Therefore, this review is focused on preparation and characterization methods of nanocomposite clay/polymer hydrogels used for adsorption of dyes. Structures and functionalities of nanocomposites are described and conditions (e.g. clay particle type and concentration, dispersing medium, monomer, cross-linker concentrations, and drying procedure, etc.) for achieving exfoliated and intercalated clay – hydrogel structures are discussed. In addition to functional properties of nanocomposites conditioned by the nanocomposite preparation process are studied.	
	Objavljeno v	InTech; Nanocomposites - new trends and developments; 2012; Str. 161-185; Avtorji / Authors: Kurečič Manja, Sfiligoj-Smole Majda	
	Tipologija	1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji	
3.	COBISS ID	16097558	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Nanokompozitna membrana z zapolnjenimi porami za razbarvanje odpadnih vod	
		<i>ANG</i> Nanocomposite pore-filled membranes for decolouration of waste water	
	Opis	<i>SLO</i> Raziskava je bila osredotočena na pripravo tri komponentne nanokompozitne membrane z zapolnjenimi porami sestavljene iz mehkega hidrogela, nanodelcev in mikroporoznega substrata. In-situ polimerizacija nanokompozitnih hidrogelov znotraj por PP membran predstavlja uporabno metodo, ki izjemno izboljša filtrirne značilnosti nanokompozitnih membran. Za doseganje popolnega pokritja por polipropilenske membrane s nanokompozitnim hidrogelom smo uporabili različna omakalna sredstva in metode. Optimalen postopek smo proučevali z merjenjem količine hidrogela v membrani in hidrofobno/hidrofobnih lastnosti membrane. Učinkovitost filtracije nove kompozitne membrane smo določili z uporabo ultrafiltracijske celice. Stopnjo razbarvanja kislega barvila C.I. Acid Orange 33 smo določili z uporabo UV / VIS spektroskopije.	
			Our research was focused on the preparation of three component

			nanocomposite pore-filled membrane composed of a soft hydrogel, nanoparticles and microporous substrate. In-situ polymerization of nanocomposite hydrogels inside the PP membrane pores represents a useful method, which yields nanocomposite membrane with exceedingly improved filtration properties. For achieving a full coverage of polypropylene membrane pores with nanocomposite hydrogel, we used different wetting agents and methods. Optimal procedure was studied by measuring the amount of hydrogel in the membrane and hydrophilic/hydrophobic character of the membrane. Filtration efficiency of the new composite membrane was defined using an ultrafiltration cell. Decolouration degree of acid dye C.I. Acid Orange 33 solution was determined using UV/VIS spectroscopy.
	Objavljeno v	Faculty of Textile Technology, University of Zagreb; Book of proceedings; 2012; Vol. 1; str. 311-314; Avtorji / Authors: Kurečič Manja, Sfiligoj-Smole Majda	
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
4.	COBISS ID	16561942	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Naravno obnovljiva rastlinska tekstilna vlakna
		ANG	Sustainable plant textile fibres
	Opis	SLO	V zadnjem času pa izjemno narašča zanimanje za obnovljive surovinske vire tudi na področju vlaken. V ospredju so vlakna rastlinskega izvora. Pri iskanju novih surovinskih virov se proučujejo številne rastline, ki ne spadajo med tradicionalne vire vlaken, da bi iz njihovih stebel ali listov izolirali vlakna uporabnih lastnosti. Pri izolaciji vlaken pridobimo tehnična vlakna, kar pomeni, da so celulozna vlakna večcelične strukture, pri katerih so posamezne celice vezane v snopiče. Poleg konvencionalnih načinov izolacije vlaken se uporabljajo tudi številni sodobni postopki, kot so biotehnoški z uporabo encimov, itd. Način, kako vlakna izoliramo, vpliva na površinsko morfologijo vlaken. V prispevku so predstavljena nekatera vlakna, ki jih pridobivamo iz kmetijskih odpadkov, kot so slama žitaric, listi ananasa, sladkorni trs, hmeljeva stebela, kinoa, vlakna iz različnih trav itd.
		ANG	A review of some untraditional fibres is given in the paper. Technical fibres are mainly obtained with fibre isolation, which means that cellulose fibres are multicellular structures with individual cells bound into fibre bundles. Different retting processes can be performed in both acid and alkaline mediums, respectively, and with an enzymatic treatment. The used procedure influences the fibre surface morphology. Some biofibres from agricultural by-products, e.g. wheat straw, pineapple leaves, sugarcane bagasse, hop stems, Musaceae plants, quinoa etc are introduced. In addition, the fibres from different grass and legume species and from sea grass are presented in the article.
	Objavljeno v	Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za tekstilstvo; Tekstilec; 2012; Vol. 55, no. 4; str. 302-313; Avtorji / Authors: Gašparič Petra, Urisk Zala, Križanec Andreja, Munda Marko, Hribernik Silvo, Kurečič Manja, Kreže Tatjana, Sfiligoj-Smole Majda	
	Tipologija	1.02 Pregledni znanstveni članek	
5.	COBISS ID	15778070	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Funkcionalni polisaharidni kmpozitni nanodelci iz celuloznega acetata in njihova potencialna uporaba
		ANG	Functional polysaccharide composite nanoparticles from cellulose acetate and potential applications
		V prispevku je predstavljena in situ metoda za pripravo nanodelcev iz	

Opis	SLO	hidrofobnega celuloznega acetata in hidrofilnih polisaharidov z uporabo nanoprecipitacije. Ta metoda omogoča, da lahko načrtujemo površinske lastnosti nanodelcev zelo specifično. Sferični nanodelci različnih velikosti, nabojev, funkcionalnosti so bili oblikovani iz hidroksietil celuloze, karboksimetil celuloze, nizko molekularnega hitozana in aminoceluloze. Dokazan je bil vpliv pH in vsebnosti hidrofilnega polisaharida. Velik potencial in situ pripravljenih kompozitnih nanodelcev je v farmacevtski industriji za nosilce hidrofobnih snovi v vodnih medijih in za specifične površinske modifikacije.
	ANG	An in situ technique for preparing composite nanoparticles from hydrophobic cellulose acetate and hydrophilic polysaccharides using nanoprecipitation is presented. This technique allows the nanoparticles' surface properties to be tuned very specifically. Spherical, narrow-size-distributed composite nanoparticles of different size, charge, functionality, and increased stability can be generated by using hydroxyethyl cellulose, carboxymethyl cellulose, low molecular weight chitosan, and amino cellulose. The influence of the pH and hydrophilic polysaccharide content in the particle formation is shown. The pH- and ionic strength- effective zeta-potential functions are evidence of the presence of functional polysaccharides at the nanoparticle surface. The in situ technique is compared with the adsorption of hydrophilic polysaccharides onto cellulose acetate nanoparticles in two steps. The great potential of in situ prepared composite nanoparticles in the pharmaceutical industry and bio- or food technology, as carriers of hydrophobic substances in aqueous media and for specific surface modifications, e.g., to selectively introduce strong antimicrobial properties, is illustrated.
Objavljeno v		Wiley Interscience; Advanced functional materials; 2012; Vol. 22, iss. 8; str. 1749-1758; Impact Factor: 10.179; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.27; A": 1; A': 1; WoS: DY, EI, NS, PM, UB, UK; Avtorji / Authors: Kulterer Martin R., Reichel Victoria, Kargl Rupert, Köstler Stefan, Sarbova Velina, Heinze Thomas, Stana-Kleinschek Karin, Ribitsch Volker
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine⁷

	Družbeno-ekonomski dosežek		
1.	COBISS ID	16158742	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Postopek izdelave nanokompozitne ultrafiltracijske membrane z vključenimi delci mineralov glin za čiščenje odpadnih vod	
	ANG	Preparation procedure of nanocomposite ultrafiltration membrane with incorporated clay particles for waste water treatment	
Opis	SLO	Izum se nanaša na postopek izdelave nanokompozitne ultrafiltracijske membrane z vključenimi delci mineralov glin, ki imajo veliko aktivno površino ter odlično sposobnost adsorpcije različnih onesnaževal iz odpadnih vod. Predlagani postopek zajema predobdelavo PP membrane v acetonu ter omakanje mokre membrane z raztopino monomera z dispergiranimi O-MMT delci (organsko modificiran montmorilonit) z obdelavo v ultrazvoku. Sledi in-situ polimerizacija nanokompozitnega hidrogela v porah PP membrane s pomočjo UVA svetlobe. Po opisanem postopku je celotna površina membrane prekrita s hidrogelom oz. hidrogel polimerizira tudi v notranjosti PP membrane. Mehanizem odstranjevanja onesnaževal iz odpadne vode je v tem primeru kombinacija filtracije in adsorpcije, zaradi česar je učinek čiščenja večji	

