



Univerza v Mariboru

Fakulteta za strojništvo

POROČILO
O RAZISKOVALNI DEJAVNOSTI
za leto 2011

MARIBOR 2012

POROČILO O RAZISKOVALNI DEJAVNOSTI 2011

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
50 DVD
Dostopno na: <http://www.fs.uni-mb.si/>

ISSN: 1408 - 5445

VSEBINA

1. UVOD	5
2. ORGANIZACIJSKA STRUKTURA FAKULTETE ZA STROJNIŠTVO	7
3. DOKTORATI, MAGISTERIJI IN SPECIALIZACIJE V LETU 2011	9
4. LETNA POROČILA O REZULTATIH RAZISKOVALNIH PROGRAMOV V LETU 2011	13
5. ZAKLJUČNA POROČILA O REZULTATIH RAZISKOVALNIH PROJEKTOV	81
6. LETNA POROČILA O REZULTATIH RAZISKOVALNIH PROJEKTOV V LETU 2011	151
7. MEDNARODNI PROJEKTI V LETU 2011	223

UVOD

Raziskovalno leto 2011 je na Fakulteti za strojništvo, Univerze v Mariboru potekalo v pričakovanju gospodarske krize in ob prepričanju, da je aktivno in poglobljeno sodelovanje z gospodarstvom edina prava pot za izboljšanje tehnološke konkurenčnosti. V mislih imamo predvsem pretok znanja in kadra iz znanstveno – raziskovalne sfere v gospodarstvo in seveda tudi obratno.

Prepričani smo, da alternativne možnosti ni, ter da je ustvarjanje tehnoloških znanj osnova za gospodarski napredek in kontinuirani trajnostni razvoj.

V letu 2011 smo sodelavci Fakultete za strojništvo, Univerze v Mariboru aktivno izvajali :

- 9 projektov v okviru financiranja raziskovalnih programov,
- 2 temeljni raziskovalni projekt,
- 26 aplikativnih projektov,
- 2 podoktorska projekta.

V okviru raziskav na 16. aplikativnih projektih smo sodelovali z naslednjimi gospodarskimi družbami :

Saliesianer Miettex Periteks, d.o.o. ,Trzin ; Pralnica Lucija, d.o.o.,Lucija ; Turboinštitut, d.d., Ljubljana- Šentvid ; EMO-orodjarna,d.o.o., Celje ; Bioiks, d.o.o.,Ljubljana; Messer Slovenija, d.o.o.,Ruše; Perutnina Ptuj,d.d.,Ptuj ; Arcont,d.d.,Gornja Radgona; Metrel,d.d., Horjul; Biomed, d.o.o., Ljubljana; Cimos,d.d.,Koper; Cinkarna,d.d., Celje; Irspin, Litija; Julon,d.d.,Ljubljana; Lokateks, d.o.o.,Škofja Loka; IOS, d.o.o.,Maribor; Zlatarna, d.d.,Celje ; Tren, d.o.o.,Maribor; Unior,d.d.,Zreče; Talum,d.d.,Kidričevo; Tosama, d.o.o.,Domžale.

Ob naštetih gospodarskih družbah, ki so sofinancirale aplikativne projekte smo sodelavci naše fakultete v letu 2011 opravili še več kot 50 različnih raziskav za potrebe industrije.

Na programu usposabljanja mladih raziskovalcev je bilo v letu 2011 vključenih 31 raziskovalcev, katerim izobraževanje sofinancira Agencija za raziskovalno dejavnost R Slovenije in še dodatno 18 mladih raziskovalcev , katerim sofinanciranje zagotavlja Tehnološka agencija R Slovenije.

Kvalitetna in primerljiva vsebina podiplomskega izobraževanja na Fakulteti za strojništvo je odgovor, da je zanimanje za vrhunsko znanje na področju podiplomskega študija v naraščanju.

V letu 2011 je bilo uspešno zaključenih :

- 9 doktorskih disertacij,
- 13 magistrskih študijev in
- 10 specialističnih študijev.

Raziskovalno delo na področju mednarodnih raziskav :

Raziskovalno – pedagoški sodelavci so v letu 2011 uspešno sodelovali tudi v širšem mednarodnem prostoru, saj so aktivno raziskovali na različnih raziskovalnih programih /projektih in sicer :

- 4 projekti v 7. Okvirnem programu EU,
- 3 projekti v okviru razpisa MNT Era – Net,
- 10 projektov razpisa EUREKA,
- 2 TEMPUS projekta in
- 2 COST projekta.

Na področju bilateralnega sodelovanja smo v letu 2011 izvajali 22 različnih projektov in sicer:

- 8 projektov v sodelovanju s članicami EU in sicer : Belgija – Flamska regija, Finska, Francija, Madžarska, Norveška, Portugalska.
- 14 projektov z naslednjimi državami : Argentine, Bosna in Hercegovina, Hrvaška, Indija, Japonska, Južna Koreja, Rusija, Srbija, Turčija, Ukrajina.

PRODEKAN ZA RAZISKOVALNO

DEJAVNOST

red.prof.dr. Jože BALIČ



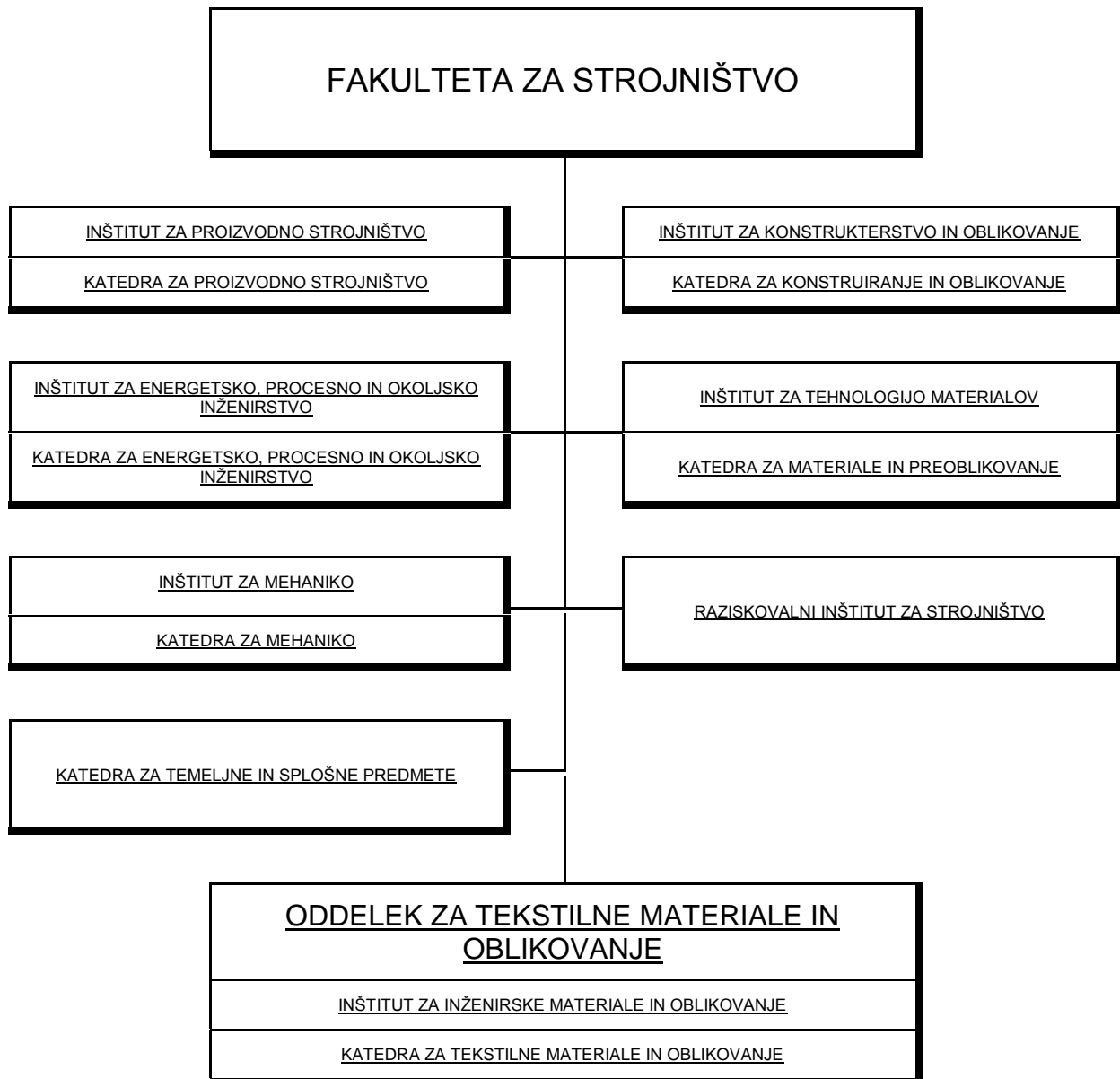
DEKAN

FAKULTETE ZA STROJNIŠTVO

red.prof.dr. Niko SAMEC



ORGANIZACIJSKA STRUKTURA FAKULTETE ZA STROJNIŠTVO



**DOKTORATI, MAGISTERIJI IN SPECIALIZACIJE V
LETU 2011**

DOKTORATI NA ŠTUDIJSKEM PROGRAMU STROJNIŠTVO

KALJUN JASMIN

MODEL INTELIGENTNE PODPORE PRI ERGONOMSKEM IN ESTETSKEM RAZVOJU IZDEKOV

Mentor: *izr. prof. dr. DOLŠAK BOJAN* Somentor: *izr. prof. POGAČAR VOJMIR*

ŠKERLAVAJ ALJAŽ

NUMERIČNA ANALIZA TOKA TEKOČINE V VTOČNEM BAZENU VERTIKALNIH ČRPALK

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

BREZOVNIK SIMON

OPTIMIZACIJA DELOVANJA IZDELOVALNIH STROJEV IN SISTEMOV Z UPORABO SKUPINSKE INTELIGENCE

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

ROZMAN NIKO

RAZVOJ VISOKOTRDNOSTNIH LIVNIH ALUMINIJEVIH ZLITIN S KVAZIKRISTALI

Mentor: *red. prof. dr. ZUPANIČ FRANČ*

ŠAMEC BLAŽ

ŽIVLJENJSKA DOBA ZAVORNIH DISKOV TIRNIH VOZIL PRI TERMOMEHANSKEM OBREMENJEVANJU

Mentor: *red. prof. dr. POTRČ IZTOK* Somentor: *izr. prof. dr. ŠRAML MATJAŽ*

ŠKORC GREGOR

ROBOTSKA CELICA S SUBMIKROMETRSKO RESOLUCIJO

Mentor: *red. prof. dr. ŠAFARIČ RIKO* Somentor: *izr. prof. dr. GOTLIH KARL*

DOKTORATI NA ŠTUDIJSKEM PROGRAMU TEHNIŠKO VARSTVO OKOLJA

GREGORC BOŠTJAN

VPLIV TRDNO-KAPLJEVITIH ZMESI NA OBRATOVALNE KARAKTERISTIKE HIDRAVLIČNIH STROJEV

Mentor: *red. prof. dr. PREDIN ANDREJ* Somentor: *red. prof. dr. HRIBERŠEK MATJAŽ*

KUREČIČ MANJA

SINTEZA NANOKOMPOZITNIH HIDROGELOV V PORAH PP MEMBRANE

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

NOVAK NINA

INTEGRACIJA NAPREDNIH TEHNOLOGIJ ČIŠČENJA OBARVANIH ODPADNIH VOD IZ TEKSTILNE INDUSTRIJE

Mentorica: *red. prof. dr. MAJCEN LE MARECHAL* Somentorica: *red. prof. dr. BRODNJAK-VONČINA ALENKA* *DARINKA*

MAGISTRI NA ŠTUDIJSKEM PROGRAMU STROJNIŠTVO

OGRIZEK BOŠTJAN

NAPREDNO RAZVIJANJE IN NAČRTOVANJE HLADILNIH APARATOV

Mentor: *red. prof. dr. POLAJNAR ANDREJ* Somentor: *izr. prof. dr. BUCHMEISTER BORUT*

ROŠER ROBERT

VISOKOHITROSTNI LASERSKI RAZREZ MATERIALA

Mentor: *red. prof. dr. BALIČ JOŽE* Somentor: *red. prof. dr. ČUŠ FRANCI*

ŽALEC GREGOR

RAZVOJ IN NAČRTOVANJE PROIZVODNJE OHIŠJA GONILA

Mentor: *red. prof. dr. POLAJNAR ANDREJ* Somentor: *red. prof. dr. AČKO BOJAN*

MAGISTRI NA ŠTUDIJSKEM PROGRAMU TEHNIŠKO VARSTVO OKOLJA**ARBITER BENO**

RAVNOTEŽNI MODEL UPLINJANJA ODPADKOV

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

BRGLEZ MONIKA

MOŽNOST UPORABE SOJE, OLJNIH HIBRIDOV KORUZE IN RIČKA V PROIZVODNJI BIODIZLA

Mentor: *red. prof. dr. KNEZ ŽELJKO* Somentor: *red. prof. dr. SAMEC NIKO*

CAMLEK NATAŠA

SVETLOBA V DOLOVNEM OKOLJU IN NJEN VPLIV NA VREDNOTENJE OBREMENITVE VIDA

Mentor: *red. prof. dr. POLAJNAR ANDREJ*

FLOGIE ANDREJ

NAČRTOVANJE IN OPTIMIRANJE PROCESOV S POSEBNIM Poudarkom NA VZDRŽEVANJU TEHNIČNIH SISTEMOV

Mentor: *red. prof. dr. ABERŠEK BORIS* Somentor: *red. prof. dr. FLAŠKER JOŽE*

KRALJ MARHOLD PETRA

METODOLOGIJA RAVNANJA S PADAVINSKIMI VODAMI NA AVTOCESTAH

Mentorica: *red. prof. dr. LOBNIK ALEKSANDRA* Somentor: *red. prof. dr. ROŠ MILENKO*

POLANC JANEZ

LESNI IN GOZDNI SEČNI OSTANKI KOT GORIVO

Mentor: *red. prof. dr. SAMEC NIKO* Somentor: *doc. dr. KADUNC ALEŠ*

ŠMIGOC MAJDA

OBDELAVA PREDČIŠČENE IZCEDNE VODE S KOMBINACIJO

ADSORPCIJA/NANOFILTRACIJA/RAZPLINJEVANJE

Mentorica: *izr. prof. dr. SIMONIČ MARJANA* Somentorica: *red. prof. dr. LOBNIK ALEKSANDRA*

MAGISTRI NA ŠTUDIJSKEM PROGRAMU TEKSTILNA TEHNOLOGIJA**GOMBOC LIDIJA**

ŠTUDIJ VPLIVA HITROSTI PREIZKUŠANJA NA OBNAŠANJE SPECIALNIH PREJ PRI NATEZNEM PREIZKUSU

Mentor: *izr. prof. dr. STJEPANOVIČ ZORAN* Somentorica: *red. prof. dr. SFILIGOJ SMOLE MAJDA*

MAGISTRI NA ŠTUDIJSKEM PROGRAMU 2. STOPNJE OBLIKOVANJE IN TEKSTILNI MATERIALI**BRAČIČ MATEJ**

FUNKCIONALIZACIJA VLAKEN S SINERGISTIČNO FORMULACIJO TENZID-POLISAHARID

Mentorica: *izr. prof. dr. FRAS ZEMLJIČ LIDIJA* Somentorica: *red. prof. dr. STANA KLEINSCHEK KARIN*

TOMPA JASNA

FUNKCIONALIZACIJA VISKOZE S HITOZANOM V KOMBINACIJI Z 1,2,3,4 BUTANTETRAKARBOKSILNO KISLINO (BTCA)

Mentorica: *izr. prof. dr. ŠAUPERL OLIVERA* Somentorica: *red. prof. dr. STANA KLEINSCHEK KARIN in doc. dr. NERAL BRANKO*

SPECIALISTI NA ŠTUDIJSKEM PROGRAMU STROJNIŠTVO**CAFUTA BOŠTJAN**

VPLIV NA KAKOVOST RAZVOJA IZDELAVE ORODJA ZA TLAČNO LITJE ALUMINIJA

Mentor: *red. prof. dr. POLAJNAR ANDREJ* Somentor: *red. prof. dr. AČKO BOJAN*

FERENC JANEZ

MODIFIKACIJA AVTOBUSA S SISTEMOM ZA ZAGOTAVLJANJE VARNOSTNE RAZDALJE

Mentor: *izr. prof. dr. PEHAN STANISLAV* Somentorica: *red. prof. dr. KEGL BREDA*

FRANCE EDVARD

ZASNOVA LOGISTIČNEGA SISTEMA

Mentor: *red. prof. dr. POTRČ IZTOK* Somentor: *izr. prof. dr. LERHER TONE*

FUJS SLAVKO

ANALIZA DOBE TRAJANJA ALUMINIJASTEGA TEČAJA HLADILNEGA APARATA

Mentor: *red. prof. dr. REN ZORAN* Somentor: *red. prof. dr. GLODEŽ SREČKO*

KRANČAN GREGOR

KONSTRUIRANJE PRITRDILNEGA SKLOPA ORODIJ ZA TOPLOTNO STISKANJE JEKLENIH PRAHOV

Mentor: *izr. prof. dr. DOLŠAK BOJAN*

PETRIČ KLEMEN

OPTIMIZACIJA KOMUTATORJA ZA ELEKTROMOTOR PRALNEGA STROJA

Mentor: *red. prof. dr. ANŽEL IVAN* Somentor: *izr. prof. dr. PAHOLE IVAN*

POŽUN DAMJAN

VZPOSTAVITEV IN OBVLADOVANJE PROIZVODNJE, OBRATOVANJA IN VZDRŽEVANJA V DRUŽBI HIDROELEKTRARNE NA SPODNJI SAVI

Mentor: *red. prof. dr. POLAJNAR ANDREJ* Somentor: *izr. prof. dr. BUCHMEISTER BORUT*

TREBIČNIK BOGOMIR

VODENJE TRAČNIH TRANSPORTERJEV PO KONKAVNIH KRIVINAH

Mentor: *red. prof. dr. POTRČ IZTOK*

VAUPOTIČ ANDREJ

ANALIZA ZMOGLJIVOSTI PROIZVODNEGA PROCESA Z METODO PRETOKA

Mentor: *izr. prof. dr. BUCHMEISTER BORUT* Somentor: *red. prof. dr. POLAJNAR ANDREJ*

ZUPANC IZIDOR

RAZVOJ OHIŠJA VODNIKOV S POMOČJO INTEGRACIJE SISTEMOV

Mentor: *red. prof. dr. BALIČ JOŽE* Somentor: *red. prof. dr. POLAJNAR ANDREJ*

***LETNA POROČILA O REZULTATIH RAZISKOVALNIH
PROGRAMOV V LETU 2011***

LETNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA V LETU 2011

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	skupaj:7650	od tega v letu 2011:2550
Cenovni razred	C	
Trajanje programa	01.2009 - 12.2011	
Izvajalci raziskovalnega programa (raziskovalne organizacije in/ali koncesionarji)	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	2.11	
- Veda	2	Tehniške in tehnološke vede
- Področje	2.11	Druge tehniške in tehnološke vede

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem programu²

Področje proizvodnega in projektnega menedžmenta:

Tržni in konkurenčni pogoji proizvodnih podjetij se nenehno spreminjajo. Z odprtostjo trgov in ob kriznih turbolencah so podjetja izpostavljena večji konkurenci, kar zahteva še večjo inženirsko, ekonomsko in tehnološko učinkovitost, prožnost, kakovost, inovativnost, raznolikost izdelkov in hitro dobavo. Zato smo nadaljevali raziskavo trendov, ki 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 (ki je bila tudi objavljena v SCI reviji) preučevali možnosti uporabe umetne inteligence, konkretno evolucijskih algoritmov pri modeliranju preoblikovalnih procesov s ciljem določanja napetosti tečenja. Metoda kaže izjemno splošno uporabnost ob pogoju, da razpolagamo z zadostnimi eksperimentalnimi podatki.