		kot v primeru komercialnih ultrafiltracijskih membran, kjer se onesnaževala na membrani zadržijo le mehansko.	
	ANG	The invention is related to the manufacturing process of nano-composite ultra-filtration membranes with included particles of clay minerals. These particles have a large active surface area and excellent ability to adsorb various pollutants from wastewater. The proposed procedure includes pre-treatment of PP membrane in acetone and soaking wet membrane with a solution of monomer dispersed O-MMT particles (organically modified montmorillonite) by treatment with ultrasound followed by in-situ polymerization of nano-composite hydrogel in the pores of PP membrane using UV light. By the described procedure, the total area of membrane is covered with hydrogel on the surface and inside the PP membrane pores. The mechanism of pollutant removal from wastewater in this case is a combination of filtration and adsorption, resulting in greater treatment effect than in the case of commercial ultra-filtration membranes, where contaminants in the membrane are retained only mechanically.	
	Šifra	F.06	Razvoj novega izdelka
	Objavljeno v	Urad RS za intelektualno lastnino; 2012; [8] str.; Avtorji / Authors: Kurečič Manja, Sfiligoj-Smole Majda, Ojstršek Alenka, Hribernik Silvo, Stana-Kleinschek Karin	
	Tipologija	2.23	Patentna prijava
2.	COBISS ID	15883286	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Metoda predobdelave regeneriranih celuloznih vlaken
		ANG	A method for pre-treatment of regenerated cellulose fibres
	Opis	SLO	Izum se nanaša na postopek kemijsko fizikalne predobdelave regeneriranih celuloznih vlaken z namenom priprave vlaken za bolj učinkovito naknadno površinsko modifikacijo vlaken. Predlagani postopek aktivacije vlaken zajema nabrekanje vlaken v vodni raztopini natrijevega hidroksida pri sobni temperaturi in sušenje nabreklih vlaken z zmrzovanjem (liofilizacijo), ki prepreči nastanek hornifikacije. Z zmrzovanjem vzorca dosežemo delno dehidracijo vzorca, utrjevanje vzorca in oblikovanje morfoloških značilnosti vzorca. Sušenje z zmrzovanjem daje produkte s porozno, odprto strukturo, zaradi česar se poveča učinkovitost postopkov barvanja/plemenitenja vlaken. .
		ANG	The invention refers to the procedure of chemical-physical pre-treatment of regenerated cellulose fibres with the aim to prepare fibres for an efficient surface modification. The suggested procedure includes fibres swelling in NaOH water solution at room temperature and drying of swollen fibres by freeze drying (lyophilisation). Thereby the hornification process is prevented. Freeze drying leads to a porous, open structure which influences the efficiency of dyeing or finishing processes of fibres.
	Šifra	F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije
	Objavljeno v	Urad RS za intelektualno lastnino; 2012; [10] str.; Avtorji / Authors: Hribernik Silvo, Sfiligoj-Smole Majda, Veronovski Nika, Kurečič Manja, Stana-Kleinschek Karin, Ojstršek Alenka	
	Tipologija	2.23	Patentna prijava
3.	COBISS ID	71085569	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Uredništvo zbornika recenziranih znanstvenih prispevkov na mednarodni konferenci
		ANG	Editorial Board of reviewed scientific papers proceeding of an international conference
	Opis	SLO	Predsedovanje znanstvenemu odboru mednarodne konference Fibre-grade polymers, chemical fibres and special textiles, 7th Central

		European conference 2012, Portorose 2012.
	ANG	Chair of the scientific board of the international conference Fibre-grade polymers, chemical fibres and special textiles, 7th Central European conference 2012, Portorose 2012.
Šifra	C.01	Uredništvo tujega/mednarodnega zbornika/knjige
Objavljeno v	Department of Textile Materials and Design, Faculty of Mechanical Engineering; 2012; 1 optični disk (CD-ROM); Avtorji / Authors: Sfiligoj-Smole Majda, Vončina Bojana, Kurečič Manja, Kreže Tatjana	
Tipologija	2.31	Zbornik recenziranih znanstvenih prispevkov na mednarodni ali tuji konferenci

9. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁸

<p>Uredniški odbor revije Tekstilec - Tekstilec. Sfiligoj Smole, Majda (urednik 2007-2012). Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za tekstilstvo, 1973-. ISSN 0351-3386. [COBISS.SI-ID 763396]</p> <p>Predstavitev rezultatov na strokovni konferenci KUREČIČ, Manja, SFILIGOJ-SMOLE, Majda. Elektropredenje : metoda izdelave nanovlaken = Electrospinning : method for the preparation of nanofibers. V: SIMONČIČ, Barbara (ur.), GORJANC, Marija (ur.). 43. simpozij o novostih v tekstilstvu, Tekstilna obzorja, Ljubljana, 7. junij 2012. Tekstilna obzorja : zbornik izvlečkov. Ljubljana: Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za tekstilstvo, 2012, str. 16. [COBISS.SI-ID 16044310]</p> <p>Poglavje v monografiji v postopku tiska : PLANT FIBRES FOR TEXTILE AND TECHNICAL APPLICATIONS InTech; Advances in Agrophysical Research; 2013; Avtorji / Authors: M. Sfiligoj Smole, S.Hribernik, K Stana Kleinschek, T. Kreže http://dx.doi.org/10.5772/52372</p>
--

10. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁹

10.1. Pomen za razvoj znanosti¹⁰

SLO

<p>Rezultati raziskave predstavljajo prispevek na področju funkcionalizacije polimernih materialov z nanotehnologijo. Z vključevanjem celuloznih materialov kot naravno obnovljivih surovin pa se raziskava uvršča tudi na področje trajnostnega razvoja.</p> <p>Prispevek na področju novih znanstvenih spoznanj vključuje predvsem: razvoj novih nano-modificiranih vlaken (samočistilna, vlakna nižje gorljivosti, zaščitna vlakna, vlakna za tkivni inženiring, itd.), definicijo povezav med notranjo strukturo regeneriranih celuloznih vlaken in pogoji predobdelave vlaken ter njihovimi lastnostmi, optimiranje postopkov predobdelav, optimiranje postopkov oblikovanja nanodelcev različne funkcionalnosti, optimiranje postopkov priprave nanoprevlek najvišje učinkovitosti, natančno okarakteriziranje lastnosti nano-modificiranih vlaken.</p>

ANG

<p>The research results will contribute to the knowledge about the functionalization of polymeric materials with nanotechnology. By integrating cellulosic materials such as natural renewable raw materials, the survey also ranks in the field of sustainable development.</p> <p>Contribution is in the field of new scientific knowledge, in particular: (i) the development of new nano-modified fibers (self-cleaning, fibers for EMS protection, fibers for tissue</p>

engineering, etc.), (ii) the definition of the relationships between the supramolecular structure of regenerated cellulose fibers and fiber pre-treatment conditions and properties, (iii) optimization of pre-treatment procedures, (iv) optimization of nanoparticles of different functionality design, (v) optimization of preparation of nanocoatings of highest efficiency, (vi) detailed characterization of nano-modified textiles.

10.2. Pomen za razvoj Slovenije¹¹

SLO

Raziskave materialov, ki zagotavljajo proizvodnjo izdelkov višje dodane vrednosti pozitivno vplivajo na tržno konkurenčnost slovenskih proizvajalcev in s tem tudi na slovensko gospodarstvo.

V zadnjih letih smo v Evropski Uniji pričali nenehnim spremembam in prilagajanju novim razmeram, ki jih pogojujejo globalizacijski tokovi na področju proizvodnje in trženja tekstilnih in oblačilnih izdelkov. Slovenska tekstilna in oblačilna podjetja bodo na evropskih in svetovnih trgih dosegala svojo konkurenčnost le z nenehnim prilagajanjem novo nastalim razmeram. Prestrukturiranje podjetij pa bo uspešno le ob intenzivnejšem vključevanju novih sodobnih visokozahtevniških tekstilnih materialov. Materiali, katerih razvoj je potekal v okviru projekta, vsekakor sodijo med izdelke visoke dodane vrednosti in so zato izjemno koristni za slovenski gospodarski prostor.

ANG

Research projects of materials leading to production of high added value products positively influence the market competitive position of the Slovene producers. Thereby the Slovene economy is positively influenced as well.

In recent years we are observing in the European Union constant change and adaptation to new conditions, caused by global flows in the manufacturing and marketing of textile and apparel products. Slovenian textile and clothing companies are in the European and global markets reaching their competitiveness only through continuous adaptation to the new circumstances. Materials, that are developed in the project are products of high added value and are therefore extremely useful for the Slovenian Economic Area

ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	Z2-2064
Naslov projekta	Kompaktni vlaknotvorni polimeri v sistemih biološkega čiščenja odpadnih vod - opredelitev interakcije in uporabnost
Vodja projekta	22407 Alenka Ojstršek
Tip projekta	Zt Podoktorski projekt - temeljni
Obseg raziskovalnih ur	3400
Cenovni razred	A
Trajanje projekta	09.2010 - 04.2012
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

2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS¹

Šifra	2.05
- Veda	2 Tehniške in tehnološke vede
- Področje	2.05 Materiali

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Povzetek raziskovalnega projekta²

SLO

Zaradi reševanja perečega ekološkega onesnaževanja okolja, vedno bolj zaostrene zakonodaje na tem področju ter globalizacije okoljske problematike, je bilo v zadnjih dveh desetletjih opravljenih veliko raziskav na področju čiščenja odpadnih vod ter posledično varovanja podtalnic, vodnih virov in različnih ekosistemov. Zelo problematične so

predvsem industrijske odpadne vode z zelo specifično in kompleksno sestavo, ki je pogojena z vrsto, obsegom in sezonskim nihanjem proizvodnje. Naraščajoče ogrožanje vodnih in obvodnih virov na eni strani ter stroškovno in konstrukcijsko zahtevni postopki saniranja odpadnih vod na drugi strani spodbujajo raziskave in razvoj inovativnih, cenejših in okolju prijaznejših rešitev, kamor spada tudi bioremediacija. Pri bioremediaciji / biofiltraciji biomasa statična miruje - je pritrjena na nosilni material, medtem ko se obdelovana tekočina giblje - teče skozi biofilter. Izbor nosilnih materialov je odvisen od vrste faktorjev kot so odpornost proti mikrobni razgradnji, čvrstost, površinske lastnosti, cene materiala in vrste odpadne vode. V predstavljenem projektu smo zato predlagali razvoj kompaktnih vlaknotvornih polimerov, ki delujejo kot filtri in/ali nosilci za različne vrste mikroorganizmov - njihovo vlogo, interakcije in učinkovitost za odstranjevanje različnih onesnaževal, ki so najpogosteje vzrok za onesnaženje tal in voda v Sloveniji. Namen predstavljenega projekta je bil raziskati možnost čiščenja odpadnih vod z različnimi vlaknotvornimi polimeri, kot specifičnimi nosilci biomase v bioloških sistemih s pritrjeno biomaso glede na vrsto med seboj neodvisnih spremenljivk (različne odpadne vode, vrsta in lastnosti vlaknotvornih polimerov, hidrološke spremenljivke, itd.), s poudarkom na dovolj enostavnem, poceni, okolju prijaznem in učinkovitem postopku, kar je v skladu s ključnimi okoljskimi cilji in z razvojnimi prioritetami države, opredeljenimi v Strategiji razvoja Slovenije. Pomembno je bilo izbrati kompaktne vlaknotvorne polimerne materiale z ustreznimi kemijskimi karakteristikami, fizikalno-mehanskimi lastnostmi (prepustnost, teža, pretržna trdnost, gostota, velikost por, površinska struktura, itd.) in odpornostjo na biološko in kemijsko razgradnjo. Preučili smo tudi prirast mikroorganizmov in možnost imobilizacije mikroorganizmov na nosilne polimerne materiale za povečanje učinka čiščenja, kot tudi kinetiko procesa odstranjevanja onesnaževal iz sistema.

ANG

Because of the urgent need to solve environmental pollution problems, more restrictive legislation in this field and globalisation of the environmental problems, there has been plenty of researches in the field of wastewater treatment over the past two decades and, consecutively, on the protection of underground waters, water sources and other different ecosystems. Very problematic are above all industrial wastewaters with very specific and complex composition, which are conditional on type, extent and seasonal oscillation of production. Major pollution of water and waterside sources on the one hand and the construction and high price of improving sanitary conditions on the other hand, have stimulated research and the development innovative, cheaper and environmentally-friendly solutions such as bioremediation. In fixed-bed reactors the microbial biomass is static - immobilized to the bedding material, while the treated fluid is mobile - it flows through the system. The selection of a bedding material depends on many factors including resistance to microbial degradation, mechanical strength, surface characteristics, the cost of the material, the type of reactor and the composition of wastewater. Therefore, in the presented project we were proposed the selection of suitable synthetic fibre-forming polymers and/or the development of compact textiles, which were operated as filters and support materials for various microorganisms' growth - their application, interactions, and efficiency for the reduction of various pollutants. The aim of the presented project was to demonstrate the feasibilities of different fibre-forming polymer materials, as specific biomass supports packed in fixed-bed biological systems, for wastewater treatment regarding various mutually-independent variables (diverse wastewaters, type and properties of fibre-forming polymer materials, hydrological parameters, system characteristics, etc.) with emphasis on simple, low-cost, environmentally-friendly and efficient treatment procedure, which is in accordance with the fundamental environmental goals, and with the priority of development, determined within the Slovenian development strategy (Strategija razvoja Slovenije). It was important to select such compact fibre-forming polymer materials with appropriate chemical characteristic, physical-mechanical properties (permeability, weight, breaking strength, density, pore size, surface structure, etc.) and resistance to biological and chemical degradation. In addition, the investigation of microorganism's self-attachment (attached growth) and the artificial immobilization of microorganisms onto the polymer bedding

material was accomplished, thus producing better treatment efficiency as well as the kinetic aspect of pollutant removal from the system.

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu³

Eksperimentalna izvedba projekta je potekala v primerno opremljenih laboratorijih Fakultete za strojništvo v Mariboru, na Inštitutu za inženirske materiale in oblikovanje v treh delovnih sklopih po posameznih aktivnostih v skladu z zastavljenimi cilji programa raziskovalnega projekta.

Na osnovi pregleda relevantne znanstvene in strokovne literature ter analize obstoječega stanja na področju odstranjevanja različnih onesnaževal iz odpadne vode smo pripravili nabor možnih kompaktnih vlaknotvornih tekstilij, ki smo jih uporabili kot filtre in/ali nosilne materiale v biološkem postopku čiščenja odpadnih vod. Zaradi delovanja materialov v bioloških sistemih, morajo biti le ti odporni na biološko razgradnjo, mehansko obrabo in različna onesnaževala. Za raziskavo smo izbrali štiri različne tekstilne materiale, dve tkanini iz poliamida in poliestra ter dve netkani tekstiliji izdelani po termičnem postopku iz PP preje (30% Trevos and 70% Danaklon, 2.2 dtex) in dvokomponentne PP/PE preje (Danaklon ES-C, 2.2 dtex). Izbranim tekstilijam smo v **prvem delovnem sklopu** projekta določili fizikalno-mehanske lastnosti kot so debelina, teža, pretržna trdnost, raztezek pri pretrgu, elastičnost in zračna prepustnost. Za analizo strukture tekstilnih materialov smo uporabili FT-IR metodo, površinsko aktivnost in hidrofilitnost/hidrofobnost vlaken pa smo okarakterizirali z merjenjem elektroforetične mobilnosti (Zeta potencial) in stičnega kota. Ker mora biti za učinkovito prirast biomase na razpolago dovolj velika in strukturirana površina s porami, ki omogoča nemoten pretok odpadne vode skozi sistem, smo materialom izmerili površino por/mm², delež površine por v %, obseg por v mm, ter število por/mm s pomočjo AxioTech 25 HD (+pol) mikroskopa (Zeiss), opremljenega z AxioCam MRc (D) kamero visoke ločljivosti ter KS 300 Re. 3.0 softwar-om. Določali smo tudi sposobnost adsorpcije in filtracije različnih onesnaževal na izbrane tekstilije v odvisnosti od pH, temperature, časa ter vrste in količine onesnaževala. Ugotavljali smo mikrobiološko odpornost s preskusom zakopavanja v zemljo po standardu SIST EN 12225:2001, kakor tudi odpornost proti kislim in alkalnim tekočinam po standardu 14030:2002.

V **drugem delovnem sklopu** je sledila izvedba eksperimentalnega dela na konstrukcijsko različnih laboratorijskih biofiltrih, napoljenih s kombinacijo peska ali zeolitnega tufa in izbranimi kompaktnimi vlaknotvornimi materiali (iz DS 1) v plasteh glede na različne vhodne parametre (obremenitev, količina in sestava odpadne vode) in hidravlične spremenljivke (pretok, zadrževalni čas, čas trajanja posameznega eksperimenta). Za primerjalno študijo smo eno kolono napolnili samo s peskom, kot najpogosteje uporabljenim nosilcem biomase v naravnih sistemih čiščenja. Pripravili smo tri različne obarvane odpadne vode s kemijsko različnimi barvili, ki so po sestavi podobne odpadnim vodam tekstilne industrije ter tri kontrolne odpadne vode brez barvil. Sestava odpadnih vod: 1) 0,03 g/L barvilo Reactive Black 5, 0,3 g/L sekvestirno sredstvo, 0,3 omakalno/odzračevalno sredstvo, 0,2 g/L NaCl in 0,3 mL/L NaOH (32%) za pH 9-10 - simulira odpadno vodo barvarne celuloznih materialov; 2) 0,03 g/L barvilo Acid Orange 33, 0,05 mL/L egalizirno sredstvo, 0,1 mL/L pH-regulator, 0,2 g/L (NH₄)₂SO₄, 0,07 mL/L CH₃COOH (80%) - simulira odpadno vodo barvarne volnenih materialov; 3) 0,03 g/L Acid Blue 158, 0,1 mL/L egalizirno sredstvo, 0,1 mL/L H₂SO₄ za pH 2-2,3 - simulira odpadno vodo barvarne volnenih in PA materialov. Vode so tekle skozi kolone napolnjene z različnimi materiali z različnim pretokom; s tem smo spreminjali tudi obremenitev z organskimi onesnaževali/barvilom, kot tudi zadrževalni čas. Pogoje v sistemih smo spremljali z merjenjem temperature, oksidacijsko redukcijskega potenciala in raztopljenega kisika. Učinek čiščenja s posamezno kombinacijo materialov smo zasledovali dnevno, razen sobot, nedelj in praznikov, z merjenjem parametrov onesnaženja kot so TOC, pH, električna prevodnost in absorbanca pri maksimalni valovni dolžini za posamezno barvilo. Iz absorbanca smo izračunali tudi spektralni absorpcijski