Vitka proizvodnja je način razmišljanja oziroma sistem metod in tehnik, s katerimi lahko podjetje postane zelo konkurenčno, ne samo z vidika proizvodnje, ampak tudi z vidika podjetja kot celote. Glavni cilj vitke proizvodnje je odstraniti vse možne zastoje, tako da delo poteka čim bolj enakomerno in tekoče. To pomeni, da podjetje za aktivnosti v okviru procesa porabi manj dela, manj proizvodnega prostora, manj vlaganj, manj orodij in manj časa. Na osnovi rezultatov raziskave smo prišli do zanimivih zaključkov. V letu 2011 smo enostavne analize razširili še z bolj zahtevnimi tehnikami in pripravili materiale za objavo v priznanih mednarodnih revijah. Raziskavo o prisotnosti konceptov vitke proizvodnje v slovenskih podjetjih smo izvedli v sodelovanju s prof. Tonchia iz Univerze v Udinah, Italija.

V letu 2011 smo izvedli raziskavo o organizacijski in projektni zrelosti naših podjetij. V današnjem okolju postaja projektni način dela v podjetju prevladujoči menedžerski koncept. Spopad z izzivi poslovnega okolja in z aktualnimi težavami je možen zgolj s skrbno načrtovanimi projekti, ki jih je treba tudi učinkovito izvajati. Zato se raziskava osredotoči na učinkovitost in uspešnost izvedbe projektov v slovenskih podjetjih. Zanimalo nas je, kako so podjetja pripravljena na izvedbo projektov, katere projekte izvajajo in predvsem, kako je učinkovitost izvedbe projektov povezana z organizacijsko zrelostjo podjetij (v smislu tehniških, organizacijskih, menedžerskih, strateških in drugih kompetenc podjetja). Rezultati so bili predstavljeni na nekaj konferencah in so tudi del doktorske disertacije sodelavca iz partnerske države pri raziskavi dr. Bojana Lalića iz Fakultete tehniških nauka Novi Sad.

V letu 2009 smo izvedli raziskavo o proizvodni dejavnosti v slovenskih proizvodnih podjetjih - izvedli smo obsežno anketo, kjer smo podjetja spraševali o značilnostih njihove proizvodnje (tehniški in organizacijski koncepti, selitev proizvodnje, razvoj izdelkov, uvedba storitev, vezanih na izdelke ...). V letu 2011 smo pričeli s pripravo nove ankete, ki bo izvedena leta 2012. Prav tako je v teku priprava treh člankov za znanstvene revije: Technovation (povezanost tehniških in organizacijskih inovacij v proizvodnih podjetjih v Sloveniji, Hrvaški, Nemčiji in Nizozemski), Journal of Cleaner Production (vpliv ekološko prijaznih tehnologij in konceptov na ekonomsko stanje proizvodnih podjetij v Sloveniji in Španiji) ter za še neizbrano revijo na temo vračanja proizvodnje iz tujine v Evropo – še praktično neraziskan pojav v Evropi.

Raziskave kažejo, da je v Sloveniji odstotek zelo izobraženih strokovnjakov nad evropskim povprečjem, hkrati pa so razpoložljiva finančna sredstva za razvoj novih izdelkov in storitev pod evropskim povprečjem. Razpoložljiva visoko izobražena delovna sila bi lahko bila pomemben dejavnik pri izboljšanju učinkovitosti NPD s pomočjo uporabe metod inovacijskega managementa (IMT). Zato smo se osredotočili v raziskavi na uporabo naslednjih metod: 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) v slovenskih podjetjih pri razvoju novih izdelkov. Rezultati raziskave kažejo, da ima velik delež slovenskih podjetij še rezerve v povečanju učinkovitosti inovacijskih procesov z uporabo metod inovacijskega managementa. Rezultati tudi kažejo pomanjkljivo znanje o teh metodah, zato bi veljal razmislek o uvedbi teh metod v dodiplomske in podiplomske študijske programe in organiziranju izobraževalnih seminarjev o uporabi teh metodah pri NPD v podjetjih.

Dimenzionalno meroslovje:

1. V sodelovanju s Fakulteto za elektrotehniko Univerze v Wroclavu in podjetjem Lasertex smo izpopolnili algoritem za merjenje frekvenc laserskega sevanja. Dopolnjen je bil modul za vrednotenje časovne karakteristike sekundarnega laserja

ter modul za spremljanje časovne stabilnosti primarnega etalona. V sistem smo vključili frekvenčni analizator.

2. Ponovno je bila ovrednotena časovna karakteristika oz. stabilnost primarnega etalona, pri čemer je bil ugotovljen nedovoljen padec jakosti laserskega sevanja. V zadnji četrtini leta je bil etalon frekvence poslan na servis in ponovno vrednotenje meroslovnih karakteristik.
3. Integriran merilni sistem KMN-LI je bil dopolnjen z naprednimi pozicionirnimi sistemi za lasersko optiko. Podrobno je bil ovrednoten predvsem merilni algoritem za merjenje krožnosti. Izvedena je bila vrsta eksperimentalnih meritev – med drugim tudi na mednarodno ovrednotenih etalonih. Izdelan in preskušen je bil algoritem za sočasno zajemanje podatkov z LI in KMN.
4. Etalona za optične 3D naprave (izdelana v 2010) sta bila testirana v mednarodni medlaboratorijski primerjavi. Ovrednotena je bila tudi časovna stabilnost v obdobju 1 leta.

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

Ocenjujemo, da smo zastavljene raziskovalne cilje na vseh raziskovalnih področjih (proizvodni menedžment, projektni menedžment ter dimenzionalno meroslovje) dosegli in delno celo presegle. Poudariti velja, da smo določene cilje sproti nadgrajevali glede na spremembe zahtev okolja ter na dinamiko raziskav (določeni cilji so bili preseženi že v preteklem letu).

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

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

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 spremembo 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).

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine v letu 2011⁵

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	14652438	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Integracija laserskega interferometra in koordinatne merilne naprave v merilni sistem za merjenje notranjih dimenzij
		ANG	Integration of a laser interferometer and a CMM into a measurement system for measuring internal dimensions
	Opis	SLO	Članek predstavlja izvirno znanstveno-razvojno delo na področju preciznega merjenja notranjih premerov in razdalj. Raziskava je bila usmerjena v koncept in izdelavo integriranega merilnega sistema na osnovi naprednih komercialnih merilnih naprav. Pomembna karakteristika razvitega sistema je neposredna sledljivost na primarni etalon dolžine, s

		katerim razpolaga Laboratorij za tehnološke meritve, najboljša meroslovna zmogljivost sistema pa je primerljiva z zmogljivostmi vodilnih evropskih meroslovnih inštitutov
	ANG	In order to improve the existing comparative procedure for calibrating internal dimensions, we have developed a new measurement set-up for traceable absolute measurements. It consists of a co-ordinate measuring machine (CMM) and a laser interferometer (LI). The LI serves as a traceable measurement system, while the CMM is only used as a guiding system for the measuring probe. Extended research focused on defining probe parameters such as diameter, bending and indentation, as well as probing head repeatability and other error sources. The final goal of the research was to determine uncertainty of measurement under existing laboratory conditions. The main outcomes of the research and final uncertainty of measurement are presented in this article.
Objavljeno v		Elsevier; Measurement; 2011; Vol. 44, issue 2; str. 426-433; Impact Factor: 0.846; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.826; WoS: IF, OA; Avtorji / Authors: Tasič Tadej, Ačko Bojan
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
2.	COBISS ID	15547158 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Možnosti uporabe tridimenzionalnega optičnega skeniranja pri kompleksni geometrijski kontroli
	ANG	Possibilities of using three-dimensional optical scanning in complex geometrical inspection
Opis	SLO	Brezkontaktno optično zajemanje, merjenje in digitalizacija postajajo vedno bolj razširjeni postopki v sistemih zagotavljanja kakovosti. Prednosti optičnega skeniranja v primerjavi s konvencionalnimi kontaktnimi merilnimi postopki so preprosto zajemanje, visoka gostota pridobljenih podatkov ter povezava med povratnim inženirstvom in preverjanjem oblike. Optični skener se zaradi trirazsežnega zajemanja podatkov pogosto obravnava kot alternativa koordinatni merilni napravi. Prednost optičnega skeniranja je predvsem večja hitrost zajemanja podatkov, medtem ko natančnost še ne dosega ravni koordinatne merilne tehnike. Ta prispevek obravnava možnosti uporabe optičnega skenerja pri preverjanju natančnosti izdelave. Predstavljen je primer, pri katerem je za preverjanje natančnosti izdelka uporabljen optični skener GOM ATOS II. V prvem delu prispevka je predstavljeno specifično področje preverjanja natančnosti medicinskih vsadkov. Predstavljene so prednosti, zaradi katerih je optično skeniranje pri takšnih izdelkih primernejše od koordinatnega merjenja. V drugem delu prispevka so predstavljeni rezultati optičnega zajemanja geometrije merilnih kladic ter merilna negotovost postopka. V zadnjem delu je predstavljena neposredna primerjava rezultatov optičnega skeniranja in koordinatnega merjenja kroglice. Glede na rezultate merjenja merilnih kladic in primerjave rezultatov merjenja kroglice smo dokazali, da je natančnost optičnega skenerja GOM ATOS II primerna za preverjanje oblike medicinskih vsadkov z ozirom na zahtevano natančnost izdelka pred samim operacijskim posegom. Nadaljnje raziskave na tem področju bodo namenjene predvsem ločevanju in vrednotenju merilnih pogreškov optičnega zajemanja, ki so posledica nenatančnosti same naprave ter pogreškov, ki nastajajo zaradi naknadne poobdelave (poligonizacije) zajetih podatkov. Preizkus natančnosti optičnega sistema je bil omejen na merjenje merilnih kladic in na primerjavo meritve kroglice s koordinatno merilno napravo. Prispevek predstavlja izvirno področje preverjanja natančnosti izdelave kompleksnih geometrijskih oblik. Predstavljena sta postopek zajemanja in poobdelave podatkov ter metoda preizkusa natančnosti naprave. Prispevek je namenjen vsem, ki se ukvarjajo s preverjanjem kompleksnih geometrijskih oblik, saj se bo z razvojem novih sistemov za optično zajemanje oblik povečevala tudi njihova

		natančnost. Te naprave bodo zato postajale vedno pomembnejše na širšem področju zagotavljanja kakovosti in ne samo na specifičnem primeru, predstavljenem v tem članku.
	ANG	Non-contact optical three-dimensional measuring, scanning and digitising are increasingly present in quality assurance systems. Simple scanning procedures, high density of data acquired in a single scan, and the possibility of integrated reverse engineering and inspection, are all advantages of optical scanning compared to conventional measuring methods. Due to the three-dimensional acquisition of measuring data, an optical scanner is often considered to be an alternative possibility for coordinate measuring machines. However, the accuracy of the measured data acquired by optical scanning (even with a high-end system) is still far below the level achieved by high-level coordinate measuring machines. This paper examines the possibilities of using a three-dimensional scanner for workpiece inspection. The first part presents a special field of workpiece inspection in which, even with currently achievable accuracy, optical scanning is a viable solution for the inspection of manufactured parts. In addition, the achievable dimensional accuracy of an optical scanner is tested by scanning several gaugeblocks. In conclusion, a head to head comparison with a coordinate measuring machine is made by scanning and verifying a sphere.
	Objavljeno v	Zveza strojnih inženirjev in tehnikov Slovenije [et al.] = Association of Mechanical Engineers and Technicians of Slovenia [et al.]; Strojniški vestnik; 2011; Vol. 57, no. 11; str. 826-833; Impact Factor: 0.466; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.909; WoS: IU; Avtorji / Authors: Brajliah Tomaž, Tasič Tadej, Drstvenšek Igor, Valentan Bogdan, Hadžistević Miodrag, Pogačar Vojko, Balič Jože, Ačko Bojan
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	14890262 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Uporaba evlucijskih algoritmov pri modeliranju napetosti tečenja
		<i>ANG</i> Evolutionary algorithm approaches to modeling of flow stress
	Opis	<i>SLO</i> Za doseganje visoke kakovosti procesov preoblikovanja kovin in popolno funkcionalnost izdelkov moramo čim natančneje določiti lastnosti materiala. V članku je predstavljena uporaba evlucijskih 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.
		<i>ANG</i> 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: 0.802; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.019; WoS: IK, PM; Avtorji / Authors: Brezočnik Miran, Buchmeister Borut, Gusel Leo
Tipologija	1.01	Izvirni znanstveni članek

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati programske skupine v letu 2011⁶

Družbenoekonomsko relevantni dosežki		
1.	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 priručnikov, 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)
2.	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
3.	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 JCR na področju proizvodnega strojništva in industrijskega inženirstva, hkrati pa je indeksirana tudi v ostalih pomembnih bibliografskih bazah (SCOPUS, Inspec, TEMA, METADEX itd.). Revija objavlja teoretične in praktično usmerjene članke, ki obravnavajo vprašanja sodobne tehnike simulacijskega modeliranja s poudarkom na simulaciji diskretnih dogodkov. Revijo izdaja Tehniška univerza na Dunaju v okviru delovanja mednarodnega združenja DAAAM Int. Vienna, letno izide 4-krat.
		ANG	Izr. prof. dr. Borut Buchmeister je soavtor strokovnega članka, ki obravnava pomembno temo s področja upravljanja proizvodnje (FRIŠČIĆ, Darko, BUCHMEISTER, Borut. Teorija omejitev pri načrtovanju proizvodnih procesov. IRT 3000, dec. 2011, letn. 6, št. 6 (36), str. 96-97, ilustr. [COBISS.SI-ID 15631382]).
	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

8. Drugi pomembni rezultati programske skupine v letu 2011^Z

Izr. prof. dr. Borut Buchmeister je so-urednik znanstvene revije Strojniški vestnik – Journal of Mechanical Engineering, ki sodi v kategorijo JCR na področju strojništva. Strojniški vestnik objavlja teoretične in praktično usmerjene članke, ki obravnavajo vprašanja sodobne tehnologije, vsako leto izide 11-krat. (Strojniški vestnik. Buchmeister, Borut (urednik 2009, 2010, 2011). Ljubljana: Zveza strojnih inženirjev in tehnikov Slovenije [et al.]: = Association of Mechanical Engineers and Technicians of Slovenia [et al.], 1955-. ISSN 0039-2480. [COBISS.SI-ID 762116]).

Doc. dr. Iztok Palčič ostaja glavni urednik Projektne mreže Slovenije - znanstveno-strokovne revije s področja projektnega menedžmenta.

Doc. dr. Iztok Palčič je podpredsednik Slovenskega združenja za projektni management.

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

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

Laboratorij za tehnološke meritve FS UM je imenovan meroslovni inštitut v Evropskem združenju nacionalnih meroslovnih institucij Euramet (Designated Metrology Institute MIRS/UM-FS/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.

Prof. Majda Bastič je glavna in odgovorna urednica revije Naše gospodarstvo (indeksirana v mednarodnih bazah).

Prof. Majda Bastič je pomočnica urednika revije Central European Journal of Operations Research (indeksirana v JCR).

Prof. Majda Bastič je predstavnik Slovenije v The Association of European Operational Research Society (EURO) in v International Federation of Operational Research Society (IFORS).

Več o drugih pomembnih rezultatih programske skupine lahko najdete še v točki 9.

9. Vključenost v raziskovalne programe Evropske unije in druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v letu 2011 z vsebinsko obrazložitvijo porabe dodeljenih sredstev iz naslova dodatnega letnega sofinanciranja mednarodnega sodelovanja na podlagi poziva za EU vpetost 2011⁸

Nismo prejeli sredstev iz naslova dodatnega letnega sofinanciranja raziskovalnega programa zaradi mednarodnega sodelovanja (sodelovanja v projektih okvirnih programov Evropske unije).

Navajamo naše projekte, kjer smo sodelovali:

European Manufacturing Survey - raziskava o proizvodni dejavnosti v slovenskih in drugih evropskih proizvodnih podjetjih. Analiza rezultatov iz leta 2009, objava strokovnih člankov. Prvo mednarodno anketo o proizvodni dejavnosti v Evropi smo izvedli leta 2004, ponovili smo jo v letih 2006-07 in nazadnje 2009-10. Koordinator celotnega projekta je sloviti Fraunhoferjev inštitut iz Nemčije. Anketa zajema poleg Nemčije in Slovenije še Avstrijo, Švico, Francijo, Hrvaško, Dansko, Nizozemsko, Španijo, Rusijo in Turčijo. Na anketo so odgovarjali proizvajalci strojev in opreme, proizvajalci končnih izdelkov iz kovinsko-predelovalne industrije, proizvajalci plastičnih in gumenih izdelkov in podjetja, ki sodijo v elektro industrijo. V Sloveniji je na anketo odgovorilo 71 podjetij, stopnja odziva je bila nekaj čez 11 %. Rezultate ankete posredujemo v posameznih državah lokalnim in nacionalnim vladnim institucijam ter jih predstavljamo na najrazličnejših dogodkih, konferencah, srečanjih ter v obliki strokovnih prispevkov. V anketi sprašujemo podjetja o proizvodnih strategijah, rabi tehniških in organizacijskih inovacij, selitvi proizvodnje, tipih proizvodnje in izdelkov, konkurenčnih kriterijih, kvalifikacijah in izobrazbi zaposlenih. Zbiramo tudi podatke o produktivnosti, fleksibilnosti, kakovosti, donosih ipd. Anketo smo v zadnji verziji temeljito posodobili, dodali nekaj novih perečih tematik, predvsem s področja smotrne rabe energije, ekologije, storitev, ki jih nudimo zraven izdelkov, ter uporabe projektne načina dela v podjetjih. Prav tako smo razširili področja in tako smo zajeli podjetja, ki sodijo v razrede NACE 17-19, 25, 28-35 (inačica 1.1 iz leta 2003).

Prof. Borut Buchmeister je v zadnjih desetih letih vključen kot partner v CEEPUS mreži, nazadnje 6 let v CII-RS-0065. CEEPUS (srednjeevropski program za izmenjavo študentov in profesorjev) je regionalni program, ki je pričel delovati marca 1995. Cilj programa je vzpostaviti in spodbujati mobilnosti študentov in profesorjev med sodelujočimi državami ter izkoristiti povezave in možnosti za oblikovanje skupnih študijskih programov. CEEPUS deluje na osnovi mrež (Network). Ustanovijo jih posamezne univerze, fakultete ali njihovi oddelki za določena področja. Cilj programa CEEPUS je razvoj izobraževanja. Običajno izvedemo letno v okviru te mreže 4 študentske in 2 profesorske meseca gostovanj.

Zelo plodno mednarodno sodelovanje imamo tudi z Univerzo v Novem Sadu, kjer doc. Palčič in prof. Buchmeister sodelujeta kot gostujoča profesorja pri izvedbi predmetov na 2. in 3. stopnji bolonjskega študija.

Intenzivno sodelovanje imamo tudi s Tehniško Univerzo v Gradcu (Avstrija) z Institute of Industrial Management and Innovation Research, kjer izvajamo skupne mednarodne študentsko-raziskovalne projekte v avstrijskih podjetjih. Partner je tudi Tehniška Univerza iz Helsinkov (Finska). V zadnjih letih je industrijski partner sloviti Philips iz Celovca. R&R delo poteka na izboljšavah izdelkov podjetja Philips oziroma na razvoju novih konceptov izdelkov.

Sodelovanje s prof. Tonchia iz Università degli studi di Udine poteka že vrsto let. Univerza v Udinah skuša spodbujati sodelovanje in izmenjavo znanj s podeljevanjem štipendij, ki smo jih v našem laboratoriju že dvakrat prejeli. V letu 2010 smo skupaj s prof. Tonchia izvedli raziskavo o prisotnosti konceptov vitke proizvodnje in 6 sigme v slovenskih podjetjih.

Projekt EURAMET L-K7- Calibration of linescales: To je 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 (optične meritve ob podpori laserske interferometrije). Projekt vodi naš Laboratorij za tehnološke meritve (priglašen inštitut pri EURAMET MIRS/UM-FS/LTM), poleg njega pa je udeleženih še 30 nacionalnih meroslovnih inštitutov iz celega sveta (Evropa, Južna Amerika, Severna Amerika in Azija). V letu 2010 je bilo glavno delo usmerjeno v pisanje in usklajevanje osnutka B poročila o medlaboratorijski primerjavi (draft B). Oktobra je bilo na zasedanju EURAMET TCL (odbor za dolžino) obširno usklajevanje osnutka, do konca leta pa je bil izdana končna verzija osnutka B.

LETNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA V LETU 2011

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 2011:5100
Cenovni razred	C	
Trajanje programa	01.2009 - 12.2014	
Izvajalci raziskovalnega programa (raziskovalne organizacije in/ali koncesionarji)	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	2.11	
- Veda	2	Tehniške in tehnološke vede
- Področje	2.11	Druge tehniške in tehnološke vede

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem programu²

Inteligentni tehnološki stroji in naprave

Na krovnem področju programa smo v preteklem letu izvedli številne raziskave, ki vključujejo metode umetne inteligence za gradnjo inteligentnih strojev, naprav in izdelovalnih sistemov. Metode umetne inteligence smo uporabili za napovedovanje hrapavosti obdelane površine, za samodejno programiranje CNC-strojev s pomočjo skupinske inteligence in umetnih nevronske mreže, za optimiranje postavitve surovca v delovni prostor glede na gibljivost robotskega mehanizma, za

optimiranje izdelovalnosti obdelovanca glede na mesto njegovega vpetja, za optimiranje večrobotskega obdelovalnega sistema, za optimiranje poti robotskega mehanizma z vpeljavo pojma hitrostne anizotropije in za optimiranje obdelovalnega sistema s pomočjo hibridnega postopka. Izvedli smo tudi preliminarne raziskave s področja nanašanja kovinskih prevlek na osnovni material s tehnologijo LENS. Pri raziskavah smo uporabili najsodobnejše raziskovalne metode, 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 nevronskih mrežah, različnih evolucijskih algoritmih, različnih tehnikah skupinske inteligence, mehki logiki, hibridnih metodah in nekaterih sodobnih evolucijskih metodah za večkriterijsko optimizacijo.

Na področju razvoja inteligentnih preoblikovalnih sistemov smo nadaljevali z raziskavami upogibanja pločevine po metodi trak-trix, ki smo jo na podlagi izsledkov raziskave preimenovali v upogibanje v dveh stopnjah. Na področju inkrementalnega preoblikovanja se pripravljamo na nakup obdelovalnega stroja, ki bo omogočal izvedbo preizkusov na visokem nivoju.

Razvoj inteligentnih strojev in naprav na področju robotike je bil v letu 2011 usmerjen v študij delovnih prostorov robotov z namenom iskanja optimalnega položaja nove opreme (servo gnane obračalne mize), ki bo dopolnila obstoječ sistem in omogočila izdelave prototipov večjih dimenzij.

Na področju dodajalnih tehnologij smo dokončali razvoj modela določanja geometrijske kompleksnosti izdelkov in izvedli več testiranj metode ugotavljanja hitrosti naprav za dodatno izdelavo. Začeli smo z razvojem modela ocenjevanja kakovosti izdelave za različne postopke dodajalnih tehnologij.

Na medicinskem področju smo definirali obliko in razvili metodo oblikovanja šablon za vstavljanje pedikularnih vijakov pri operacijah hrbtenice. Začeli smo razvoj posebnih resekcijskih šablon za ortopedske posege v predelu kolena. Ob tem smo prišli do določenih spoznanj, ki na novo definirajo celoten postopek načrtovanja operacije.

Na področju materialov za lasersko sintranje smo raziskovali vpliv temperature na obstojnost PA12 in prišli do zaključka, da se material v kemičnem smislu bistveno ne spreminja, da pa ima večkratno ogrevanje pomemben vpliv na morfologijo delcev materiala – zrnatost. Ugotovitve smo predstavili na slovenskih kemijskih dnevih, saj je bila raziskava interdisciplinarna.

Aktivnosti na področju odrezovalnih postopkov in inteligentnih proizvodnih strojev in naprav so bile naslednje. Nadaljnji razvoj in testiranje komponent CNC-krmilne enote z možnostjo učenja na osnovi genetskega programiranja. Nadaljnji razvoj in testiranje inteligentnih adaptivnih avtonomnih sistemov vodenja za visoko-hitrostno freziranje s težko opredeljivo dinamiko. Modeliranje in optimizacija odrezovalnih postopkov z evolucijskimi algoritmi (genetskim programiranjem) in metodami inteligence rojev (npr. PSO optimizacija in optimizacija z algoritmom, ki posnema kolonijo mravelj). Nadaljnja optimizacija hidravličnih komponent za stiskalnico za doseganje večje kakovosti izdelkov in za zmanjšanje neugodnih vplivov na okolje.

V letu 2011 so se na področju oljne hidravlike nadaljevale raziskovalne aktivnosti vezane daljinski on-line nadzor stanja hidravličnih tekočin, aktivnosti vezane na uvajanje novih hidravličnih tekočin in sodobnih konceptov zajemanja in ovrednotenja signalov. Izvedene so bile naslednje aktivnosti:

so v skladu s planiranimi vsebinami in cilji.

- spoznani podrobnejši mehanizmi fizikalno kemijskih sprememb mineralnih olj in sintetičnih težko vnetljivih tekočin,
- zasnovan spletni vmesnik za on-line spremljanje stanja mineralnih olj,

- testi korozijskih in mazalnih lastnosti ionskih tekočin,
- zasnovana merilna veriga za merjenje prenosnega obnašanja tlačnih motenj v cevovodih,
- merjenje modula stisljivosti tekočin z visokim modulom stisljivosti,
- uvodna raziskava možnih vplivov na delovanje hidravličnega sistema.

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

Raziskovalni program je bil v letu 2011 v celoti realiziran, skladno s programom.

Poudarek raziskav je bil na razvoju metod umetnih nevronske mreže, evolucijskih algoritmov, inteligence rojev, večkriterijske optimizacije (še posebej NSGA-II algoritmu) mehki logiki in hibridnih metodah (npr. integraciji inteligence rojev z evolucijskimi algoritmi). Omenjeno metodologijo smo uporabili za študij in razvoj več različnih izdelovalnih sistemov med katerimi izpostavljam:

- Napovedovanje hrapavosti obdelane površine (s postopki z odrezavanjem materiala) z uporabo umetne nevronske mreže in optimizacije z rojem delcev.
- Raziskavi samodejnega programiranja CNC-rezkalnega stroja s pomočjo NSGA-II večkriterijske optimizacije in samodejnega programiranja CNC-rezkalnega stroja s pomočjo skupinske inteligence - Dokazali smo, da je mogoče s skupinsko inteligenco doseči optimalno postavitev surovca v delovni prostor glede na gibljivost robotskega mehanizma.
- Raziskali smo možnosti simultane obdelave obdelovanca z večrobotskim obdelovalnim sistemom
- Izvedli smo tudi optimiranje poti robotskega mehanizma z vpeljavo pojma hitrostne anizotropije
- Implementacija servo tehnike v obstoječo obračalno mizo robota,
- Izdelava prvih prototipnih oblik na osnovi CAD modelov

V okviru raziskav na področju oljne hidravlike so se nadaljevale aktivnosti na področjih snovanja energetsko učinkovitejših, cenovno ugodnih in robustnih ter daljinsko nadzorovanih elektrohidravličnih pogonskih sistemov z vgrajeno on-line nadzorovalno (Condition Monitoring) funkcijo, ki omogočajo povečanje zanesljivosti delovanja ter nižje stroške vzdrževanja pogona, in nadzora stanja pogona in njegovih komponent. Tako so bile realizirane naslednje aktivnosti:

- Spoznani podrobnejši mehanizmi fizikalno kemijskih sprememb mineralnih olj in sintetičnih težko vnetljivih tekočin,
- Zasnovan spletni vmesnik za on-line spremljanje stanja mineralnih olj,
- Testi korozijskih in mazalnih lastnosti ionskih tekočin,
- Zasnovana merilna veriga za merjenje prenosnega obnašanja tlačnih motenj v cevovodih,
- Merjenje modula stisljivosti tekočin z visokim modulom stisljivosti,
- Uvodna raziskava možnih vplivov na delovanje hidravličnega sistema

Pri izdelavi inteligentnega samoučljivega sistema vodenja za visoko-hitrostno frezanje s težko opredeljivo dinamiko so izvedene naslednje aktivnosti:

- Sprogramiranji so ANFIS komponente programa za izbiro frezal in napovedovanje priporočenih rezalnih parametrov;
- Sprogramiranji so ANFIS komponente programa za izbiro frezal in napovedovanje priporočenih rezalnih parametrov;
- Izvedena je priprava podatkov za učenje in testiranje ANFIS modelov; Izbrana je ustrezna podatkovna matrika;

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

Večjih sprememb raziskovalnega programa in njegovih ciljev v letu 2011 ni bilo.

Manjša sprememba je bila na področju inteligentnih preoblikovalnih sistemov pri raziskavi inkrementalnega preoblikovanja. Predelava obdelovalnega stroja ni bila izvedena zaradi planirane nabave sodobnega obdelovalnega stroja posebej primerne za uporabo inkrementalnega preoblikovanja. Zato se je ta del raziskave prenesel v leto 2012.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine v letu 2011⁵

		Znanstveni dosežek	
1.	COBISS ID	15673110	Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO	Inteligentne optimizacijske metode za industrijske skladiščne sisteme
		ANG	Intelligent optimization methods for industrial storage systems
	Opis	SLO	V poglavju je predstavljen težave optimiranja sodobnih kompleksnih industrijskih sistemov. Eden izmed učinkovitih odgovorov na obvladovanje kompleksnih sistemov so inteligentne metode. Predstavljene so značilnosti teh metod in posebej sta s primeri predstavljena evolucijsko računanje in inteligenca rojev.
		ANG	Chapter presents difficulties at the optimising of design and operation of modern complex industrial systems. One of the efficient answers on problems at controlling large complex systems is artificial intelligence.. In the chapter the characteristics of this methods are presented, especially evolutionary computation and swarm intelligence.
	Objavljeno v	MANZINI, Riccardo (ur.). Warehousing in the global supply chain : advanced models, tools and applications for storage systems. London [etc.]: Springer, 2012, str. 341-370, doi: 10.1007/978-1-4471-2274-6_9.	
Tipologija	1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji		
2.	COBISS ID	14359318	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Hitrostna anizotropija industrijskega robota
		ANG	Velocity anisotropy of an industrial robot
	Opis	SLO	V članku je predstavljena metoda za optimalno namestitev robotov v delovni prostor. V delu avtorji prikažejo 3D-diskretno predstavitev delovnega prostora komercialnega industrijskega robota z dodanim parametrom hitrostne anizotropije za vse diskretne točke. Avtorji so dokazali učinkovitost predlaganega pristopa, saj je mogoče tako doseči optimalno postavitev robota v delovni prostor.
		ANG	Industrial robots are part of production systems and it is important to place them into the system according to their properties and behaviour. The information, obtained from the technical sheets of robots, about workspace (its dimensions and shape) is insufficient for designing the production system. The information about mobility is missing. To represent the behaviour of the robot in the workspace, velocity anisotropy of the robot is introduced and defined as the length of the shortest velocity ellipsoid axes, which can be constructed for any position of robot in its tool centre point. The position of a tool centre point is equivalent to the point in the workspace. A graphical representation of the 3D workspace with included velocity anisotropy is then performed and an example for a design of a robotised welding production system is given. In this example the benefits of the graphical representation of the workspace with included velocity anisotropy are

		presented and discussed.
	Objavljeno v	Pergamon; Robotics and computer-integrated manufacturing; 2011; Vol. 27, iss. 1; str. 205-211; Impact Factor: 1.254; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.019; WoS: EV, IK, RB; Avtorji / Authors: Gotlih Karl, Kovač Denis, Vuherer Tomaž, Brezovnik Simon, Brezočnik Miran, Zver Andrejka
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	15266582 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Uporaba genetskega programiranja za določevanje značilnosti materialov
		<i>ANG</i> Application of genetic programming for modelling of material characteristics
	Opis	<i>SLO</i> V članku je prikazana študija hladno preoblikovanih (vlečenih) vzorcev iz bakrove zlitine z uporabo metode umetne inteligence – genetskega programiranja. Na osnovi eksperimentalnih podatkov in simulirane evolucije so bili dobljeni različni modeli, ki natančno določajo nekatere materialne lastnosti vzorca. Izvedena je bila tudi primerjava dobljenih genetsko razvitih modelov z regresijskimi modeli.
		<i>ANG</i> Genetic programming, which is one of the most general evolutionary computation methods, was used in this paper for the modelling of tensile strength and electrical conductivity in cold formed material. No assumptions about the form and size of expressions were made in advance, but they were left to the self organization and intelligence of evolutionary process. Genetic programming does this by genetically breeding a population of computer programs using the principles of Darwinian's natural selection and biologically inspired operations. In our research, copper alloy was cold formed by drawing using different process parameters and then tensile strengths and electrical conductivity (dependent variables) of the specimens were determined. The values of independent variables (effective strain, coefficient of friction) influence the value of the dependent variables. Many different genetic models for both dependent variables were developed by genetic programming. The accuracies of the best models were proved by a testing data set. Also, comparison between the genetic and regression models is presented in the paper. The research showed that very accurate genetic models can be obtained by the proposed method.
	Objavljeno v	Pergamon; Expert systems with applications; 2011; Vol. 38, iss. 12; str. 15014-15019; Impact Factor: 1.924; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.203; A': 1; WoS: EP, IQ, PE; Avtorji / Authors: Gusel Leo, Brezočnik Miran
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati programske skupine v letu 2011⁶