koeficient (SAK), ki je pokazatelj obarvanosti odpadnih vod, pri treh valovnih dolžinah, 436, 525 in 620 nm. Izvajanje monitoringa oz. metodologija vzorčenja je potekala po predpisanih standardiziranih metodah usklajenih s slovensko in evropsko zakonodajo /Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18th edition, New York 1992, APHA//Ur.l. RS, 2007//Directive EEC, 1991//. Določili smo tudi učinkovitost odstranjevanja barvil in organskih onesnaževal v odvisnosti od organske obremenitve in zadrževalnega časa. Ugotovili smo, da v sistemih, ki so napolnjeni s kombinacijo peska in netkanimi (PP ali bikomponentnimi PP/PE) tekstilijami, znaša stopnja razbarvanja do 71%, TOC vrednosti pa so nižje tudi za 67%, odvisno od vrste odpadne vode in zadrževalnega časa. V kontrolni koloni s peskom se tako obarvanost kot TOC znižata maksimalno za 30%. Večji je zadrževalni čas in manjša je organska obremenitev sistema, večji je učinek čiščenja. Biofilter kaže izrazito puferno sposobnost ne glede na uporabljen nosilec, medtem ko se količina soli v sistemu ne znižuje, v določenih primerih celo narašča. PA in PES tkanini sta manj primerni za biološke sisteme čiščenja, ker sta manj porozni, stopnja adsorpcije in filtracije je nižja ter prirast biomase manjši.

Kompaktne tekstilije smo po koncu delovanja sistemov oz. biofiltracije tudi okarakterizirali z določanjem fizikalno-mehanskih lastnosti kot so prepustnost, debelina, teža, natezna trdnost, pretržna trdnost, razteznost, površinski naboj, itd. Iz razlike v težah smo določili skupno količino biofilma na posameznem nosilcu v odvisnosti od vhodnih parametrov ter položaja nosilca v biofiltru oz. različnih pogojev v sistemu (na vrhu, na sredini in na dnu).

Materialom smo po končanih preskusih izmerili površino por/mm², delež površine por v %, obseg por v mm, ter število por/mm s pomočjo AxioTech 25 HD (+pol) mikroskopa (Zeiss), opremljenega z AxioCam MRc (D) kamero visoke ločljivosti ter KS 300 Re. 3.0 softwar-om, s čimer smo ugotavljali, za koliko se je zmanjšala površina por po določenem času delovanja sistemov v odvisnosti od položaja nosilcev v sistemu ter vhodnih parametrov. Določali smo tudi sposobnost adsorpcije in filtracije različnih soli (NaCl, sečnina, natrijev sulfat) v štirih različnih koncentracijah (6, 12, 18 in 24 g/L) na izbrane tekstilije. Boljšo sposobnost adsorpcije in filtracije smo dosegli pri obeh netkanih tekstilijah, med 18 in 23%, medtem ko je bila stopnja adsorpcije oz. filtracije soli na PA in PES tkaninah med 2 in 4%, odvisno od količine in vrste soli. Najslabše se je adsorbiral natrijev sulfat. S preskusom zakopavanja v zemljo po standardu SIST EN 12225:2001 smo preučili tudi mikrobiološko odpornost tekstilnih materialov. Po šestih mesecih in pol se izbrani materiali niso razgradili, razen v primeru netkane tekstilije, ki je bila izdelana iz bikomponentne preje (PP jedro oplaščeno s PE), kjer je bila stopnja razgradnje (določena iz razlike v masi) 26,2%, kar smo potrdili tudi z elektronskim mikroskopom.

V **tretjem delovnem sklopu** smo vse rezultate kemometrično razvrstili pri čemer smo uporabili osnovne statistične metode za določanje povprečne vrednosti in mediane, standardnega odmika, relativnega standardnega odmika, maksimalne in minimalne vrednosti izmerjenih spremenljivk in njihovih medsebojnih korelacijskih koeficientov ter metodo glavnih osi (PCA). Metoda glavnih osi je kemometrična tehnika multivariantne analize, s katero iz množice podatkov izluščimo tiste, ki nam dajo največ informacij o stanju naših preiskovanih vzorcev. Pred izvedbo same metode smo podatke najprej normalizirali, tako so bili neodvisni od enot, v katerih so bili podani. Določili smo največji in najmanjši vpliv posamezne spremenljivke in pristopa na učinek čiščenja ter najučinkovitejši sistem čiščenja, ne glede na sestavo odpadne vode.

5. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev⁴

V eksperimentalnem delu raziskovalnega projekta smo izvedli vse aktivnosti ter realizirali zastavljene raziskovalne cilje predvidene v okviru projekta. Raziskovalno delo smo izvajali glede na organizacijsko shemo projekta. Delo smo pričeli s preučevanjem novejših strokovne in znanstvene literature s področja odstranjevanja različnih onesnaževal iz odpadne vode s poudarkom na vlaknotvornih sintetičnih materialih. Nadaljevali smo z izborom in analizo tekstilij, ki smo jih kasneje uporabili kot filtre in/ali nosilne materiale v bioloških sistemih čiščenja odpadnih vod s pritrjeno biomaso. Uspešno smo uvedli nov

postopek razbarvanja in odstranjevanja organskih onesnaževal iz obarvanih odpadnih vod s specifičnimi nosilci biomase v odvisnosti od različnih vhodnih in hidravličnih spremenljivk. Tekstilije, ki smo jih uporabili kot filtre in/ali nosilne materiale za čiščenje različnih odpadnih vod smo, po daljšem delovanju biološkega sistema ponovno okarakterizirali z merjenjem prepustnost, debeline, teže, natezne trdnosti, pretržne trdnosti, razteznosti, etc. Določili smo tudi skupno količino biofilma na posameznem nosilcu v odvisnosti od vhodnih parametrov ter položaja nosilca v biofiltru, kar smo potrdili z določanjem površinskih lastnosti na elektronskem mikroskopu. Preučevali smo adsorpcijo in filtracijo različnih soli v različnih koncentracijah na izbrane tekstilije, kot tudi njihovo mikrobiološko odpornost. Ovrednotili smo vpliv vhodnih parametrov, hidravličnih spremenljivk, konstrukcije biofiltra ter vrste in lastnosti vlaknotvornih polimernih materialov na zmanjšanje onesnaževal z uporabo različnih kemometričnih metod kot so osnovne statistične metode za določanje povprečne vrednosti in mediane, standardnega odmika, relativnega standardnega odmika, maksimalne in minimalne vrednosti izmerjenih spremenljivk in njihovih medsebojnih korelacijskih koeficientov ter izbrane tehnike multivariantnih analiz (računalniški programi) kot so metoda glavnih osi (PCA) in linearna diskriminantna analiza.

6. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine⁵

Ni odstopanj od predlaganega in načrtovanega programa.

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁶

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	16030486	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Optimiranje odstranjevanja barvil in organskih onesnaževal iz tekstilnih odpadnih vod obdelanih z UV/H ₂ O ₂ z Plackett-Burman-ovim faktorjskim načrtom	
	ANG	Optimization of removal of colour and organic pollutants from textile wastewater treated with UV/H ₂ O ₂ adopting the Plackett-Burman factorial design	
Opis	SLO	V izvirnem znanstvenem članku smo predstavili uporabo Plackett-Burman-ovega dvo-nivojskega faktorjskega načrta, s katerim smo optimizirali procesne parametre pri čiščenju obarvanih tekstilnih odplak s UV/H ₂ O ₂ postopkom. Določili smo naslednjih sedem spremenljivk: vrsta in koncentracija barvila, koncentracija NaCl, koncentracija sečnine, količina NaOH, intenziteta UV sevanja, količina H ₂ O ₂ in čas obdelave, nato pa smo izvedli laboratorijske eksperimente čiščenja na pilotni napravi z dvema pripravljenima odpadnima vodama, ki sta bile onesnažene z dvema strukturno različnima barviloma in izbranimi kemikalijami. Iz dobljenih rezultatov je razvidno, da imata največji vpliv na razbarvanje obeh barvil čas čiščenja in koncentracija barvila. Medtem ko imata količina sečnine in intenziteta UV sevanja opazen vpliv na znižanje organskih onesnaževal.	
	ANG	In the original scientific paper, a Plackett-Burman two-level partial factorial design was adopted to determine the optimum UV/H ₂ O ₂ process conditions for maximizing the treatment efficiency of dye-rich textile effluents. After determining seven variables, i.e. type and concentration of dye, concentration of NaCl, concentration of urea, the amount of NaOH, intensity of UV irradiation, the amount of H ₂ O ₂ , and treatment time, laboratory-scale experiments were conducted using two synthetically-prepared wastewaters solutions that were polluted with two structurally different reactive dyes and selected chemicals. The obtained results showed that the treatment time and dye concentration had a major impact on the reduction of both reactive dyes. At the same	