	Družbenoekonomsko relevantni dosežki	
1.	COBISS ID	Vir: vpis v poročilo
	Naslov	<i>SLO</i> Implementacija Condition monitoring – CM enote za on-line nadzor hidravličnega mineralnega olja v podjetju REVOZ in IMPOL.
		<i>ANG</i> CM unit for on-line condition monitoring of mineral hydraulic oil in companies IMPOL and ACRONI
		Za namene spremljanja stanja hidravličnega mineralnega olja, je bila v vodilnih slovenskih podjetjih implementirana on-line CM enota za spremljanje najpomembnejših fizikalno kemijskih lastnosti mineralnih olj

	Opis	SLO	in težko vnetljive hidravlične tekočine– viskoznosti, dielektrične konstante, prevodnosti, vlage v olju, ki sproti podajajo informacije o stanju olja in njegovih spremembah. V podjetju IMPOL je bila CM enota implementirana v krmilje in nadzorni sistem Al-ekstrudorja, namenjenega izdelavi najzahtevnejših izdelkov primernih za avtomobilsko industrijo in ostale branže.
		ANG	CM unit for on-line condition monitoring of mineral hydraulic oil in companies ACRONI and IMPOL. An on-line CM unit was implemented in the leading Slovenian companies to monitor the most important physical and chemical properties of mineral oils and non-flammable hydraulic fluid - viscosity, dielectric constant, conductivity, relative humidity in oil ... which constantly provides information on oil condition and its change.
	Šifra	F.09 Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Objavljeno v	Interno poročilo o razvojnem projektu uvajanja	
	Tipologija	2.13 Elaborat, predštudija, študija	
2.	COBISS ID	15415830	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Nadgrajevanje modernih CNC obdelovalnih strojev z nadzornimi sistemi
		ANG	Modernization of CNC machine tools with monitoring systems
Opis	SLO	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.	
	ANG	The purpose of this paper is to present the monitoring system which by indirect optimization and digital adaptation of the cutting parameters protects cutting tool and maintains a constant roughness of the surface being milled. In this way it compensates for all disruptions that occur during the machining process: tool wear, tool breakage, material inhomogeneity, vibration and chatter. The effectiveness of the proposed monitoring system resulting in improved surface quality and less tool wear, has been tested on the milling center Heller BEA 01.	
	Šifra	F.10 Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Objavljeno v	GZS, Združenje kovinske industrije, Odbor za orodjarstvo in strojogradnjo; Razvoj z velikim R; 2011; Str. 51-56; Avtorji / Authors: Župerl Uroš, Čuš Franc	
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
3.	COBISS ID	4052543	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Vodilna plošča za pozicioniranje pedikularnih vijakov
		ANG	Rapid prototyping drill guide template for lumbar and sacral pedicle screw placement
Opis	SLO	Opisane so možnosti uporabe namestitvenih vodil za pozicioniranje pedikularnih vijakov, kar poveča zanesljivost posega in omogoča poseg brez uporabe rentgenske naprave v operacijski dvorani.	
	ANG	Design and possibilities of using positioning guides for placement of pedicular screws are described. The method improves the reliability of the procedure and simultaneously excludes the need for using X-ray device in the operating theatre.	
	Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci	

Objavljeno v	Univerzitetni klinični center; Maribor spine; 2011; Str. [15]; Avtorji / Authors: Merc Matjaž, Rečnik Gregor, Drstvenšek Igor, Brajlil Tomaž
Tipologija	1.10 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci (vabljen predavanje)

8. Drugi pomembni rezultati programske skupine v letu 2011⁷

Zelo pomemben rezultat programske skupine je integracija raziskovalnih dosežkov v pedagoški proces in seznanjanje študentov o aktualnih raziskavah, ki potekajo v laboratorijih kjer se izvajajo laboratorijske vaje.

Objave raziskovalnih rezultatov služijo za ozaveščanje in seznanjanje orodjarn z obravnavano problematiko ter možnost skupnega sodelovanja na industrijskih projektih. Raziskovalni rezultati bodo prispevali k modernizaciji obstoječih starejših obdelovalnih strojev ter povečanju učinkovitosti novih modernih CNC obdelovalnih sistemov v slovenskih orodjarnah.

Patent:

BREZOVNIK, Simon, BALIČ, Jože. Naprava za merjenje trajanja vbrizgavanja goriva : patent s skrajšanim trajanjem SI 23305 A2, datum objave 31.08.2011 : št. prijave P201000431, Urad Republike Slovenije za intelektualno lastnino, 2011. [COBISS.SI-ID 15450134]
Prijava patenta

DRSTVENŠEK, Igor, STROJNIK, Tadej. Naprava za mikro pozicioniranje instrumenta na stereotaktičnem sistemu. Ljubljana: Urad Republike Slovenije za intelektualno lastnino, 2011. [COBISS.SI-ID 3976511],
Urednik

Advances in production engineering & management. Balič, Jože (glavni urednik 2006-). Maribor: Fakulteta za strojništvo, Inštitut za proizvodno strojništvo, 2006-. ISSN 1854-6250. [COBISS.SI-ID 229859072]

Journal of intelligent & robotic systems. Balič, Jože (član uredniškega odbora 2010-2012). Dordrecht; Boston; London: Kluwer Academic Publishers, 1988-. ISSN 0921-0296. [COBISS.SI-ID 26724864]

LOVREC, Darko. Condition Monitoring an Hydraulikanlagen : vabljen predavanje, Best Practice-Veranstaltung Tribologie Die Feinde des Hydrauliköls, Veranstalterin: MFA - Maintenance and Facility Management Society of Austria 2011. [COBISS.SI-ID 15408918]

9. Vključenost v raziskovalne programe Evropske unije in druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v letu 2011 z vsebinsko obrazložitvijo porabe dodeljenih sredstev iz naslova dodatnega letnega sofinanciranja mednarodnega sodelovanja na podlagi poziva za EU vpetost 2011⁸

Čezmejna implementacija okolju prijaznih ultra-lahkih vozil v Sloveniji in Avstriji; CESLA, Slovenija - Avstrija 2007- 2013 št.: SI-AT-1-1008

Master Studies and Continuing Education Network for Product Lifecycle Management with Sustainable Production, 144959-TEMPUS-2008-IT-JPCR

Technical Education on Resource Savings for Industrial Development-TERSID, 517361-TEMPUS-1-2011-IT-TEMPUS-JPHES

Inteligentni model snovanja in izdelave naprednih industrijskih orodij, Slovenija – Flamska regija; BI-BE/11-12-F-005: 1.1.2011 do 31.12.2012

Lifelong Learning Programme, 2007-2013, Agreement No. LLP/Ldv/TOI/2010/IRL – 502, Irska, Portugalska, Romunija, Slovaška, Slovenija. (BUTLER, John, HARNEY, Aidan, HARNEY, Aidan, SOEIRO, Alfredo, PLOESTEANU, Andreea, GOTLIH, Karl, MOLNÁR,

Pavol. Continuing professional development (CPD) accreditation good-practice framework for EU employers of engineers and technicians : interim report, Lifelong Learning programme, Leonardo da Vinci Transfer of Innovation, (Lifelong learning programme). Dublin: The Institution of Engineers of Ireland, 2011. 57 f., graf. prikazi. [COBISS.SI-ID 15669270])

LETNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA V LETU 2011

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:23120	od tega v letu 2011:5780
Cenovni razred	C	
Trajanje programa	01.2009 - 12.2012	
Izvajalci raziskovalnega programa (raziskovalne organizacije in/ali koncesionarji)	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	06.	Industrijska proizvodnja in tehnologija

2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS¹

Šifra	2.11	
- Veda	2	Tehniške in tehnološke vede
- Področje	2.11	Druge tehniške in tehnološke vede

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem programu²

Raziskovalni program raziskovalne skupine je prvenstveno usmerjen v razvoj inteligentnih modulov, 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.

Osnovni cilj raziskovalnega dela programske skupine je razviti pilotska orodja, metode in strategije, ki bodo prispevale k vzpodbujanju in pospežitvi inovativnih procesov razvoja novih proizvodov v slovenskih podjetjih. Širši cilj je prispevati k razvoju kvalitete

inženirskega dela in proizvodnje.

V letu 2011 so naši rezultati meddrugim:

- V okviru razvoja inteligentne platforme za podporo konstruiranju s sodobnimi gradivi so bile v letu 2011 raziskovalne metode usmerjene v razvoj računalniško podprtih orodij – inteligentnih svetovalnih sistemov za podporo odločitev v procesu razvoja izdelkov iz polimerov. Pri tem je bil pri izbiri materiala izdelka poseben poudarek namenjen vidikom trajnostnega razvoja, pri oblikovanju izdelka pa njegovi ergonomski in estetski vrednosti. Na področju raziskav, povezanih z inteligentno podporo v procesu izbire ustreznega trajnostno primerne polimernega materiala, je bilo izvedenih več različnih raziskav, na osnovi katerih je bila v letu 2011 prijavljena tudi tema doktorske disertacije, katere zaključek je predviden za leto 2012. Na drugi strani smo v letu 2011 že razvili prototip inteligentnega svetovalnega sistema za podporo pri oblikovanju ergonomsko in estetsko primernih izdelkov. Razvoj prototipa omenjenega sistema je bil izveden v okviru uspešno dokončane doktorske disertacije, ki je navedena kot eden izmed družbeno-ekonomsko relevantnih rezultatov programske skupine.
- Opravljene 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.
- V okviru raziskav na področju zavornih diskov tirnih vozil so bili izdelani modeli za napovedovanje dobe trajanja novih diskov (EN-GJS-500-7), pri predpostavljenem malo-cikličnem modelu utrujanja. Postopek za izračun dobe trajanja zavornega diska pri obratovanju na določeni progi je upošteval: določitev obremenitev, materialnih parametrov in numerično analizo (metaoda končnih elementov).
- Glede dimenzioniranja statično in dinamično obremenjenih strojnih delov in naprav so bile opravljene eksperimentalne raziskave v območju visokocikličnega utrujanja z obremenitvenim razmerjem $R=-1$ (v tlaku). Na ta način so bili določeni parametri visokocikličnega utrujanja za jeklo za poboljšanje 42CrMo4. Podobne eksperimentalne raziskave so bile narejene tudi za visoko kromanitno litino HCS, ki se največ uporablja za valje za vroče valjanje pločevine. Na osnovi preskusov je bila določena tipična S-N krivulja pri različnih obratovalnih temperaturah (20 in 600 °C).

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

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 in doktorskih nalog, 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 programska skupina navedla pri prijavi programa.

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

Pri izvajanju raziskovalnega programa ni prišlo do bistvenih sprememb glede na raziskovalne cilje, ki jih je programska skupina navedla ob prijavi programa.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine v letu 2011⁵

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	15243286	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Odziv kompozitov iz pene z napredno morfologijo por
		ANG	Behavior of composite advanced pore morphology foam
	Opis	SLO	Mehanska karakterizacija pen z napredno morfologije por(APM), ki jo sestavljajo okrogli porozni kovinski elementi, je še zelo omejena, saj je bila razvita šele pred kratkim. Namen raziskave je bil določiti obnašanje APM elementov in njihovih kompozitov pod vplivom tlačne obremenitve. Mehanske lastnosti posameznih kovinskih APM elementov so bile določene z eksperimenti in računalniškimi simulacijami, kar predstavlja osnovno znanje za učinkovito sestavo kompozitih APM struktur. Nove kompozitne strukture so bile pripravljene za uporabo epoksi matrice in APM elementov. Glede na strukturo delimo izdelane kompozite na kompozite z delno in sintaktično morfologijo. Določitev mehanskih lastnosti kompozitnih APM struktur je temeljila na eksperimentalnih rezultatih testiranja z različnimi robnimi pogoji. Rezultati opravljene raziskave so pokazali, pomembne mehanske lastnosti kompozitnih struktur APM pene, ki prav tako ponujajo nove možnosti za njihovo uporabo v splošnem inženirstvu.
		ANG	The mechanical characterization of advanced pore morphology (APM) foam, consisting of sphere-like metallic foam elements, is very limited since APM foam has been developed only recently. The purpose of this research was thus to determine the behavior of APM spheres and its composites when subjected to compressive loading. Single metallic APM spheres have been characterized with experimental testing and computational simulations, providing the basic properties and knowledge for an efficient composition of composite APM foam structures. Then, the APM foam elements were molded with epoxy matrix resulting in new composite structures. These composites have been adhered together with the epoxy resin achieving partial and syntactic morphology. The mechanical characterization of composite APM foam structures was based on experimental testing results with free and confined boundaries. The results of the performed research have shown valuable mechanical properties of the composite APM foam structures. Furthermore, they offer new possibilities for their use in general engineering applications.
Objavljeno v	Technomic Pub. Co.; Journal of composite materials; 2011; Vol. 45, no. 26; str. 2823-2831; Impact Factor: 0.968; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.889; WoS: QH; Avtorji / Authors: Vesenjaj Matej, Gačnik Franci, Krstulović-Opara Lovre, Ren Zoran		
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
2.	COBISS ID	14672406	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Inteligentna podpora odločitev pri inženirskih analizah
		ANG	Intelligent decision support for structural design analysis
Opis	SLO	Članek obravnava ogrodje za inteligentno podporo odločitev pri inženirskih analizah z uporabo metode končnih elementov. Predstavljeno inteligentno okolje je sestavljeno iz več modulov, ki temeljijo na znanju. Namen je uporabniku pomagati pri obravnavi najpomembnejših ozkih grl v procesu izboljševanja konstrukcije na podlagi rezultatov inženirskih analiz. V članku so predstavljeni štirje prototipi takšnih inteligentnih modulov, in sicer: inteligentni modul za podporo pri začetnih odločitvah v procesu inženirske analize, inteligentni modul za izbiro ustreznih končnih elementov, inteligentni modul za pomoč pri izgradnji ustrezne mreže končnih elementov in inteligentni modul za podporo pri interpretaciji	

		rezultatov analize. Glede na odzive strokovnjakov, ki so te module strokovno evalvirali, lahko ugotovimo, da je predstavljeno inteligentno ogrodje uporabno kod podpora za neizkušene inženirje v procesu razvoja izdelkov, kot je to prikazano tudi v nekaterih primerih, predstavljenih v članku.
	ANG	The paper discusses a framework for intelligent decision support for structural design analysis using a finite element method. The intelligent environment presented is composed of several knowledge-based modules in order to address some major bottlenecks within the analysis-based design improvement process. The prototypes of four intelligent modules are presented within this context. These are: an intelligent module for supporting some initial decisions within the design analysis process, an intelligent module for finite elements' selection, an intelligent module for finite element mesh design, and an intelligent module for supporting the results' interpretation process. According to the feedbacks of those experts who participated in the evaluation process, these prototypes could be applied as useful supporting tools for inexperienced designers in design practice, as shown in certain examples presented in the paper.
	Objavljeno v	Elsevier Science; Advanced engineering informatics; 2011; Vol. 25, iss. 2; str. 330-340; Impact Factor: 1.400; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.826; A': 1; WoS: EP, IF; Avtorji / Authors: Dolšak Bojan, Novak Marina
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	14289430 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Zasnova in analiza fMRI haptičnega robota ANG Design and analysis of an fMRI compatible haptic robot
	Opis	SLO V članku je predstavljen model za analizo manipulativnosti 3 DOF MR haptičnega mehanizma z upoštevanjem omejitvenega prostora mehanizma in njegovo vizualizacijo. Za določitev ustreznih manipulativnih karakteristik je uporabljena 3D vizualizacijska metoda. ANG This paper deals with the manipulability problem of a novel 3 DOF MR compatible haptic mechanism, considering limited space and its visualisation. An appropriate 3D visualisation method has been developed for analysing the manipulability characteristics of a haptic mechanism within an MR environment.
	Objavljeno v	Pergamon; Robotics and computer-integrated manufacturing; 2011; Vol. 27, iss. 2; str. 267-275; Impact Factor: 1.254; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.019; WoS: EV, IK, RB; Avtorji / Authors: Rajh Matej, Glodež Srečko, Flašker Jože, Gotlih Karl, Kostanjevec Tomaž
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati programske skupine v letu 2011⁶

	Družbenoekonomsko relevantni dosežki	
1.	COBISS ID	15605270 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Mehanske lastnosti kovinskih pen: eksperimentalna in numerična študija ANG Mechanical properties of aluminium foams: experimental and computational study
		V okviru vabljenega predavanja so bile sprva predstavljene osnovne lastnosti aluminijastih pen in podane njihove prednosti ter

	Opis	SLO	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.
		ANG	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.
	Šifra	B.04 Vabljeno predavanje	
	Objavljeno v	2011; Avtorji / Authors: Ren Zoran, Vesenjaj Matej	
	Tipologija	3.14 Predavanje na tuji univerzi	
2.	COBISS ID	14800662	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Naprava in metoda za praznjenje bagske izkopne zajemalke
		ANG	Device and Method for emptying excavator digging scoope
	Opis	SLO	Predmet izuma sta naprava in metoda za praznjenje bagske izkopne zajemalke in rešujeta tehnični problem praznjenja bagske izkopne zajemalke pri čemer se vrši praznjenje oziroma čiščenje notranjega dela izkopne zajemalke avtomatsko med samim kopanjem jarkov z gradbenim strojem. Izum predvideva prenos mehanske moči iz gradbenega stroja na napravo za praznjenje bagske izkopne zajemalke in zagotavlja kontinuirano delovanje bagra, pri čemer je proces praznjenja bagske izkopne zajemalke sinhroniziran z delovanjem bagra. Končen rezultat je zvišanje produktivnosti bagra, s tem pa znaten prihranek energije in časa.
		ANG	The subject of invention is an apparatus and a method for discharging excavator digging scoop. It resolves technical problem of emptying excavator digging scoop, which is done with emptying or cleaning the inner part of the scoop automatically during the digging process. The invention envisages transfer of mechanical power from a construction machine on the device for emptying the scoop and ensures continuous operation of the excavator where the process of emptying digging scoop is synchronized with the operation of the excavator. The final result is an increase in productivity of the excavator, thus saving considerable time and energy.
Šifra	F.33 Patent v Sloveniji		
Objavljeno v	Urad Republike Slovenije za intelektualno lastnino; 2011; 23 f.; Avtorji / Authors: Krajnc Mitja, Dolšak Bojan		
Tipologija	2.24 Patent		
3.	COBISS ID	257042944	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Model inteligentne podpore pri ergonomskem in estetskem razvoju izdelkov
		ANG	Intelligent support model for ergonomic and aesthetic product development
			Doktorska disertacija obravnava možnost uporabe metod umetne inteligence na področju ergonomskega in estetskega razvoja izdelkov, s

Opis	SLO	poudarkom na nudenju pomoči neizkušnim uporabnikom. Model sistema, ki je bil razvit v okviru raziskav, nakazuje možnost uporabe predvsem v majhnih in srednje velikih podjetjih (SME's), s čimer se lahko zagotovi višja ergonomska in estetska vrednost tam razvitih izdelkov.
	ANG	Doctoral dissertation deals with the possibility of use of artificial intelligence in the field of ergonomics and aesthetic product development, with emphasis on providing assistance to inexperienced users. The model of the system developed during research work, suggests the usage of the system mainly in small-and medium-sized enterprises (SME's), to provide higher ergonomic and aesthetic value of the products developed there.
Šifra	D.09 Mentorstvo doktorandom	
Objavljeno v	[Maribor: J. Kaljun]; 2011; VIII, 90 f., [16] f. pril.; Avtorji / Authors: Kaljun Jasmin; Mentor / Menthor: Bojan Dolšak	
Tipologija	2.08 Doktorska disertacija	

8. Drugi pomembni rezultati programske skupine v letu 2011⁷

V letu 2011 so bile izvedene še naslednje aktivnosti, pri katerih so sodelovali člani programske skupine:

VESENJAK, Matej. Spodbujanje sodelovanja slovenskih raziskovalcev z raziskovalci iz Avstralije na področju razvoja novih materialov z neurejeno odprto celično strukturo.
 VESENJAK, Matej. Znanstvenoraziskovalno sodelovanje med Republiko Slovenijo in Japonsko z naslovom Eksperimentalna in numerična določitev dinamičnih mehanskih lastnosti kovinskih pen z napredno morfologijo por.

REN, Zoran (vodja). Znanstvenoraziskovalno sodelovanje med Republiko Slovenijo in Južno Korejo z naslovom Večfizikalne simulacije visokoenergijskih celičnih gradiv.

DOLŠAK, Bojan (vodja). Znanstvenoraziskovalno sodelovanje med Republiko Slovenijo in Bosno in Hercegovino z naslovom Inteligentna podpora razvoja izdelkov iz umetnih mas s sklepanjem na podlagi rešenih primerov.

ŠRAML, Matjaž. Solution of contact problem of railway brake discs including low cycle fatigue analysis (experimental and numerical investigations) : lecture, presented at the Institute of Thermomechanics, Academy of Sciences of the Czech Republic, Praha, 28th of June 2011. Praha, 2011.

9. Vključenost v raziskovalne programe Evropske unije in druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v letu 2011 z vsebinsko obrazložitvijo porabe dodeljenih sredstev iz naslova dodatnega letnega sofinanciranja mednarodnega sodelovanja na podlagi poziva za EU vpetost 2011⁸

--

LETNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA V LETU 2011

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

Šifra programa	P2-0196	
Naslov programa	Raziskave v energetske, procesnem in okoljskem inženirstvu	
Vodja programa	6428 Leopold Škerget	
Obseg raziskovalnih ur	skupaj:28050	od tega v letu 2011:5610
Cenovni razred	C	
Trajanje programa	01.2009 - 12.2013	
Izvajalci raziskovalnega programa (raziskovalne organizacije in/ali koncesionarji)	795	Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
	263	TURBOINŠTITUT Inštitut za turbinske stroje d.d.
	797	Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2	TEHNIKA
	2.13	Procesno strojništvo
Družbeno-ekonomski cilj	05.	Energija

2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS¹

Šifra	2.11	
- Veda	2	Tehniške in tehnološke vede
- Področje	2.11	Druge tehniške in tehnološke vede

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem programu²

Delo na področju numeričnega modeliranja večfaznega toka je bilo nadaljevano v smeri razvoja in aplikacije numeričnih metod pri izračunu razpršenega dvofaznega toka trdno-tekoče. Tako smo razvili nov pristop k numeričnemu modeliranju sedimentacije delcev, ki so porozni, in za katere uveljavljeni modeli ne dajejo zadovoljivih rezultatov. Razen z dvofaznim tokom v sistem trdno-tekoče so bile opravljene raziskave tudi na področju kapljevito-plinasto. Na osnovi dvotekočinskega modela in ob upoštevanju Wangovega modela so bile razvite enačbe,

uporabne v robno-območni integralski metodi. Opravili smo študijo eksperimentalno numerične CFD analize kavitacijskega toka v pogojih obremenitve vode s trdnimi delci. Uporabljen je bil trifazni Euler-Euler model, ki je bil pri opisu gibanja delcev razširjen z dodatnim pol empiričnim modelom strižnih napetosti kot posledice interakcije trdnih delcev. Na področju modeliranja onesnaževanja okolja je bila izvedena natančna analiza vpliva odlagališča sadre na obremenitev okolice s trdnimi delci, kjer je bila upoštevana oblika delcev ter velikostna porazdelitev, kot metode reševanja pa uporabljena modela na osnovi Gaussovega disperzijskega modela in računalniške dinamike tekočin (CFD). Na področju teorije mikropolarnih tekočin se je začela implementacija omenjene teorije v 3D programski paket Bemflow.

V okviru raziskav na področju računalniške dinamike tekočin vrtečih se sistemov, je bil v razvit algoritem, za izračun toka tekočine, ki poganja vrtečo se geometrijo (fluid driven motion flow) na primeru vodne turbine.

Na področju modeliranja zgorevanja je bilo opravljeno raziskovalni delo zgorevanja trdnega goriva na rešetki, kjer je bila predpisana plinasta faza iz trdega goriva. Omenjeno delo predstavljeno na konferenci se nadaljuje z razširitvijo sklopljenega modeliranja tudi trdega goriva in nato zgorevanja le tega.

Ukvarjali smo se s problematiko prenosa delcev v ozračju. Izvedli smo numerične simulacije prenosa sadre iz deponije v okolje. Nadaljevali smo delo na področju razvoja numeričnih algoritmov za simulacijo toka tekočin. Metodo smo razširili na področje obravnave tridimenzionalne naravne konvekcije v porozni snovi. Ukvarjali smo se tudi z implementacijo in razvojem modelov turbulentnega toka. V shemo smo vključili modele, ki temeljijo na osnovi Reynoldsovega povprečenja in jih skušali povezati z modeli, ki temeljijo na simulaciji velikih vrtincev. Posvetili smo se tudi študiju problema pojava vrtincev v vtočnih bazenih vertikalnih črpalk, kjer smo izvedli primerjavo simulacij z različnimi turbulentnimi modeli in določili model, ki je za takšne probleme najprimernejši.

Znanstveno-raziskovalno delo na področju motorjev z notranjim zgorevanjem se nanaša na eksperimentalne in numerične raziskave možnosti povečanja zmogljivosti motorjev, zmanjšanja porabe goriva in zmanjšanja emisij nezaželenih produktov zgorevanja. Raziskovalno delo je obsegalo eksperimentalne in numerične raziskave vpliva uporabe biogoriv (biodizelsko gorivo, bioetanol) na karakteristike vbrizgavanja, eksperimentalne in numerične raziskave vpliva uporabe biodizelskega goriva na tribološke karakteristike motorja, razvoj in modifikacije postopka optimalnega projektiranja vbrizgalnega sistema dizelskega motorja in dizelskega motorja pri uporabi biogoriv, numerična simulacija procesov v vbrizgalni šobi.

Merilni sistem PIV smo uporabili za merjenje hitrostnih profilov okoli statičnih in rotirajočih lopatic (ventilator). Razvili smo sistem za nastavljanje časovnega zamika med signalom s karakteristične lopatice in proženjem sistema PIV. V kombinaciji s koordinatnim sistemom lahko zdaj izvedemo zajemanje posameznih izsekov slike z večjo ločljivostjo in rezultate potem z namensko razvitim programom sestavimo v celoto. V primeru mirujočih lopatic uporabimo premikanje po dveh oseh, v primeru rotirajočih pa uporabimo še časovni zamik, katerega natančnost je manj kot 1 μ s. Poleg sestavljanja, program omogoča tudi izračun nekaterih specifičnih veličin, kot je recirkulacija in časovna verjetnost pojava recirkulacije. Dodatno lahko določimo tudi velikost oblaka, v katerem se pojavlja recirkulacija in njegove skrajne meje.

Raziskave delovanja toplotnih turbinskih strojev v neustaljenih razmerah smo osredotočili na obravnavo aksialnih kompresorjev v razmerah odcepljanja toka od sesalne strani lopatic. Prve eksperimentalne in numerične raziskave smo opravili za primer osamljenega krila in raziskali vpliv različnih turbulentnih modelov na napoved tokovnega polja in separacije toka na sesalni strani lopatice.

Na področju zgorevanja smo dopolnili razviti ravnotežni model uplinjanja odpadkov, ki bo služil za določitev osnovnih karakteristik uplinjanja različnih vrst odpadkov kot so kurilna vrednost, sestava in temperatura sinteznega plina. Izpopolnjeni ravnotežni model bo služil za proučevanje procesov uplinjanja z dodajanjem zraka, čistega kisika oziroma vode. Poleg tega bo omogočal

bolj učinkovito uporabo za določitev robnih pogojev pri numerični simulaciji zgorevanja lahke frakcije trdnih komunalnih odpadkov na rešetki.

Uspešno je bil izveden prenos rezultatov študije kavitacijskih modelov na primeru pritrjene kavitacije iz odprtega toka na primer toka v kanalu. Izsledki procesa optimiranja modelov za numerično simulacijo kavitacije, ki temeljijo na empiričnih konstantah, so bili v najprej optimirani s konvencionalnimi optimizacijskimi algoritmi, nato pa uporabljeni za simulacijo kavitacije na profilih NACA. Glede na dobre rezultate v odprtem toku, je bil izveden njihov prenos na fizikalno podobne tokovne primere v zaprtem kanalu. Zaradi možnosti primerjave rezultatov je bila opravljena numerična simulacija kavitacijskega tokovnega režima v različnih geometrijah Venturijevega kanala za primer stacionarnega in nestacionarnega režima. Rezultati študij izvedenih na 2D primerih potrjujejo uporabnost optimizacijskega procesa in smiselno sledijo eksperimentalnim rezultatom drugih raziskovalcev.

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

»V letu 2011 smo si zastavili naslednje cilje, ki smo jih v popolnosti dosegli:

- Razvoj in aplikacijo numeričnih metod pri izračunu razpršenega dvofaznega toka trdnotekoče, kjer smo se posvetili zlasti numeričnemu modeliranju sedimentacije delcev, kar je skladno s cilji kot opredeljenimi v prijavi v delu, ki se nanaša na cilje raziskovalnega dela v večfaznih tokovih – tak tok se pogosto pojavlja v pomembnih procesnih postopkih, kot so ekstrakcija, kristalizacija, usedanje, cikloniranje, pnevmatski in hidravlični transport trdnih zmesi; poleg tega smo uporabili Gaussov disperzijski model na področju modeliranja onesnaževanja okolja in numerično simulirali prenosa sadre iz deponije v okolje;
- Ovrednotenje tokovnih polj s PIV merilnim sistemom, ki smo ga uporabili za merjenje hitrostnih profilov okrog statičnih in rotirajočih lopatic s poudarkom na sistemu nastavljanja časovnega zamika med signalom s proženjem sistema;
- Turbulentni tok v turbinskih strojih smo analizirani z raziskovano delovanjem toplotnih turbinskih strojev v neustaljenih razmerah s poudarkom na obravnavi aksialnih kompresorjev v razmerah odcepljanja toka od sesalne strani lopatic;
- Dinamiko reaktivnega toka smo usmerili na področje ravnotežnega modela uplinjanja odpadkov kot uresničevanje zastavljenega razvoja modela.
- Delo na področju motorjev z notranjih zgorevanjem je bilo doseženo z eksperimentalnimi in numeričnimi raziskavami možnosti povečanja zmogljivosti motorjev, zmanjšanja porabe goriva in zmanjšanja emisij neželenih produktov zgorevanja«

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

/

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine v letu 2011⁵

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	15259158	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Izbira turbulentnega modela za vtočne bazene črpalk
		<i>ANG</i>	Choice of a turbulence model for pump intakes
			Članek je osredotočen na izbiro ustreznega turbulentnega modela za numerične simulacije industrijskih primerov vtočnih bazenov vertikalnih črpalk, in sicer z vidika natančnosti ter delno tudi porabljenega CPU časa. Narejenih je bilo dvanajst stacionarnih in nestacionarnih simulacij na gosti računski mreži. Uporabljeni so bili naslednji turbulentni modeli:

Opis	SLO	<p>model transporta strižne napetosti (shear stress transport, SST), model s prilagajanjem skal (scale-adaptive simulation, SAS), model Reynoldsovih napetosti (Reynolds stress model, RSM), eksplicitni algebrajski model Reynoldsovih napetosti (Explicit algebraic Reynolds-stress model, EARSM), simulacija odlepljenih vrtincev (detached eddy simulation, DES) ter simulacija velikih vrtincev (large eddy simulation, LES). Ocenjena je bila uporaba korekcije ukrivljenosti (curvature correction, CC) v povezavi z modeloma SST in SAS. Rezultati so bili primerjani z LES in z razpoložljivimi eksperimentalnimi podatki za obravnavani primer. Čeprav so vsi obravnavani turbulentni modeli napovedali pojavljanje talnega vrtinca, so nekatere napovedi precej odstopale od drugih. Na podlagi izračunov lahko zaključimo, da se za tovrstne izračune lahko uporabi model SST-CC zaradi majhnega računskega časa in bolj točnih rezultatov, kot so bili dobljeni z modelom SST, ali pa model SAS-CC zaradi rezultatov, ki so primerljivi z LES. V drugem delu članka je prikazano dobro ujemanje daljšega izračuna z modelom SAS-CC z eksperimentalnimi rezultati.</p>	
	ANG	<p>This article is focused on the choice of a suitable turbulence model for simulations of an industrial pump's intake, from the perspective of accuracy and, partially, also the CPU time. Twelve steady-state and transient simulations were made on a fine computational mesh, using turbulence models such as: the shear stress transport (SST), the scale-adaptive simulation (SAS), the Reynolds stress model, the explicit algebraic Reynolds-stress model, the detached eddy simulation and the large eddy simulation (LES). The curvature-correction (CC) option was assessed for the SST and SAS turbulence models. The results were compared with the LES and with published experimental results. Although all the models could predict the main floor vortex, there were still some substantial differences. It can be able to conclude that it is better to use either the SST-CC turbulence model, due to its low-computational resources and far better results than the SST model, or the SAS-CC turbulence model, since its predictions are quite similar to the LES results. In the final step, good agreement with experimental results was shown for a longer simulation with the SAS-CC turbulence model.</p>	
	Objavljeno v	<p>Mechanical Engineering Publications; Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers; 2011; Vol. 225, iss. 6; str. 764-778; Impact Factor: 0.792; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.909; WoS: IU; Avtorji / Authors: Škerlavaj Aljaž, Škerget Leopold, Ravnik Jure, Lipej Andrej</p>	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
2.	COBISS ID	14734358	Vir: COBISS.SI
Opis	Naslov	SLO	Eksperimentalna in numerična raziskava sedimentacije poroznih kosmov čistilnih naprav odpadne vode
		ANG	Experimental and numerical investigations of sedimentation of porous wastewater sludge flocs
		SLO	<p>Raziskava obravnava gibanje kosmov v suspenziji biološke čistilne naprave. (BČN). Največje pozornost je namenjena geometrijskim in sedimentacijskim sposobnostim kosmov, ki so ključni parametri pri razvoju numeričnega postopka za simulacijo gibanja kosmov. Na osnovi rezultatov eksperimentalnih raziskav so definirani in izračunani fizikalni parametri kosmov ob upoštevanju njihove poroznosti. Rezultati so bili uporabljeni pri izpeljavi na CFD zasnovanem računskem modelu sedimentacije poroznih kosmov.</p> <p>The paper studies the properties and sedimentation characteristics of sludge flocs, as they appear in biological wastewater treatment (BWT) plants. The flocs are described as porous and permeable bodies, with</p>