		time, the amount of urea and the intensity of UV radiation had a notable influence on the organic pollutant reduction.
	Objavljeno v	Balaban Publishers; Desalination and water treatment; 2012; Impact Factor: 0.614; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.785; WoS: II, ZR; Avtorji / Authors: Fakin Darinka, Ojstršek Alenka
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
2.	COBISS ID	16029974 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Delovanje sistema čiščenja s pritrjeno biomaso napolnjenega s tekstilijami v plasteh in njihov filtracijski/adsorpcijski potencial za odstranjevanje soli in organskih onesnaževal
		<i>ANG</i> The performance of a fixed-bed treatment system packed with layered textiles for their filtration/adsorption potential for salt and organic pollutant
	Opis	<i>SLO</i> V raziskavi smo uporabili različne komercialne tekstilije ter preučili njihov filtracijski/adsorpcijski potencial za odstranjevanje soli in skupnega organskega ogljika pri čiščenju odpadnih vod. Za določanje adsorpcijske sposobnosti izbranih tkanin in netkanih tekstilij smo izvedli študijo kinetike na stresalniku, pri čemer smo preučili tri najpogosteje uporabljene soli. Nato smo izvedli eksperimente v kolonah s konstantnim pretokom, kjer smo preučevali znižanje TOC in soli iz raztopin. Ugotovili smo, da sta obe netkani tekstiliji z bolj kompleksno strukturo in večjo skupno površino por primernejši za odstranjevanje soli in TOC, v primerjavi s kolono napolnjeno s kombinacijo peska in tkanine, odvisno od vrste in koncentracije soli ter časa zadrževanja v koloni.
		<i>ANG</i> The main contribution of this paper was to select and investigate a few commercially available textiles to study their filtration/adsorption potential for salt and total organic carbon (TOC) reduction during wastewater treatment. With the intention of examining the adsorption ability of the selected textiles (two nonwoven and two woven textiles), kinetic experiments were carried out in shake-flasks using three commonly-used salts. Afterwards, small-scale column experiments were conducted in a continuous-flow operation to assess the TOC and salt reduction. It was found that both nonwoven textiles with the more complex structures and a higher total void area were more suitable for the removal of salt and TOC in comparison to the efficiency of a column packed with sand/woven fabrics, regarding the type and concentration of salt as well as the contact time.
	Objavljeno v	Balaban Publishers; Desalination and water treatment; 2012; Impact Factor: 0.614; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.785; WoS: II, ZR; Avtorji / Authors: Ojstršek Alenka, Fakin Darinka
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	15483670 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Razbarvanje in znižanje TOC v biofiltru napolnjenem z naravnimi zeoliti za čiščenje tekstilnih odpadnih vod
		<i>ANG</i> Colour and TOC reduction using biofilter packed with natural zeolite for the treatment of textile wastewaters
	Opis	<i>SLO</i> Izvirni znanstveni članek obravnava možnost odstranjevanja barvil in skupnega organskega ogljika iz tekstilnih odpadnih vod s pomočjo naravnega zeolita v sistemu s pritrjeno biomaso v odvisnosti od različnih parametrov kot so sestava odpadne vode, lastnosti naravnega zeolita in obratovalnih lastnosti sistema. Pri biološki razgradnji barvil imajo prav tako pomembno vlogo velikost delcev, poroznost in površinska tekstura nosilnega materiala, zaradi adsorpcijskih sposobnosti materiala, ionske izmenjave in možnosti razvoja mikroorganizmov na površini. Na podlagi laboratorijskih eksperimentov in predhodne analize materiala smo

		ugotovili, da se obarvanost v sistemu zniža do 80% in TOC do 75% po času 11-14 dni.
	ANG	The main contribution of the presented research is to examine the potential of natural zeolite for colour and TOC reduction when packed in a fixed-bed system, considering various parameters such as wastewater characteristics and system' operational parameters. Particle size, porosity and surface texture of bedding material also played an important role in dye biodegradation because of solid adsorption capacity, ion exchange, and even microorganisms growth abilities. Generally, the laboratory trials and packed material' analyses demonstrate that the system reduce the colour by up to 80% and TOC by up to 75% after an acclimatization period of 11-14 days.
	Objavljeno v	Balaban Publishers; Desalination and water treatment; 2011; Vol. 33, iss. 1/3; str. 147-155; Impact Factor: 0.614; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.785; WoS: II, ZR; Avtorji / Authors: Ojstršek Alenka, Fakin Darinka
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID	15257622 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Razbarvanje simuliranih tekstilnih odpadnih vod v biofiltru s fiksnim slojem
	ANG	Obezbojenje simuliranih tekstilnih odpadnih voda u pročišćivaču s fiksnim slojem
	Opis	SLO V izvirnem znanstvenem članku smo predstavili rezultate razbarvanja odpadnih vod, ki vključujejo strukturno različna barvila. V sistemu s pritrjeno biomaso smo spreminjali obremenitev sistema po dnevih (obremenitev barvila s sistemom je bila med 19 in 43 mg/ m3d ter organska (TOC) obremenitev med 73 in 168 mg/ m3d) kakor tudi zadrževalni čas (9-20 ur). iz dobljenih rezultatov je bilo razvidno, da ima največji vpliv učinkovitost čiščenja zadrževalni čas, ki je odvisen od pretoka odpadne vode skozi sistem. Daljši je bil zadrževalni čas, večji je bil učinek čiščenja (nižji parametri onesnaženja).
	ANG	Original scientific article examines the potential of fixed-bed treatment system for textile wastewater decolorization, regarding chemical constitution of dyestuffs, loading rate (dye loading rates between 19 and 43 mg/m3d and organic (TOC) loading rates between 73 and 168 mg/m3d) and hydraulic retention time (9-20 hours). The obtained results indicated that different retention times, which depend on velocity flow, have a superior influence on treatment efficiency. The longer the time, the greater the effects of wastewater treatment and the pollution parameters are lower.
	Objavljeno v	Faculty of Textile Technology, University of Zagreb; Magic world of textiles; Tekstil; 2010; Vol. 59, no. 12; str. 565-570; Impact Factor: 0.050; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.788; WoS: QJ; Avtorji / Authors: Ojstršek Alenka, Fakin Darinka
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine⁷

	Družbeno-ekonomski dosežek	
1.	COBISS ID	14554134 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Kompaktne tekstilije za čiščenje odpadnih vod
	ANG	Compact textiles for wastewater treatment
		V referatu smo predstavili osnove o tekstilijah za čiščenje odpadnih vod,

	Opis	SLO	to je vrsto in lastnosti vlaknotvornih polimerov za obdelavo različnih odpadnih vod. Izbor primerne materiala je odvisen od vrste faktorjev kot so odpornost na mikrobiološko razgradnjo, ustrezne mehanske lastnosti, površinske lastnosti, cena materiala in vrste odpadne vode. V nadaljevanju smo predstavili biofiltre napolnjene s tekstilijami kot tudi mehanizme odstranjevanja onesnaževal v takšnih sistemih ter rast biofilma na tekstilijah.
		ANG	In the paper the fundamentals on textiles for treatment of various wastewaters were described, i.e. the types and the properties of fibre-forming polymers for treatment odpadnih vod. The selection of appropriate material depends on many factors including resistance to microbial degradation, mechanical strength, surface characteristics, the cost of the material, and the type of wastewater. Additionally, biofilters using textiles as packing material were presented as well as the removal mechanisms in such systems and biofilm growth in textiles.
	Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci	
	Objavljeno v	Slovak University of Technology in Bratislava, Faculty of Chemical and Food Technology, Department of Fibres and Textile Chemistry; Fibre-grade polymers, chemical fibres and special textiles; 2010; [4] str.; Avtorji / Authors: Ojstršek Alenka, Fakin Darinka	
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
2.	COBISS ID	14468630	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Razbarvanje sintetičnih tekstilnih odpadnih vod v sistemu s pritrjeno biomaso
		ANG	Decolorization of simulated textile wastewaters in fixed-bed treatment system
	Opis	SLO	V referatu smo predstavili biofilter napolnjen z zeolitnim tufom, ki z optimalnimi fizikalnimi, kemijskimi in biološkimi pogoji posnema samočistilno sposobnost naravnih vodnih ekosistemov. S sistemom smo uspešno znižali izbrane parametre onesnaževanja treh, po sestavi različnih sintetično pripravljenih tekstilnih odpadnih vod, pod mejne vrednosti, v skladu s slovensko in evropsko zakonodajo; obarvanost se zniža do 80%, TOC do 75% pH pa iz 9,6 na 7,5, odvisno od kemijske strukture barvila, organske obremenitve, zadrževalnega časa, pretoka, časa trajanja preskusa, itd.
		ANG	The experiment demonstrated a biofilter packed with zeolitic tuff, which imitating the self-cleaning ability of natural wetland ecosystems by establishing optimal physical, chemical and biological conditions. The system appreciably reduced selected pollution parameters in three different, synthetically-prepared textile wastewaters in accordance with Slovenian and EU legislation; colour by up to 80%, TOC by up to 75%, and decreased the pH from 9.6 to 7.5, depending on dye' chemical structure, organic load, retention time, trial duration, flow velocity, etc.
	Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci	
Objavljeno v	Faculty of Textile Technology, University of Zagreb; Magic world of textiles; 2010; Str. 938-943; Avtorji / Authors: Ojstršek Alenka, Fakin Darinka		
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci		
3.	COBISS ID	15080470	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Adsorpcijska in filtracijska sposobnost (ne)tkanih tekstilij za odstranjevanje soli iz odpadnih vod
		ANG	Adsorption and filtration ability of (non)woven textiles for salt reduction from wastewaters
			V referatu smo predstavili možnost uporabe komercialno dostopnih