		<p>their properties defined based on conducted experimental study. The derivation is based on established geometrical properties, high-speed camera data on settling velocities and non-linear numerical model, linking settling velocity with physical properties of porous flocs. The numerical model for derivation is based on generalized Stokes model, with permeability of the floc described by the Brinkman model. As a result, correlation for flocs porosity is obtained as a function of floc diameter. This data is used in establishing a CFD numerical model of sedimentation of flocs in test conditions, as recorded during experimental investigation. The CFD model is based on Euler-Lagrange formulation, where the Lagrange formulation is chosen for computation of flocs trajectories during sedimentation. The results of numerical simulations are compared with experimental results and very good agreement is observed.</p>
	Objavljeno v	Pergamon Press.; Water research; 2011; Vol. 45, iss. 4; str. 1729-1735; Impact Factor: 4.546; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.199; A": 1; A': 1; WoS: IH, JA, ZR; Avtorji / Authors: Hriberšek Matjaž, Žajdela Boštjana, Hribernik Aleš, Zadavec Matej
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	14779158
		Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Vpliv biodizelskega goriva na karakteristike zgorevanja in emisijo motorja
		ANG Influence of biodiesel on engine combustion and emission characteristics
	Opis	SLO V članku je obravnavan vpliv biodizelskega goriva na proces zgorevanja. Obravnavano gorivo je čisto biodizelsko gorivo iz oljne ogrščice, obravnavan motor pa avtobusni z M sistemom vbrizgavanja. Karakteristike motorja so dobljene eksperimentalno in z numerično simulacijo. Rezultati, dobljeni z biodizelskim gorivom, so primerjani z rezultati, dobljenimi z mineralnim dizelskim gorivom na različnih delovnih režimih. Analiziran je vpliv biodizelskega goriva na tlak vbrizgavanja, trenutek vbrizga, zakasnitev vžiga, tlak in temperaturo v valju, karakteristiko sproščanja toplote, škodljive emisije, specifično porabo goriva in moč motorja. Prav tako je določena povezanost med lastnostmi goriva in karakteristikami motorja. Posebna pozornost je posvečena k iskanju vzroka za povečanje emisije NOx pri nižji temperaturi v valju.
		ANG This paper discusses the influence of biodiesel on the engine combustion characteristics. The considered fuel is neat biodiesel from rapeseed oil. The considered engine is a bus diesel engine with injection M system. The engine characteristics are obtained by experiments and numerical simulation. The results obtained with biodiesel are compared to those obtained with mineral diesel under various operating regimes. In this way, the influences of biodiesel usage on the injection pressure, injection timing, ignition delay, in-cylinder gas pressure and temperature, heat release rate, exhaust gas temperatures, harmful emissions, specific fuel consumption, and on engine power are analyzed. Furthermore, the relationships among fuel properties, injection and combustion characteristics, harmful emissions, and other engine performance are determined. Special attention is given to possible explanations of higher NOx emission in spite of lower in-cylinder gas temperature.
	Objavljeno v	Applied Science Publ.; Applied energy; 2011; Vol. 88, iss. 5; str. 1803-1812; Impact Factor: 3.888; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.428; A": 1; WoS: ID, II; Avtorji / Authors: Kegl Breda
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati programske skupine v letu 2011⁶

	Družbenoekonomsko relevantni dosežki		
1.	COBISS ID	5605380	Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO	Uredništvo mednarodne revije Engineering analysis with boundary elements
		ANG	Editorship of international journal Engineering analysis with boundary elements
	Opis	SLO	Prof. Škerget je eden izmed urednikov mednarodne revije Engineering Analysis with Boundary elements ki ga izdaja založba Elsevier. Prof. Škerget je odgovoren za članke iz področja mehanike tekočin.
		ANG	Prof. Škerget is one the editors of an international journal Engineering Analysis with Boundary elements, which is published by Elsevier. Prof. Škerget edits papers dealing with the field of fluid mechanics.
	Šifra	C.04 Uredništvo mednarodne revije	
	Objavljeno v	ISSN 0955-7997 [COBISS.SI-ID 5605380]	
	Tipologija	4.00 Sekundarno avtorstvo	
2.	COBISS ID	14886422	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Določitev nadomestnih odjemnih značilnosti odjemalcev zemeljskega plina; projektna naloga za Javno agencijo RS za energijo
		ANG	Determination of substitutional consumption characteristics of natural gas consumers; project for Energy agency of the Republic of Slovenia
	Opis	SLO	Cilj projekta, za Javno agencijo Republike Slovenije za energijo je bil izpeljati standardne obremenitvene profile porabnikov zemeljskega plina, ki bodo v prihodnosti služili napovedovanju odjema porabnikov zemeljskega plina v Republiki Sloveniji. Rezultat projekta je izpeljan teoretični model, ki je bil uporabljen za eksperimentalno-računsko določanje standardnih obremenitvenih profilov različnih značilnih skupin porabnikov.
		ANG	The main goal of the project for the Energy agency of the Republic of Slovenia was derivation of substitutional consumption characteristics of natural gas consumers, which will in the future serve as basis for projection of natural gas consumption in Slovenia. The result was the derived theoretical model, which was used in conjunction with experimental data for computational determination of substitutional consumption characteristics of different significant consumer groups.
	Šifra	F.11 Razvoj nove storitve	
	Objavljeno v	Fakulteta za strojništvo, Inštitut za energetska, procesna in okoljsko inženirstvo; 2011; 248 f.; Avtorji / Authors: Škerget Leopold, Hriberšek Matjaž, Ravnik Jure	
	Tipologija	2.12 Končno poročilo o rezultatih raziskav	

8. Drugi pomembni rezultati programske skupine v letu 2011⁷

/

9. Vključenost v raziskovalne programe Evropske unije in druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v letu 2011 z vsebinsko obrazložitvijo porabe dodeljenih sredstev iz naslova dodatnega letnega sofinanciranja mednarodnega sodelovanja na podlagi poziva za EU vpetost 2011⁸

/

LETNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA V LETU 2011

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	skupaj:9180	od tega v letu 2011:3060
Cenovni razred	C	
Trajanje programa	01.2009 - 12.2011	
Izvajalci raziskovalnega programa (raziskovalne organizacije in/ali koncesionarji)	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. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem programu²

V okviru študija metastabilnih materialov iz sistema Au-RZ smo raziskali možnosti poteka notranje oksidacije v 24 karatnem zlatu mikrolegiranim z 0,5 ut.% lantana. Ker notranja oksidacija v zlitinah na osnovi zlata zaradi premajhne topnosti kisika v kristalni mreži zlata termodinamsko ni mogoča, smo postavili hipotezo, da lahko s hitrim strjevanjem ustvarimo metastabilno mikrostrukturo, ki bo omogočala notranjo oksidacijo mikrolegirnega elementa. Z mikrostrukturno karakterizacijo hitrostrjenih trakov je bilo ugotovljeno, da s hitrim strjevanjem

zlitine Au-0,5La dosežemo zelo fina globularna zrna s homogeno razpršenimi nekaj sto nanometrov velikimi delci intermetalne faze. Takšna mikrostruktura omogoči v kisikovi atmosferi notranjo oksidacijo. S spremljanjem procesa in z analizo dobljenih rezultatov 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 (La_2O_3) iz trdne raztopine.

Pri študiju metastabilnih mikrostruktur, ki nastanejo pri postopkih hitrega strjevanja smo v letu 2011 posvetili precejšnjo pozornost tudi vplivu hitro strjene metastabilne mikrostrukture spominskih zlitin iz sistema Ni-Ti na biokompatibilnost. Rezultati raziskav so pokazali, da lahko z melt-spin tehniko hitrega strjevanja dosežemo tanko homogeno oksidno plast, ki izboljša korozijsko odpornost spominskih zlitin in posledično zmanjša toksičnost na človeške monocitne dendritne celice. Zaključek raziskav je pokazal, da izkazujejo Ni-Ti hitro strjeni trakovi imunomodulatorne lastnosti.

Pri analizi novih tehnologij za doseganje metastabilnih stanj smo v letu 2011 izvedli poskuse ekstremne plastične deformacije in pirolize preko ultrazvočnega razprševanja. Poskuse ekstremne plastične deformacije smo izvedli na kompozitu $\text{Cu-Al}_2\text{O}_3$ z metodo iztiskanja skozi kanale, ki ležijo pod pravim koto in so enakega prereza. Z vzorci, ki so v notranjosti vsebovali le kovinsko matico, v zunanjem plašču pa tudi utrjevalno fazo smo pri ekstremni plastični deformaciji raziskovali vpliv mikrostrukture na mehanizem plastične deformacije. Rezultati so odkrili, da sta v kompozitnem plašču prisotna dva mehanizma, medtem ko poteka plastično tečenje v enofazni kovinski matici le z drsenjem dislokacij. V kompozitnem plašču poteka drsenje dislokacij le do stopnje, ko se zaradi deformacijske utrditve sproži energijsko ugodnejši mehanizem drsenja po mejah zrn.

Preliminarne raziskave tvorbe metastabilne mikrostrukture Au-nano delcev s postopkom pirolize preko ultrazvočnega razprševanja ostankov zlata so pokazale, da omogoča postopek ultrazvočnega razprševanja sintezo čistih nanodelcev zlata z nadzorovano velikostjo tudi iz ostankov, oziroma iz odpadnega 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. Na področju razvoja zlitin z metastabilnimi kvazikritalnimi fazami je raziskovalno delo v letu 2011 potekalo na področjih študija mehanskih lastnosti zlitin s kvazikristali, opredelitvi kritične hitrosti ohlajanja za nastanek kvazikristalov v zlitinah Al-Mn-Be-Cu, začetnih poskusih kontinuirnega litja Al-zlitin s kvazikristali in preiskavah toplotnih in termomehanskih obdelav Al-zlitin s kvazikristali. Največji poudarek je bil na opredelitvi obnašanja pri tlačnih preskusih, poleg tega smo izvedli tudi nekaj nateznih preskusov, preskušanje z mikroindentacijo pa smo izvedli v prejšnjih letih.

Tlačno smo preskušali vzorce, ki so bili najprej vakuumsko indukcijsko taljeni, nato pa uliti v bakrene kokile s premeri 2 mm, 4 mm in 8 mm. Cilj je bil, da v vzorcih prevladuje ikozaedrična kvazikritalna faza (i-faza). Dosežena trdnost je bila okoli 450 MPa, v plastičnem območju pa ni bilo skorajda nobenega deformacijskega utrjanja. Takšno obnašanje izvira iz mikrostrukture, ki je sestavljena iz primarne i-faze in osnove, ki iz evtektika (i-faza + β -Al). 8-mm vzorci, ki so vsebovali večji delež periodičnih intermetalnih faz, so se prelomili pri 0,4 logaritemske deformacije, njihova trdnost je pa bila približno 10 % manjša kot v 2-mm in 4-mm vzorcih.

Glavni cilj pri opredelitvi hitrosti ohlajanja je bil izmeriti kritično ohlajevalno hitrost za nastanek kvazikritalne faze. Eksperimenti so bili izvedeni z gravitacijskim litjem v različne bakrene forme. Drobni termočleni so bili vgrajeni ob stenah livne forme, da bi lahko spremljali temperaturo med litjem. Ugotovili smo, da lahko nastanek faz β_1 in $\text{Be}_4\text{Al}(\text{Mn,Cu})$ popolnoma preprečimo, ko ohlajevalna hitrost doseže približno 60 K s^{-1} . Ko ohlajevalna hitrost preseže 60 K s^{-1} se začne delež Al_4Mn zmanjševati, medtem ko se začne delež kvazikritalne faze povečevati. Slednja je pretežno navzoča v okviru dvofaznega zloga (β -Al + i-faza). Pri premeru 4 mm je

mikrostruktura sestavljena iz dveh binarnih zlogov (-A + i-faza) in (-Al + -Al₂Cu).

V letu 2011 se bile izvedeni tudi prvi poskusi kontinuirnega litja s ternarnimi zlitinami Al-Mn-Be in kvaternimi Al-Mn-Be-Cu. Uporabili smo napravo za vertikalno kontinuirno litje. Prve preiskave so pokazale, da je mikrostruktura zlitin Al-Mn-Be zelo heterogena, medtem ko so zlitine Al-Mn-Be-Cu mnogo bolj homogene.

Raziskava toplotnih in termomehanskih raziskav je bila izvedena za hitrostrjene zlitine Al-Mn-Be, v katerih je stopnja metastabilnosti največja. Raziskana je bila tudi toplotna obstojnost ikozaedrične faze po 24-urnem žarjenju pri različnih temperaturah. Ugotovljeno je bilo, da je v litem stanju mikrostruktura sestavljena in -Al in ikozaedrične kvazikristalne faze. Pri žarjenju do 400 °C, se kvazikristali niso razgradili in fazna sestava je ostala nespremenjena. Žarjenje pri 500 °C ali še višjih temperaturah je povzročilo razpad kvazikristalne faze, in v mikrostrukturi so bile zgolj faze Al₆Mn in Be₄AlMn.

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

V letu 2011 so bili doseženi vsi zastavljeni raziskovalni cilji na področju raziskovanja tehnologij izdelave metastabilnih materialov in na področju študij vpliva metastabilne mikrostrukture na fizikalne, kemijske in mehanske lastnosti. Nadaljevali smo z izvedbo poskusov hitrega strjevanja po metodi melt spinning, ekstremne plastične deformacije s tehniko ECAP in pričeli s poskusi pirolize s tehniko ultrazvočnega razprševanja. Na področju karakterizacije nastalih metastabilnih mikrostruktur in odkrivanju njihovega vpliva na lastnosti smo se v letu 2011 posvetili predvsem bikompatibilnosti, ki je izjemno pomembna lastnost materialov za aplikacijo v medicini. Iskanje odgovorov na številne paradokse, je dalo nekatere zanimive in tudi odmevne rezultate. Z eksperimentalnim delom pridobljena znanja pa nam bodo omogočila obsežno sodelovanje z industrijskimi partnerji pri razvoju novih tehnoloških postopkov za izdelavo metastabilnih materialov. Vsi raziskovalni partnerji so namreč močno usmerjeni v tiste aplikativne raziskave, ki bi lahko zagotovile uspešno prihodnost. Na tem mestu velja omeniti, da imajo raziskovalni partnerji bogate izkušnje pri razvoju tehnoloških procesov, ki omogočajo izdelavo metastabilnih materialov tako za nacionalno, kakor tudi za evropsko industrijo. Več tehnologij, ki so bile razvite v preteklosti in zaščitene z mednarodnimi patenti se namreč danes uporablja v masovni proizvodnji teh materialov.

Aktivnosti raziskovalnega programa so bile v preteklem letu usmerjene v razširjanje projektnih aktivnosti in tudi v predstavitev rezultatov. Posebni cilji so bili spodbujanje izmenjave znanja, večja ozaveščenost javnosti, preglednost dela in izobraževanje. Učinkovit pretok informacij in obveščanje o ciljih in rezultatih našega dela smo dosegali z prispevki za nacionalno kot tudi evropsko znanje in znanstveno odličnost. Rezultati dela programske skupine so bili v letu 2011 prikazani v poročilih in sporočilih za javnost, na spletnih straneh in drugih notranje ustvarjenih podporah, kot so tiskane publikacije, CD-ji, ter z objavami rezultatov v znanstvenih člankih in zbornikih konferenc.

Pri študiju kvazikristalnih zlitin so bili realizirani vsi zastavljeni cilji, načrtovani za leto 2011. Raziskovalno delo je potekalo na naslednjih področjih: (i) Študij mehanskih lastnosti zlitin s kvazikristali; (ii) Opredelitev kritične hitrosti ohlajanja za nastanek kvazikristalov v zlitinah Al-Mn-Be-Cu; (iii) Začetni poskusi kontinuirnega litja Al-zlitin s kvazikristali; (iv) Začetne preiskave možnosti toplotnih in termomehanskih obdelav Al-zlitin s kvazikristali.

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

Raziskovalno delo skupine je v letu 2011 potekalo v skladu z načrtom raziskovalnega programa.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine v letu 2011⁵

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	15705366	Vir: vpis v poročilo
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 spominske 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 spominske zlitine zaželjene kakor tudi neželjene efekte na imunski sistem. To je odvisno od stimulativnih 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 Auger-electron 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 pro-inflammatory 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	TOMIĆ, Sergej, RUDOLF, Rebeka, BRUNČKO, Mihael, ANŽEL, Ivan, SAVIĆ, V., ČOLIĆ, Miodrag.. Eur. cells mater., Jan.-June 2012, vol. 23, str. 58-80. [JCR: 2010: 9.65]	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
2.	COBISS ID	14359830	Vir: vpis v poročilo
	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 (USP) 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	RUDOLF, Rebeka, FRIEDRICH, Bernd, STOPIĆ, Srečko, ANŽEL, Ivan, TOMIĆ, Sergej, ČOLIĆ, Miodrag. J. biomater. appl., J. biomater. appl., Jan. 2012, vol. 26, no. 5, str. 595-611. [JCR: 2010: 2.246]	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
3.	COBISS ID	15483926	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Razvoj mikrostrukture v zlitinah Al-Mn-Cu-(Be)
		ANG	Microstructural evolution in Al-Mn-Cu-(Be) alloys
	Opis	SLO	Faze, ki se pojavijo v ternarni zlitini Al-Mn-Cu pri počasnejšem ohlajanju, lahko napovemo na osnovi znanega ternarnega faznega diagrama Al-Mn-Cu. Dodatek Be prepreči nastanek Al ₆ Mn, zmanjša delež faze \square 1-Al ₂₉ Mn ₆ Cu ₄ in poveča delež Al ₄ Mn. Med hitrejšim ohlajanjem v kvaternih fazah prevladuje ikozaedrična kvazikristalna faza. Nadaljnje segrevanje

		in žarjenje poveča delež $\square 1$ v vseh zlitinah, ter delež faze $\text{Be}_4\text{Al}(\text{Mn,Cu})$ v kvaternih zlitinah. Strjevanje z zmernimi hitrostmi povzroči pomembno utrjanje zlitin.
	ANG	The results have shown that in the ternary $\text{Al}_{94}\text{Mn}_3\text{Cu}_3$ alloy, the phases formed during slower cooling can be predicted by the known Al-Mn-Cu phase diagram. The addition of Be prevented the formation of Al_6Mn , decreased the fraction of $\square 1$ - $\text{Al}_{29}\text{Mn}_6\text{Cu}_4$, and increased the fraction of Al_4Mn . In the quaternary alloys, the icosahedral quasicrystalline phase dominated by moderate cooling. Heating and annealing of the alloys caused an increase in the volume fractions of $\square 1$ in all alloys, and $\text{Be}_4\text{Al}(\text{Mn,Cu})$ in quaternary alloys. Solidification with a moderate cooling rate caused considerable strengthening.
Objavljeno v		Taylor & Francis; Philosophical magazine; 2011; Vol. 91, no. 33; str. 4230-4246; Impact Factor: 1.302; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.709; A': 1; WoS: PM, PU, PZ, UB; Avtorji / Authors: Rozman Niko, Medved Jože, Zupanič Franc
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati programske skupine v letu 2011⁶

Družbenoekonomsko relevantni dosežki		
1.	COBISS ID	14779414 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Postopek dinamičnega globokega jedkanja in ekstrahiranja delcev iz aluminijevih zlitin ANG Procedure of dynamical deep etching and particle extraction from aluminium alloys
	Opis	SLO Izum je postopek dinamičnega globokega jedkanja in ekstrahiranja delcev iz aluminijevih zlitin za pripravo vzorcev za raziskavo in kontrolo materialov iz aluminijevih zlitin z vrstično in presevno elektronsko mikroskopijo ter rentgensko difrakcijo. Rezultat sta dve vrsti vzorcev: globoko jedkana površina kompaktnega vzorca in praškasti ekstrahirani vzorec. Patentiran postopek omogoča, da raztapljanje poteka po celotni prostornini vzorca, da se raztaplja samo aluminijeva osnova ter da ostale faze ostanejo kemično in geometrijsko nespremenjene in da v vzorcih ni ostankov produktov raztapljanja. ANG The invention is a procedure for dynamical deep etching and extraction of particles from aluminium alloys for sample preparation, and characterisation of Al-alloys using scanning and transmission electron microscopy, and X-ray diffraction. Results are two types of samples: deep-etched surface of a bulk sample and extracted powders. The invented procedure enables that the dissolution takes place in whole sample volume, only Al-matrix being dissolved, other phases remain chemically and geometrically the same, and no dissolution products remain in the sample.
	Šifra	F.01 Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin
	Objavljeno v	Urad RS za intelektualno lastnino; 2011; 8 str.; Avtorji / Authors: Bončina Tonica, Zupanič Franc, Markoli Boštjan
	Tipologija	2.24 Patent
2.	COBISS ID	67806721 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Toplotna obdelava kovinskih materialov ANG Heat-treatment of metallic materials
		Skripta obravnavajo toplotno obdelavo različnih kovinskih materialov. V

	Opis	SLO	začetku so pojasnjene osnove, ki so nujno potrebne za razumevanje in uporabo toplotnih obdelav. V nadaljevanju so opisane 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	
3.	COBISS ID	255876096	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Razvoj visokotrdnostnih livnih aluminijevih zlitin s kvazikristali
		ANG	Development of high strength aluminium alloys with quasicrystals
	Opis	SLO	V doktorski disertaciji je obravnavana problematika razvoja aluminijevih zlitin, ki vsebujejo nekatere izmed kompleksnih intermetalnih spojin, med drugim tudi kvazikristalne faze. Raziskovali smo vplive legirnih elementov in pogojev strjevanja na razvoj mikrostrukture ter posledičnega mehanskega obnašanja zlitin štirikomponentnega sistema Al-Mn-Be-Cu. Zato je bilo izdelanih več zlitin, ki so bile lite pri različnih pogojih. Razvoj zlitin je potekal na podlagi znane konstitucije trikomponentnega sistema Al-Mn-Cu in znanih vplivov kemijskega elementa berilija na aluminijeve zlitine sistema Al-Mn. S pomočjo raznih analiz, kot na primer mikrostrukturnih, kemijskih, termodinamskih in faznih, smo ugotovili fazno sestavo zlitin in razvoj mikrostrukture glede na kemijsko sestavo in ravnotežne razmere pri strjevanju. Med litjem smo zajemali ohlajevalne hitrosti in opredelili kritičnoohlajevalno hitrost, potrebno za nastanek ikozaedrične kvazikristalne faze v sistemu Al-Mn-Be-Cu. Za odkrivanje vplivov fazne sestave na mehanske lastnosti zlitin so bili izvedeni tlačni in trdnostni preizkusi ter testi meritev mikrotrdote z uporabo naprave za zaznavanje globine vtiska. Ugotovljeno je bilo, da kvazikristalna faza, ki nastopa v teh zlitinah, povišuje napetost tečenja in duktilnost zlitin, zmanjšuje pa utrjevalni efekt med plastično deformacijo.
		ANG	This work presents development of aluminium alloys which possess complex intermetallic phases; that is in this case quasicrystals. In quaternary phase system aluminium rich phase system Al-Mn-Be-Cu influence of alloying elements on microstructure development was investigated. To achieve this several alloys with similar chemical composition were casted under different solidification conditions. Investigations based on well known stable state phase system Al-Mn-Cu and previous results of beryllium influence in Al-Mn system. With help of different chemical, microstructural, structural and thermodynamical analysis microstructure and its development was determined. For determination of critical cooling rate for formation of metastable quasicrystals, different thermoelements monitored the temperature dynamic in the regions of interest. Behaviour of quasicrystals and its influence during plastic deformation was investigated on basis of nanoindentation and compressive tests.
	Šifra	D.09 Mentorstvo doktorandom	
	Objavljeno v	N. Rozman]; 2011; VI, 151 f.; Avtorji / Authors: Rozman Niko	
Tipologija	2.08 Doktorska disertacija		

8. Drugi pomembni rezultati programske skupine v letu 2011⁷

Upravljanje in razvoj raziskovalnega dela dr. Rebeka Rudolf
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 sofinanciranje 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).

9. Vključenost v raziskovalne programe Evropske unije in druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v letu 2011 z vsebinsko obrazložitvijo porabe dodeljenih sredstev iz naslova dodatnega letnega sofinanciranja mednarodnega sodelovanja na podlagi poziva za EU vpetost 2011⁸

/

LETNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA V LETU 2011

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	skupaj: 8034	od tega v letu 2011: 2678
Cenovni razred	C	
Trajanje programa	01.2009 - 12.2011	
Izvajalci raziskovalnega programa (raziskovalne organizacije in/ali koncesionarji)	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. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem programu²

Raziskovalno delo je razdeljeno na dve raziskovalni skupini, in sicer "RS-0795-045 za strojne elemente in konstrukcije" in "RS-0795-058 za mehaniko". Raziskovalno delo poteka na karakterizaciji mehanskih lastnosti materialov in odziva materialov na obremenitve (RS-045), kot tudi na optimiranju posameznih komponent in celotnih mehanskih sistemov ("RS-058"). V sklopu tega je opravljeno numerična in eksperimentalna analiza lomnega in utrujenostnega obnašanja visokotrdnostnih materialov (vzmetnih jekel) in večplastnih Al-materialov. Ugotovljeno je, da je pri

širjenju razpoke v heterogenem elastičnem materialu 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. Takšna oblika heterogenosti je pogosta v naravi in sicer pri bioloških materialih, 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 lastnostim so numerično obravnavane. Skupna značilnost teh materialov je periodično ureditev strukturnih elementov z zelo različnimi togostnimi lastnostmi, ni 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 sestavljeni kompozitne arhitekture izpolnjujejo nekatera pravila oblikovanja, potem zelo toga struktura postane odporna proti zlomom in predvsem tolerantna za kratke razpoke oz. napake v mikrostrukturi. V okviru optimiranja mehanskih sistemov je razvit učinkovit pristop k optimizaciji 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 namenske 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. Izkaže se, da lahko 'najneugodnejše' vrednosti teh parametrov na enostaven način določimo med optimizacijskim postopkom. Za analizo dinamičnega odziva konstrukcij pod obremenitvijo je razvita in izdelana elektronska merilna oprema z računalniško podprtim zajemanjem in obdelavo podatkov. Poleg standardnih meritev vibracije ekscentričnih mas, oprema omogoča tudi on-line spremljanje relaksacije površine zaradi napredovanja razpok v notranjost konstrukcijske komponente. Končni cilj programa je poleg razvoja novo zasnovanih večplastnih materialov z visoko statično in dinamično nosilnostjo in majhno občutljivostjo na prisotnost napak tudi zagotoviti optimalno izdelavo konstrukcije glede nosilnosti, ki je podprta z avtonimnim sistemom za spremljanje deformacijskega stanja. Raziskovalne aktivnosti so potekale na mednarodnem področju v okviru centra odličnosti KOMET 2 Avstrijske akademije za znanost, ki ga koordinira Material Center Leoben (na področju razvoja modela konfiguracijskih sil pri trdnostno heterogenih materialih-mednarodni projek), v okviru sodelovanja z Univezo v Mar del Plati (na področju razvoja utrujnostnih modelov za določitev dinamične odpornosti materiala-bilateralni projekt), z Univerzo v Lille 1, Inštitutom za mehaniko (na področju hiperelastičnih materialov-gostojoči profesor) in v sodelovanju z Univerzo v Beogradu (na področju razvoja merilne opreme za on-line monitoring konstrukcij-EUREKA OLMOST projekt). Poleg akademskega sodelovanja s partnerji v tujini je potekalo tudi razvojno raziskovalno sodelovanje s gospodarstvom doma in v tujini na osnovi optimiranja konstrukcij in eksperimentalne karakterizacije lomnega obnašanja in nosilnosti konstrukcijskih komponent.

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

Cilji programa so realizirani v zastavljenem obsegu in sicer na področju karakterizacije mehanskih lastnosti materialov in optimiranja heterogene strukture materiala za zagotovitev povečane nosilnosti kot tudi na razvoju novih optimalnih konstrukcijskih zasnov. Dinamični odzivi obnašanja se izvajajo z integralno elektrotehnično merilno opremo, ki zajema poleg klasične meritve deformacij, tudi komplekse meritve deformacij kod pomike točk na površini obremenjenih komponent. Zaradi neposrednega spremljanja obnašanja konstrukcijske komponente pod obremenitvijo oblikovna funkcija je zajeta v izmerjenih vrednostih, tako da na osnovi razlike v odzivu na obremenitev med teoretičnim poenostavljenim modelom in eksperimentalnimi rezultati dobimo empirične parametre oblikovne funkcije, bodisi kot parametre optimalne topologije konstrukcije. Ispolnjeni so

cilji za izdelavo modela, ki implementira parametre mehanike loma in omogoča določitev točk na S-N Wohlerovi krivulji za materiale s kratkimi razpokami oz. težko merljivimi kritičnimi razpokami. V okviru analize elasto-plastičnega obnašanja je ocenjena dinamična nosilnost materiala v plastičnem področju!

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

Ob konstantnem obsegu raziskovalnih ur in kadrovske spremembah, ki so deloma posledica odhoda v pokoj (prejšnjega vodje PS izr. prof.dr. Rudi Pušenjaka) ni bistvenih sprememb raziskovalnega programa! Raziskovalne aktivnosti so v skladu s programom prešle v fazo implementacije in montaže komponent na konstrukcij kot tudi praktičnega razvoja elektrotehnične merilne opreme podrprte z računalniškim zajemanjem in obdelavo dobljenih rezultatov.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine v letu 2011⁵

Znanstveni dosežek		
1.	COBISS ID	15050006
		Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Konstrukcija CTOD-R krivulje odpornosti materiala na osnovi meritev deformacij na površini
	ANG	CTOD-R curve construction from surface displacement measurements
Opis	SLO	Določitev krivulje lomne odpornosti materiala delta-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 E-1820, BS 7448 ali drugimi standardi in predpisi (npr. GTP-02, ESIS-92, ...) 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 sila-pomik 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
	ANG	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.	
	Objavljeno v	Pergamon Press.; Engineering fracture mechanics; 2011; Vol.78, issue 11; str. 2286-2297; Impact Factor: 1.571; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.214; A': 1; WoS: PU; Avtorji / Authors: Gubeljak Nenad, Chapetti Mirco D., Predan Jožef, Landes John D.	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
2.	COBISS ID	15078678	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Sprememba praga utrujenostne rasti razpoke za prednapeta vzmetna jekla
		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 podjete 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 determined 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.
	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	
3.	COBISS ID	15200534	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Biološko inspiriran kriterij za zasnovo na poškodbe odpornih materialov, ki imajo periodično spreminjajočo mikrostrukturo
		ANG	Bioinspired design criteria for damage-resistant materials with periodically varying microstructure
		Veliko bioloških materialov, kot so kosti, školjke, ali nekateri skeleti globokomorskih steklenih spužv, imajo hierarhično strukturo, ki jih naredi	

Opis	SLO	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: 8.486; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.13; A": 1; A': 1; WoS: DY, EI, NS, PM; Avtorji / Authors: Kolednik Otmar, Predan Jožef, Fischer Franz Dieter, Fratzl Peter	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati programske skupine v letu 2011⁶

Družbenoekonomsko relevantni dosežki			
1.	COBISS ID	15822870	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Monitoring deformacijskega obnašanja podpornih konstrukcij za oskrbo z električno energijo	
	ANG	On-line monitoring of deform behaviour of electricity transmission columns	
Opis	SLO	Deformacijsko obnašanje konstrukcije oz. kritične konstrukcijske komponente je pomemben vir informacij za odločanje o režimu eksploatacije s hitrim prilagajanjem trenutno nastalim dejanskim razmeram. Koncept monitoringa temelji na spremljanju deformacijskega obnašanja kostrukcijske komponente, ki sloni na trdnostni analizi. Pri tem se upoštevajo geometrijske značilnosti, način obremenjevanja ter fizikalne, mehanske in lomnomehanske lastnosti materiala. On-line monitoring podprt z numerično analizo modela konstrukcijske komponente omogoča simulacijo mehanskega obnašanja kot tudi napovedovanje nevarnosti izpada funkcionalnosti ali nestabilnosti.	
		Deformation behavior or structural critical component is an important source of information for deciding on the mode of exploitation by a rapid adaptation to existing conditions currently encountered. The concept of monitoring is based on stress.strain analysis and deflection behavior of structural component. The monitoring sistem incorporates the geometric	

		ANG	characteristics, method of loading and physical, mechanical and fracture mechanics properties of materials. On-line monitoring is supported by numerical analysis of the structural components of the model enables simulation of mechanical behavior and failure prediction functionality or risk instability. Proposed on-line monitoring system based on material behaviour enables prevention of catastrophic failure and safe service of structure, respect to strain and deflection behaviour.
	Šifra	B.04 Vabljeno predavanje	
	Objavljeno v	2011; Avtorji / Authors: Gubeljak Nenad, Predan Jožef	
	Tipologija	3.15 Prispevek na konferenci brez natisa	
2.	COBISS ID	15272726	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Dinamična karakteristika hiperelastičnega vzmetnega elementa izpostavljenega vibrirajoči obremenitvi
		ANG	Dynamic charactersitc of hiperelastic spring's element under dynamic loading
	Opis	SLO	Kot gostujoči profesor med enomesečnim gostovanjem na Univesity of Lille 1, Institute of Mechanics, sem predstavil rezultate aplikacije elastomera na vzmetne jeklene elemente za zagotovitev večje nosilnosti in dinamične trdnosti elementov.
		ANG	As visiting professor during one month staying at University of Lille1, Insitute of Mechanics, I have presented results of elastomer elements application on spring's steel elements in order to ensure higher loading capacity and dynamic strength of elments.
	Šifra	B.05 Gostujoči profesor na inštitutu/univerzi	
	Objavljeno v	2011; Avtorji / Authors: Gubeljak Nenad	
	Tipologija	3.14 Predavanje na tuji univerzi	

8. Drugi pomembni rezultati programske skupine v letu 2011⁷

Člani programske skupine so sodelovali pri razvoju konstrukcijskih komponent za gospodarske subjekte (razvoj potisnega čevlja za Ledinek Lesto Engineering, Hoče), na ekspertizi dinamičnega obnašanja hladnega razdelilca HE Peručica (Elektroprivreda Crne Gore). Ekspertiza lomne nosilnosti debelostenih tlačnih posod za Mašinski fakultet Univerziteteta u Zanici (Željezara Zenica).