Opis	SLO	tekstilij za odstranjevanje soli med čiščenjem odpadnih vod. Izbrane vzorce smo analizirali s pomočjo določanja fizikalno-mehanskih lastnosti ter merjenjem površinskih parametrov (mikroskopska metoda). Izvedli smo adsorpcijske in filtracijske eksperimente, kjer smo uporabili tri različne soli v štirih koncentracijah. Boljšo sposobnost adsorpcije in filtracije smo dosegli pri netkanih tekstilijah (PP in bikomponentni PP/PE); najslabše rezultate pa pri uporabi natrijevega sulfata. Največji vpliv na sposobnost adsorpcije in filtracije ima konstrukcija tkanine, predvsem delež površine por (15,74% pri PP, 15,36% pri PP/PE, 0,08% pri PA in 0,98% pri PES) in število por na mm (440,4 pri PP, 413,4 pri PP/PE, 11,2 pri PA in 10,5 pri PES).
	ANG	In research work, the possibility of using various commercially available textiles for salt reduction during wastewater treatment was investigated. From the results obtained by samples' surface analyses, field parameters measurements (microscopic method) as well as from adsorption and filtration experiments using three salts in four concentrations, it could be concluded that better degree of adsorption and filtration was attained using both nonwoven textiles (PP and bicomponent PP/PE). The poorest results (during both, adsorption and filtration experiments) were achieved using sodium sulphate. Fabric construction had a superior impact on adsorption/ filtration ability, preferably, total void area (15.74% for PP, 15.36% for PP/PE, 0.08% for PA and 0.98% for PES) and number of voids per mm (440.4 for PP, 413.4 for PP/PE, 11.2 for PA and 10.5 for PES).
Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci	
Objavljeno v	Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs Sud-Alsace; Book of proceedings; 2011; Vol. 1; str. 558-561; Avtorji / Authors: Ojstršek Alenka, Fakin Darinka	
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
4. COBISS ID	15134742	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Kompaktne tekstilije v plasteh kot filtri/nosilci biofilma za obdelavo obarvanih tekstilnih odpadnih vod - študija
	ANG	Layered compact textiles as biofilm filters for dye-rich textile wastewaters treatment
Opis	SLO	V referatu smo predstavili rezultate odstranjevanja barvil, soli in organskih onesnaževal iz dveh sintetično pripravljenih tekstilnih odpadnih vod (kislina in alkalna) s pomočjo dveh tkanih (PA in PES) in dveh netkanih (PP in bikomponentna PP/PE) tekstilij, ki delujejo kot filtri s pritrjeno biomaso v koloni s kontinuiranim pretokom. Ugotovili smo, da sta obe netkani kompaktni tekstiliji s kompleksnejšo strukturo in večjim številom por bolj primerni za te vrste aplikacij v primerjavi z učinkom čiščenja v koloni napolnjeni s peskom/tkaninami; obarvanost se zniža do 52% (alkalne tekstilne odpadne vode) in do 71% (kisle odpadne vode).
	ANG	The study includes small-scale column experiments conducted in continuous flow operation in order to assess the efficiency of two woven (PA and PES) and two non-woven (PP and bicomponent PP/PE) textiles as biofilm attachment filters to remove colour, salt and organic pollutants from two synthetically prepared (acidic or alkaline) dye-rich textile wastewaters. It was found that both non-woven compact textiles (either made from PP or bicomponent PP/PE) with complex structures and high total void area were more suitable for this kind of application in comparison to the treatment efficiency of column packed with sand/woven fabrics; colour reduction was up to 52% (alkaline dye-rich wastewaters) and up to 71% (acidic dye-rich wastewaters).
Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci	
	Grafima Publ.; Proceedings of the Third International Conference on	

Objavljeno v	Environmental Management, Engineering, Planning and Economics (CEMEPE 2011) & SECOTOX Conference, Skiathos, June 19-24, 2011; 2011; Str. 97-102; Avtorji / Authors: Ojstršek Alenka, Fakin Darinka
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci

9. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁸

10. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁹

10.1. Pomen za razvoj znanosti¹⁰

SLO

Odstranjevanje onesnaževal s pomočjo kompaktnih vlaknotvornih polimernih materialov, ki delujejo kot filtri in alternativni nosilci za različne vrste mikroorganizmov v biofiltru s pritrjeno biomaso je kompleksen proces, ki vključuje različne biološke, biokemijske in biotehnološke faktorje. Le te smo tekom predlaganega projekta ustrezno analizirali. Kompaktni vlaknotvorni materiali primerni za biološke sisteme čiščenja morajo imeti ustrezne fizikalno-mehanske lastnosti (pretržna trdnost, debelina, teža, upogljivost, površinski naboj, itd.), prepustnost (tudi po daljšem času delovanja sistema), odpornost na biološko razgradnjo, mehansko obrabo in različna onesnaževala, kar smo raziskali in ovrednotili tekom projekta. Dalje je bila uporabnost razvitih polimernih materialov za čiščenje odpadnih vod kemometrijsko ovrednotena z osnovnimi statističnimi metodami in izbranimi tehnikami multivariantnih analiz kot so, metoda glavnih osi in linearna diskriminantna analiza, z namenom prikazati vpliv posamezne spremenljivke (vrsta in lastnosti vlaknotvornih polimernih materialov, sestava odpadne vode, hidravlične spremenljivke, konstrukcija biofiltra, itd.) na učinek čiščenja, kakor tudi originalnost pristopa pri obdelavi podatkov. Rezultati raziskave po zastavljenem programu so prispevali k obogatitvi temeljnega znanja o poteku procesov v mikroekosistemu posameznega vlaknotvornega materiala in reakcijah v različnih sistemih (korelacija med reaktivnostjo, strukturo in površinskimi lastnostmi), kakor tudi uporabnega znanja (uvajanje novih stabilnih struktur in preskusnih metod ter razvoj novih biotehnoloških procesov odstranjevanja različnih onesnaževal iz odpadne vode) s tega področja.

Rezultate tega projekta smo objavili v 4-ih izvornih znanstvenih člankih v mednarodnih revijah s faktorjem vpliva (JCR) in v 7-ih prispevkih na mednarodnih konferencah, ter na tak način izmenjali izkušnje in ideje s tujimi strokovnjaki na področju varstva okolja. Prav tako smo patentirali postopek čiščenja odpadnih vod s kombiniranim biofiltrrom (patentna prijava v Sloveniji). S tem se je povečala tudi možnost vključevanja v različne bilateralne projekte in raziskovalne projekte EU.

ANG

Reduction of pollutants by means of compact fibre-forming polymer materials, which operate as filters and alternative biomass supports in biofilter with fixed biomass is a very complex process that includes various biological, biochemical and biotechnological factors. They were properly analysed during the proposed project. Compact fibre-forming materials suitable for biological treatment systems must have appropriate physical-mechanical properties (breaking strength, thickness, mass, flexibility, surface charge, etc.), permeability (also after long-term operation), resistance on biological degradation, mechanical usage and different pollutants, what were researched and evaluated during the project. Applicability of developed polymer materials for wastewater treatment was chemometrically evaluated by basic statistic methods and chosen techniques of multivariant analyses such as method of principal component analysis (PCA), and linear discriminant analysis with the intention to establish the impact of individual variable (type and characteristics of fibre-forming polymeric materials, wastewater composition, hydraulic parameters, biofilter construction, etc.) as well as originality of data handling. The obtained research results were contributed to a better fundamental knowledge of processes in the micro ecosystems of individual fibre-forming material, and reactions that occur in various systems (correlation between reactivity, structure and surface properties) as well as applicable knowledge (employability of new

stable structures and test methods, and development of new biotechnological processes of pollutants removal from wastewaters) in this field.

The results of the proposed project were published in 4 original scientific papers in international reviews with journal citation report (JCR) and in 7 presentations at conferences world-wide sharing the experiences and ideas in the field of environmental protection. Also, the procedure of wastewater treatment using combined biofilter was described in a Slovenian patent application. Moreover, the possibility for submitting research proposals for bilateral programmes and EU funding programmes is enhanced.

10.2. Pomen za razvoj Slovenije¹¹

SLO

Uporaba biološkega postopka s pritrjeno biomaso ima pred ostalimi postopki čiščenja odpadnih vod določene prednosti, saj so mikroorganizmi del naravnega ekosistema in ne pride do dodatnega obremenjevanja okolja z odpadnimi blati. Prednost biofiltra pred ostalimi napravami za biološko čiščenje je v nizki ceni (zelo nizki investicijski in operativni stroški) in enostavni izvedbi. Najpomembnejši dosežek predlaganega projekta je razvoj poceni, enostavnega in okolju prijaznega dolgoročnega postopka, ki zagotavlja učinkovito zmanjšanje parametrov onesnaženja. Na osnovi pridobljenega teoretičnega znanja in eksperimentalnih rezultatov raziskovalnega dela je mogoča komercializacija in tržna uporaba znanja pri neposrednem prenosu v industrijsko prakso in pri svetovanju o izbiri najustreznejših vlaknotvornih materialov v odvisnosti od sestave in količine odpadne vode ter dnevne obremenitve.

Bioremediacijske tehnike so družbeno sprejemljive zaradi povečane občutljivosti za okolje ter primerne tako za manjše skupnosti kot tudi za terciarno čiščenje v večjih mestnih sistemih. Pomanjkljivost sonaravnih postopkov je relativno počasno delovanje v primerjavi s konvencionalnimi tehnologijami za čiščenje odpadnih vod in močna odvisnost od okoljskih faktorjev (temperatura, pH, prirast biomase, toksičnost spojin v odpadni vodi, itd.).

Prav tako vidimo potencialno uporabnost izbranih kompaktnih vlaknotvornih polimerov na področju vključevanja v obstoječe sisteme ter za izgradnjo prepustnih vodnih pregrad za zaščito podtalnic, vodnih zajetij in ostalih ekološko občutljivih vodnih ekosistemov pred dotokom onesnaženih voda.

ANG

Biological treatment with fixed biomass has certain advantages before others wastewaters treatment procedures since the microorganisms are the part of natural ecosystem, and extra loading with waste mud do not turning up. Advantages of biofilter in comparison to the other biological treatment plants are a low-cost (investment and operational) and simple realization. The most important benefit of the proposed project was the permanent development of inexpensive, easily operated, and environmentally-friendly procedure over the long-term, thus assuring the efficacious reduction of pollution parameters from wastewaters. On the basis of the theoretical proficiency and experimental results of the proposed research work, the commercialization and market potential of the obtained knowledge is feasible due to the direct transfer of bioremediation during industrial usage. Moreover, we could advise in the selection of appropriate fibre-forming materials, depending on the composition, amount of wastewater, and daily loading rate, respectively.

Bioremediation techniques are social acceptable on account of their enlarged environmentally sensitiveness, and are convenient for small communities as well as for tertiary treatment in larger city systems. Disadvantages of co-natural procedures are relatively slow operation in comparison to the conventional technologies for wastewaters treatment and highly dependence on environmental factors (temperature, pH, biomass growth, toxicity of compounds in wastewater, etc.).

We could also find a potential applicability of selected compact fiber-forming polymers on the field of incorporation in exsisting systems, and for construction of permeable water barriers for protection of underground water, water stem and others ecological sensitive water ecosystems prior to the influent of hazardous waters.

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

Številka raziskovalnega projekta: **L7-2139-0795 (aplikativni)**
Trajanje raziskovalnega projekta: **1.5.2009 do 30.4.2012**
Vodja raziskovalnega projekta: **dr. Miran MOZETIČ; red. prof. dr. M. SFILIGOJ SMOLE**
Naslov raziskovalnega projekta: **PLAZEMSKA OBDELAVA UMETNIH ŽIL**

Številka raziskovalnega projekta: **L2-2100-0795 (aplikativni)**
Trajanje raziskovalnega projekta: **1.5.2009 do 30.4.2012**
Vodja raziskovalnega projekta: **dr. Peter PANJAN ;izr.prof.dr. Franc ZUPANIČ**
Naslov raziskovalnega projekta: **RAZVOJ NOVE GENERACIJE TRDNIH PREVLEK S PULZNIM NAPRAŠEVANJEM**

MEDNARODNI PROJEKTI V LETU 2012

Projekti FP 7

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. 290486**
Trajanje projekta: **1.1.2012 do 31.12.2014**
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. 264115**
Trajanje projekta: **3.1.2011 do 3.7.2014**
Nosilec projekta: **prof.dr. Karin Stana Kleinschek**
Naslov projekta: **Strengthening the Romanian research capacity in Multifunctional Polymeric Materials; STREAM**

Številka projekta: **Ga.N. 211534**
Trajanje projekta: **1.1.2008 do 31.8.2012**
Nosilec projekta: **prof.dr. Alenka Majcen Le Marchal**
Naslov projekta: **Sustainable Water Use in Chemical, Food, Paper and Textiles Industry, Fit-for-Use; Aquifit4use**

Številka projekta: **Ga.N. 214653**
Trajanje projekta: **1.9.2008 do 1.9.2012**
Nosilec projekta: **prof.dr. Karin Stana Kleinschek**
Naslov projekta: **Surface finctionalization of cellulose matrices using coatings of functionalised polysaccharides with embedded nano-particles; Surfucell**

Številka projekta: **Ga.N. 214015**
Trajanje projekta: **1.9.2008 do 1.9.2012**
Nosilec projekta: **prof.dr. Karin Stana Kleinschek**
Naslov projekta: **Shaping and Transformation in the Engineering of Polysaccharides; Step**

Projekti MNT Era-Net

Številka projekta: **3211-12-000022**
Trajanje projekta: **1.7.2012 do 30.6.2015**
Nosilec projekta: **izr.prof.dr. Vanja Kokol**
Naslov projekta: **nPOSSCOG**

Številka projekta: **3211-12-000023**
Trajanje projekta: **1.7.2012 do 30.6.2015**
Nosilec projekta: **prof.dr. Karin Štana Kleinschek**
Naslov projekta: **WoundSens**

Številka projekta: **NEW06**
Trajanje projekta: **1.6.2012 do 1.16.2015**
Nosilec projekta: **prof.dr. Bojan Ačko**
Naslov projekta: **Traceability for computationally-intensive metrology-TraCIM**

Številka projekta: **3211-10-000369**
Trajanje projekta: **1.10.2010 do 30.9.2013**
Nosilec projekta: **izr.prof.dr. Vanja Kokol**
Naslov projekta: **MATERA PLUS; Antimicrob peptides**

Številka projekta: **3211-10-000458**
Trajanje projekta: **1.1.2011 do 31.12.2013**
Nosilec projekta: **izr.prof.dr. Vanja Kokol**
Naslov projekta: **Tabana**

Projekti EUREKA

Številka projekta: **E!5852**
Trajanje projekta: **26.7.2012 do 30.7.2013**
Nosilec projekta: **izr.prof.dr. Lidija Fras Zemljič**
Naslov projekta: **Nanofuntampons**

Številka projekta: **E!5831**
Trajanje projekta: **22.12.2010 do 30.10.2013**
Nosilec projekta: **prof.dr. Ivan Anžel**
Naslov projekta: **Cell-Ti**

Številka projekta: **E!5851**
Trajanje projekta: **22.12.2010 do 31.8.2013**
Nosilec projekta: **izr.prof.dr. Simona Štrnad**
Naslov projekta: **FeVal**

Številka projekta: **E!5009**
Trajanje projekta: **1.1.2010 do 30.10.2012**
Nosilec projekta: **doc.dr. Leo Guselj**
Naslov projekta: **Razvoj tehnologije izdelave vroče pocinkanih specialnih transportnih kontejnerjev; GALVACONT**

Številka projekta: **E!5348**
Trajanje projekta: **1.1.2010 do 30.10. 2012**
Nosilec projekta: **prof.dr. Nenad Gubelj**
Naslov projekta: **Aktivni nadzor konstrukcij, ki so izpostavljene dinamičnim obremenitvam; OLMOST**

Številka projekta: **E!4952**
Trajanje projekta: **1.4.2009 do 31.3.2012**
Nosilec projekta: **doc.dr. Lidija Fras Zemljič**
Naslov projekta: **Development of bioactive packaging; BIOPACKING**

Projekt Tempus

Številka projekta: **517361-TEMPUS-1-2011-IT-TEMPUS-JPHES**
Trajanje projekta: **15.10.2011 do 14.10.2014**
Nosilec projekta: **prof.dr. Franci Čuš**
Naslov projekta: **Technical Education on Resource Savings for Industrial Development-TERSID**

Številka projekta: **144959-TEMPUS-2008-IT-JPCR**
Trajanje projekta: **15.1.2009 do 14.1.2012**
Nosilec projekta: **prof.dr. Franci Čuš**
Naslov projekta: **Master Studies and Continuing Education Mreža for Product Lifecycle Management with Sustainable Production**

Projekt Leonardo da Vinci

Številka projekta: **2012-1-BE3-LEO05-05463**
Trajanje projekta: **1.10.2012 do 30.9.2014**
Nosilec projekta: **prof.dr. Jože Balič**
Naslov projekta: **Vocational re-training of ageing technical workers towards the injection moulding industry**

Projekt COST

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 – Argentina; BI-AR/12-14-008**
Trajanje projekta: **13.3.2012 do 31.12.2014**
Nosilec projekta: **prof.dr.Jože Balič**
Naslov projekta: **Modeliranje mehanskih lastnosti sferoidnega grafitnega litega železa z metodami umetne inteligence**
- Številka projekta: **Slovenija – Argentina; BI-AR/12-14-011**
Trajanje projekta: **13.3.2012 do 31.12.2014**
Nosilec projekta: **prof.dr.Bojana Vončina**
Naslov projekta: **Priprava okolju in človeku prijaznih tekstilnih materialov obdelanih s sredstvi proti mrčesu**
- Številka projekta: **Slovenija – Flamska regija; BI-BE/11-12-F-005**
Trajanje projekta: **1.1.2011 do 31.12.2012**
Nosilec projekta: **prof.dr. Jože Balič**
Naslov projekta: **Inteligentni model snovanja in izdelave naprednih industrijskih orodij**
- Številka projekta: **Slovenija – Bosna in Hercegovina; BI-BA/12-13-016**
Trajanje projekta: **1.1.2012 do 31.12.2013**
Nosilec projekta: **prof.dr.Miran Brezočnik**
Naslov projekta: **Razvoj in uporaba sodobnih tehnologij in metod za izdelavo izdelkov**
- Številka projekta: **Slovenija – Bosna in Hercegovina; BI-BA/12-13-020**
Trajanje projekta: **1.1.2012 do 31.12.2013**
Nosilec projekta: **prof.dr.Bojan Dolšak**
Naslov projekta: **Inteligentno orodje za ergonomski in estetski razvoj izdelkov**
- Številka projekta: **Slovenija – Brazilija; BI-BR/12-14-003**
Trajanje projekta: **1.8.2012 do 30.9.2013**
Nosilec projekta: **prof.dr.Franc Zupanič**
Naslov projekta: **Razvoj kontinuirnega litja nikljevih superzlitin za zobno protetiko**
- Številka projekta: **Slovenija – Črna gora; BI-ME/012-13-016**
Trajanje projekta: **1.1.2012 do 31.12.2013**
Nosilec projekta: **izr.prof.dr.Vladimir Gliha**
Naslov projekta: **Obnašanje enovarkovnih spojev narejenih po ATIG postopku pri utrujanju**
- Številka projekta: **Slovenija - Finska; BI-FI/11-12-013**
Trajanje projekta: **1.1.2011 do 31.12.2012**
Nosilec projekta: **prof.dr. Jelka Geršak**
Naslov projekta: **Trajnostni razvoj oblikovanja oblačil s strategijo prilagodljivosti uporabnikom**

- Številka projekta: **Slovenija - Finska; BI-FI/11-12-017**
Trajanje projekta: **1.1.2011 do 31.12.2012**
Nosilec projekta: **dr. Lidija Fras Zemljič**
Naslov projekta: **Protimikrobna funkcionalizacija celuloznih materialov**
- Številka projekta: **Slovenija – Hrvaška; BI-HR/12-13-042**
Trajanje projekta: **1.1.2012 do 31.12.2013**
Nosilec projekta: **doc.dr. Matej Vesenjak**
Naslov projekta: **Eksperimentalno in računalniško testiranje APM krogel z napredno morfologijo por**
- Številka projekta: **Slovenija – Indija; BI-IN/10-12-004**
Trajanje projekta: **1.12.2010 do 31.11.2013**
Nosilec projekta: **prof.dr. Alenka Majcen Le Marechal**
Naslov projekta: **Priprava tekstilnih filtrov za selektivno filtriranje odpadnih vod**
- Številka projekta: **Slovenija – Indija; BI-IN/10-12-006**
Trajanje projekta: **1.8.2010 do 31.7.2013**
Nosilec projekta: **prof.dr. Jelka Geršak**
Naslov projekta: **Razvoj oblačil za ekstremno mrzlo okolje**
- Številka projekta: **Slovenija – Japonska; BI-JP/12-14-002**
Trajanje projekta: **1.4.2012 do 31.3.2014**
Nosilec projekta: **prof.dr. Zoran Ren**
Naslov projekta: **Karakterizacija mehanskega obnašanja naprednih celičnih materialov pod vplivom udarnih obremenitev**
- Številka projekta: **Slovenija – Japonska; BI-JP/11-13-004**
Trajanje projekta: **1.4.2011 do 31.3.2013**
Nosilec projekta: **doc.dr. Matej Vesenjak**
Naslov projekta: **Eksperimentalna in numerična določitev dinamičnih mehanskih lastnosti kovinskih pen z napredno morfologijo por**
- Številka projekta: **Slovenija – Koreja; BI-KR 11-12/005**
Trajanje projekta: **1.7.2011 do 31.12.2012**
Nosilec projekta: **prof.dr. Zoran Ren**
Naslov projekta: **Večfizikalne simulacije visokoenergijskih celičnih gradiv**
- Številka projekta: **Slovenija – Madžarska; BI-HU/11-12-016**
Trajanje projekta: **1.12.2011 do 31.12.2012**
Nosilec projekta: **prof.dr. Aleksandra Lobnik**
Naslov projekta: **Kemijski senzorji za detekcijo aminov**
- Številka projekta: **Slovenija – Norveška; BI-NO/11-12-019**
Trajanje projekta: **1.1.2011 do 31.12.2012**
Nosilec projekta: **doc.dr. Janez Kramberger**
Naslov projekta: **Nosilnost zvarov iz jekla in Al-Mg zlitin**

Številka projekta: **Slovenija – Turčija; BI-TR/10-12-002**
Trajanje projekta: **1.1.2010 do 31.12.2012**
Nosilec projekta: **prof.dr. Bojana Vončina**
Naslov projekta: **Priprava UV/VIS zaščitnih tekstilnih materialov s pomočjo mikro in nano enkapsuliranje fotokromnih barvil**

Številka projekta: **Slovenija – Rusija; BI-RU/12-13-029**
Trajanje projekta: **1.1.2012 do 31.12.2013**
Nosilec projekta: **prof.dr. Nenad Gubelj**
Naslov projekta: **Učinek omejitve plastifikacije materiala na celovitost in faktor varnosti cevovodov**

Številka projekta: **Slovenija – Romunija; BI-RO/12-13-008**
Trajanje projekta: **1.1.2012 do 31.12.2013**
Nosilec projekta: **izr.prof.dr. Lidija Fras Zemljič**
Naslov projekta: **Funkcionalizacija sintetičnih polimerov za razvoj nove protimikrobne embalaže**

Številka projekta: **Slovenija – Srbija; BI-RS/12-13-024**
Trajanje projekta: **1.1.2012 do 31.12.2013**
Nosilec projekta: **dr. Rebeka Rudolf**
Naslov projekta: **Tehnologija izdelave Au nano delcev**

Številka projekta: **Slovenija – Srbija; BI-RS/12-13-034**
Trajanje projekta: **1.1.2012 do 31.12.2013**
Nosilec projekta: **doc.dr. Izток Plačič**
Naslov projekta: **Projektna zrelost podjetij in razvoj novih izdelkov**

Številka projekta: **Slovenija – Srbija; BI-RS/12-13-031**
Trajanje projekta: **1.1.2012 do 31.12.2013**
Nosilec projekta: **prof.dr. Aleksandra Lobnik**
Naslov projekta: **Modeliranje termomehanskih pogojev in dimenzioniranje reaktorjev za hidrolizo lignoceluloznih substratov pri postopku pridobivanja bioplina**

Številka projekta: **Slovenija – Turčija; BI-TR/12-14-003**
Trajanje projekta: **1.3.2012 do 31.12.2014**
Nosilec projekta: **dr. Simona Jevšnik**
Naslov projekta: **Študij vpliva parametrov varjenja na zvarjeni spoj in optimizacija procesa varjenja glede na končno uporabo tekstilnih izdelkov**

Številka projekta: **Slovenija – Turčija; BI-TR/11-13-006**
Trajanje projekta: **1.1.2011 do 31.12.2013**
Nosilec projekta: **prof.dr. Alenka Majcen Le Marechal**
Naslov projekta: **Uporaba ultrazvoka in UV sevanja za obdelavo medicinskih tekstilij**

Številka projekta: **Slovenija – Združene države Amerike; BI-US/12-13-031**
Trajanje projekta: **1.1.2012 do 31.12.2013**
Nosilec projekta: **prof.dr. Nenad Gubelj**
Naslov projekta: **Kontinuirano spremljanje kritičnih točk in napoved dobe trajanja konstrukcije mostu**

Številka projekta: **Slovenija – Združene države Amerike; BI-US/12-13-037**
Trajanje projekta: **1.1.2012 do 31.12.2013**
Nosilec projekta: **prof.dr. Alenka Majcen Le Marechal**
Naslov projekta: **Razvoj tehnologije za zaprti krog recikliranja potrošniških in industrijskih tekstilnih poliestrskih odpadkov**

Mednarodno gospodarsko in teritorialno sodelovanje

Številka projekta: **Slovenija - Avstrija 2007- 2013 št.: 1536-09G400040**
Trajanje projekta: **1.6.2009 - 31.3.2012**
Nosilec projekta: **dr. Zdenka Peršin**
Naslov projekta: **Knowledge for business in border regions; KBB**

Številka projekta: **Slovenija - Avstrija 2007- 2013 št.: SI-AT-1-1008**
Trajanje projekta: **1.5.2009 - 30.4.2012**
Nosilec projekta: **izr.prof.dr. Igor Drstvenšek**
Naslov projekta: **Čezmejna implementacija okolju prijaznih ultra-lahkih vozil v Sloveniji in Avstriji; CESLA**

CEEPUS mreže

Mreža **PL-0007: Geometrical Product Specification**; prof.dr. Franc Čuš
Mreža **PL-0202: e-Learning system in production engineering**; doc.dr. Mirko Ficko
Mreža **RS-0065: Intelligent Automation for Competitive Advantage**;
izr.prof.dr. Borut Buchmeister
Mreža **SI-0206: Applications of Rapid manufacturing in Biomechanical Fields**;
izr.prof.dr. Igor Drstvenšek
Mreža **SI-0217: Intelligent Textile Products**; prof.dr. Jelka Geršak