9. Vključenost v raziskovalne programe Evropske unije in druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v letu 2011 z vsebinsko obrazložitvijo porabe dodeljenih sredstev iz naslova dodatnega letnega sofinanciranja mednarodnega sodelovanja na podlagi poziva za EU vpetost 2011⁸

Aktivnosti v okviru raziskovalnega programa so sestavni del EUREKA projekta OLMOST skupaj s partnerji iz Inovacionega centra Mašinskog fakulteta Univerziteteta v Beogradu. Dodatna finančna sredstva v okviru Eureka projekta, kot je navdano v finančnem poročilu so bila porabljena za nakup merilne opreme, plače tehniškega sodelavca, in potne stroške, predstavitve na kongresih v skupni višini 22.500 EUR. Eksperimentalne raziskave in numerične simulacije lomnega obnašanja na področju večplastnih materialov potekajo v okviru KOMET 2 projekta Avstrijske akademije za znanost skupaj z Material Centre Leoben MCL Leoben. Za delo na projektu nismo prejeli dodatnega letnega sofinanciranja v Sloveniji, temveč le iz Avstrije smo prejeli sredstva.

LETNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA V LETU 2011

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 2011:5950
Cenovni razred	C
Trajanje programa	01.2009 - 12.2014
Izvajalci raziskovalnega programa (raziskovalne organizacije in/ali koncesionarji)	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.14 Tekstilstvo in usnjarstvo
Družbeno-ekonomski cilj	06. Industrijska proizvodnja in tehnologija

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 programu²

Površine tekstilnih vlaken smo modificirali s specifično adsorpcijo funkcionalnih naravnih polimerov z namenom pridobivanja biološko aktivnih funkcij vlaknatih materialov (protimikrobnost, protitrombotičnost, itd.). V te namene smo poleg hitozana uporabili kemično modificiran alternativni polisaharid, ki je pokazal obetajoče protitrombogene lastnosti, sulfatiran galaktoglukomanan.

Opravljen je bila analiza površin po različnih obdelavah: analizirali smo površinske lastnosti in protimikrobnost. Z nanoprevlekami smo dobili vlakna z novimi funkcionalnimi lastnostmi. Proučili smo vpliv predobdelave s plazmo. Morfologijo nanoprevlek in

uporabne lastnosti nanomodificiranih vlaken smo primerjali z lastnostmi nanomodificiranih vlaken - nanoprevleke smo tvorili na neobdelanih vlaknih in vlaknih, predobdelanih s konvencionalnimi postopki ali predhodno razvitimi postopki predobdelave vlaken.

V okviru sol-gel aplikacij na tekstil smo izvedli imobilizacijo pH indikatorjev (bromokrezol zeleno in kongo rdeče) v sol-gel polimerno osnovo, kar smo v naslednji fazi nanesli na surov bombaž in viskozo. Odziv indikatorjev smo testirali na hlape močne kisline in močne baze ter na puferne raztopine. Na viskozo in bombaž nanešen indikator Kongo rdeče se je bolje odzival na kisle in bazične hlape. Ravno obratno pa se je zgodilo v primeru indikatorja bromokrezol zeleno nanešenega na viskozo in bombaž; v pufernih raztopinah je bil odziv takojšen.

Na področju magnetnih nanoprahov je bil pretežen del raziskav usmerjen v sintezo in karakterizacijo superparamagnetnih nanodelcev (CoFe_2O_4 , $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) in njihovo površinsko modifikacijo s funkcionalnimi alkoksisilani z uporabo sol-gel tehnologije. Rezultati so osnova za nadaljnji razvoj tankoslojnih tekstilnih nanosov za odstranjevanje ionov težkih kovin in sanacijo oljnih razlitij.

Vgrajevali smo polifunkcionalne in "host-guest" reagente za pripravo selektivnih adsorpcijskih membran/filtrov, ki so sposobni adsorbirati male molekule onasnaževal. Tekstilne površine smo modificirali s supramolekularnimi snovmi; tako pripravljene materiale smo izpostavili značilnim onasnaževalom, ki se nahajajo v predhodno obdelanih tekstilnih odpadnih vodah (fenil, cianurna kislina). Adsorpcijo onasnaževal na obdelane tekstilne substrate smo spremljali s pomočjo UV-Vis in IR spektroskopije. V teku so tudi raziskave o proučevanju kinetike adsorbiranja onasnaževal.

Študirali smo obdelavo tekstilnih materialov z nano/mikrokapsulami, ki vsebujejo aktivne snovi, kot na primer eterična olja ter fotokromna barvila. Pripravili smo tekstilni material s fotokromnimi lastnostmi.

Postavili smo strategijo za nadzorovano spremljanje lakazno-katalizirane oksidacije enostavnih fenolnih monomerov in kompleksnih ligninskih polimerov, in njihovo polimerizacijo.

Z raziskavo UV absorberjev nam je uspelo dokazati možnost znižanja UV propustnosti na po surovinski sestavi različnih materialih s pomočjo ekstrakta rdečega bora, ki predstavlja novost in nam daje odlične zaščitne lastnosti (UPF 50⁺). Enako dobre in na določenih materialih celo boljše lastnosti pa dosežemo pri uporabi TiO_2 v obliki disperzije in z dodanim SiO_2 . Dosegamo enakomeren nanos, material ima tudi dobre antioksidacijske lastnosti. Dokazali smo, da je mogoče združiti postopek barvanja s postopkom nanosa UV absorberja (ekonomska prednost).

Uvedli smo nove polimerne materiale, ki delujejo kot filtri in specifični nosilci biomase v bioloških sistemih za odstranjevanje barvil, soli in organskih onesnaževal iz odpadne vode.

Na področju digitalnega tiskanja tekstilij so bile razvite UV pigmentne disperzije, katerih fizikalno-kemijske lastnosti ustrezajo tehnologiji tiskalnikov DOD. Razviti so bili novi postopki digitalnega tiskanja tekstilij različne surovinske sestave, ki temeljijo na različnih predobdelavah tekstilnih površin, programski opremi RIP in barvnega upravljanja ter so bili preneseni iz laboratorijskega v industrijsko okolje.

Na področju higiene tekstilij se je nadaljevala poglobljena raziskava okoljskih vplivov, ki jih povzročata kemijsko-termičen in enokopelni CO_2 postopek nege medicinskih tekstilij.

Opravljenе so bile ekološke analize odpadnih pralnih vod kemijsko-termičnega razkuževalnega procesa v skladu z Uredbo (UL RS 41/2007). Izdelane so bile energetske in okoljske bilance za oba negovalna postopka pri čemer je bila upoštevana metodologija ocene življenjskega cikla izdelka/storitve LCA, popisa stanja LCI ter ocena vplivov na okolje v času življenjskega cikla LCIA. Ugotovljeno je bilo, da klasičen kemijsko-termičen postopek daje štirikrat višji indeks globalnega segrevanja (GWP_{100}) in indeks zakisljevanja (AP), torej sprošča tudi štirikrat več emisij toplogrednih plinov in plinov zakisljevanja, kot enokopelni LCO_2 razkuževalni postopek nege tekstilij.

Proučevali smo možnost čiščenja pralne odpadne vode v bioreaktorju s pritrjeno biomaso. Raziskava je pokazala, da proces s pritrjeno biomaso zagotavlja dobre rezultate čiščenja ogljikovih komponent v pralni odpadni vodi.

V letu 2011 smo nadaljevali s čiščenjem odpadnih tokov iz slovenskih tekstilnih plemenitilnih tovarn z uporabo različnih AOP postopkov kot so: $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$, $\text{H}_2\text{O}_2/\text{O}_3$, $\text{H}_2\text{O}_2/\text{Fenton}$, $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}/\text{katalizator}$, termo/ $\text{H}_2\text{O}_2/\text{katalizator}$, $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UZ}$,

H₂O₂/UZ/katalizator in druge kombinacije, z mikrobiološkimi postopki, adsorpcijo na oglju, adsorpcijo na bioadsorbentu in z membranskimi tehnologijami (MF, NF, RO, MBR, MBBR). Poglobili in razširili smo raziskave postopka H₂O₂/UV/katalizator (optimalna koncentracija katalizatorja, določitev optimalnega razmerja H₂O₂:katalizator) in določili mehanizem njegovega delovanja. Optimiranje AOP postopkov smo izvedli z uporabo matematičnih modelov. Spremljali in detektirali smo nastanek razgradnih produktov. Nekatere AOP postopke smo poskusno aplicirali v dveh slovenskih tekstilnih plemenitilnih tovarnah.

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

Zastavljeni 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 skupine⁴

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

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine v letu 2011⁵

Znanstveni dosežek			
1.	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> Tekstilna industrija z zelo raznoliko proizvodnjo velja za velikega porabnika vode in kemikalij. Okoljski problemi te industrijske panoge so v glavnem povezani z odpadno vodo. Glede na vse bolj naraščajočo krizo povezano z zalogami vodnih virov postaja področje čiščenja in ponovne uporabe vode velikega pomena tudi v tekstilni industriji. V poglavju so kritično predstavljene značilnosti tekstilnega sektorja, od vhodnih surovin do opisa posameznih tekstilnih procesov ter karakteristik nastalih odpadnih tokov. Predstavljene so možne tehnologije čiščenja tekstilnih odpadnih vod in možnosti njenega recikliranja.	
		<i>ANG</i> 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.	
	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	
2.	COBISS ID	15770646	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Protimikrobna učinkovitost celuloznih vlaken kot potencialnih medicinskih tekstilij.	

		ANG	Antimicrobial efficiency of functionalized cellulose fibres as potential medical textiles.
Opis		SLO	Predstavljen je pregled metod za funkcionalizacijo celuloznih vlaken z namenom uvajanja funkcije protimikrobne aktivnosti. Predstavljene so nekatere strategije funkcionalizacije tekstilnih vlaken z uporabo biorazgradljivih polimerov, npr. hitozana. Metode za določanje protimikrobnih učinkov tekstilnih vlaken so kritično obravnavane in predstavljene njihove pomanjkljivosti. Podana je razprava o razvoju in pripravi nove uporabnejše metodologije za protimikrobno testiranje orientiranih vlaknatih polimerov.
		ANG	An overview of methods for cellulose fibres functionalization in order to introduce antimicrobial activity is presented. Antimicrobial finishing together with some strategies for the functionalization of fibres using biodegradable polysaccharides such as chitosan are presented. The methods used for the microbiological testing of these fibres are discussed and the current disadvantages of these methods indicated. A new strategy for a reliable methodology regarding the antimicrobial testing of oriented fibre-based polymers such as cellulose is discussed.
Objavljeno v	Formatex Research Center; Science against microbial pathogens; 2011; Str. 37-51; Avtorji / Authors: Ristić Tijana, Fras Zemljič Lidija, Novak Monika, Kralj Kunčič Marjetka, Sonjak Silva, Gunde-Cimerman Nina, Strnad Simona		
Tipologija	1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji		
3.	COBISS ID	15393558	Vir: COBISS.SI
Naslov		SLO	Encimska hidroliza različnih alomorfnih oblik mikrokristaline celuloze.
		ANG	Enzymatic hydrolysis of different allomorphic forms of microcrystalline cellulose.
Opis		SLO	V članku smo preučevali encimsko/celulazno hidrolizo treh osnovnih alomorfnih oblik mikrokristaline celuloze (I, II, III) na osnovi določanja nastanka reduciranih sladkorjev (HPLC-SEC) ter sprememb povprečne velikosti nastalih celuloznih delcev in njihove supramolekularne/kristaline strukture (X-žarkovna difrakcija; optični in vrstični elektronski mikroskop). Medtem, ko kristalina struktura alomorfnih oblik I in II nista kazali posebnih sprememb, je bilo pri celulozi III opazen delni prehod nazaj v kristalino strukturo I.
		ANG	The paper investigates the enzymatic hydrolysis of three main allomorphic forms of microcrystalline cellulose (I, II, III) using different cellulases. The efficiency of the enzymatic hydrolysis was estimated by the amounts of reducing sugar (HPLC-SEC), and by the changes in the average particle sizes of the cellulose allomorphs/crystallinity (X-ray diffraction; optical and scanning electron microscopy). The crystalline structure of allomorphic forms I and II did not suffer significant modifications, while cellulose III recorded a partial return to the crystalline structure of cellulose I.
Objavljeno v	Chapman & Hall;Kluwer Academic Publishers; Cellulose; 2011; Vol. 18, no. 6; str. 1527-1541; Impact Factor: 2.817;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.686; A'': 1;A': 1; WoS: PJ, QJ, UY; Avtorji / Authors: Ciolacu Diana, Gorgieva Selestina, Tampu Daniel, Kokol Vanja		
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati programske skupine v letu 2011⁶

Družbenoekonomsko relevantni dosežki		
1.	COBISS ID	Vir: vpis v poročilo
Naslov	SLO	Prof.dr. Aleksandra Lobnik je prejela nagrado »Naj raziskovalec po izboru gospodarstva za leto 2010«, ki ga podeljuje TehnoCenter Univerze v Mariboru.
	ANG	Prof. Aleksandra Lobnik was awarded as »Best researcher of the University of Maribor in 2010«. The reward was granted by TechnoCenter of University of Maribor.
Opis	SLO	<p>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. V zadnjih 5 letih je prof. Lobnikova postala nosilec naslednjih patentov:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ŽUPERL, Kristina, SFILIGOJ-SMOLE, Majda, STANA-KLEINSCHKEK, Karin, LOBNIK, Aleksandra, BELE, Marjan, JAMNIK, Janko. Metoda za modifikacijo raznovrstnih vlaken z nanonanosi : odločba o podelitvi patenta SI 22094 A, dne 05.03.2007 : prijava patenta P-200500210, datum vložitve prijave 19.7.2005. Ljubljana: Urad Republike Slovenije za intelektualno lastnino, 2007. [17] f., ilustr. 2. LOBNIK, Aleksandra, GUTMAHER, Andreja. Postopek za površinsko modifikacijo netkanih tekstilij s sol-geli : odločba o podelitvi patenta : odločba o podelitvi patenta št. 21963, datum objave 31.08.2006 : št. prijave P-200500026, datum vložitve prijave 1.2.2005. Ljubljana: Urad Republike Slovenije za intelektualno lastnino, 2006. 7 f., graf. prikazi. 3. OJSTRŠEK, Alenka, ROŠ, Milenko, LOBNIK, Aleksandra, FAKIN, Darinka, SAMEC, Niko. Postopek čiščenja tekstilnih barvalnih odpadnih vod s kombinacijo naravnih nosilcev biomase v biofiltru : patent št. 22584 z dne 28. 02. 2009; prijava patenta št. P-200700184, datum vložitve prijave 20.07.2007. Ljubljana: Urad Republike Slovenije za intelektualno lastnino, 2009. [2] f. <p>Specifična značilnost izbora je, da Naj raziskovalca izberejo izključno podjetja, ki sodelujejo z Univerzo v Mariboru na raziskovalno-razvojnem področju.</p>
	ANG	<p>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). In the last 5 years Prof. Lobnik was also the author of several other patents:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ŽUPERL, Kristina, SFILIGOJ-SMOLE, Majda, STANA-KLEINSCHKEK, Karin, LOBNIK, Aleksandra, BELE, Marjan, JAMNIK, Janko. Method for modification of different fibre types by nanocoatings : Patent No. SI 22094 A, dated on 05.03.2007 : Patent application No. P-200500210, applied on 19.7.2005. Ljubljana: The Slovenian Intellectual Property Office, 2007. [17] f., Fig. 2. LOBNIK, Aleksandra, GUTMAHER, Andreja. Method for sol-gel modification of non-woven textiles surface: Patent No. 21963, dated on 31.08.2006 : Patent application No. P-200500026, applied on 1.2.2005. Ljubljana: The Slovenian Intellectual Property Office, 2006. 7 f., graphs. 3. OJSTRŠEK, Alenka, ROŠ, Milenko, LOBNIK, Aleksandra, FAKIN, Darinka, SAMEC, Niko. Textile dye-rich effluents treatment using biofilter packed with low-cost natural materials: Patent No. 22584 dated on 28. 02. 2009; Patent application No. P-200700184, applied on 20.07.2007. Ljubljana: The Slovenian Intellectual Property Office, 2009. [2] f.

		The specific property of the award is that the candidate is selected exclusively by industrial partners which cooperate with the University of Maribor.
	Šifra	E.01 Domače nagrade
	Objavljeno v	http://www.fs.uni-mb.si/povezava.aspx?id=415&pid=4213
	Tipologija	2.25 Druge monografije in druga zaključena dela
2.	COBISS ID	15273494 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Predstavitev uspešnega projekta - Aquafit4Use.
		<i>ANG</i> Presentation of the project Aquafit4use: Information dyes&Brokerage event.
	Opis	<i>SLO</i> Predavanje na Gospodarski zbornici Slovenije zajema opis znanstvenoraziskovalnega dela ter dosežkov na področju projektne dela. Predstavljeni so bili različni pristopi k reševanju problematike tekstilnih odpadnih vod ter primeri tehnoloških rešitev čiščenja odpadnih vod za namene ponovne uporabe.
		<i>ANG</i> Lecture at Chamber of Commerce and Industry of Slovenia related to the scientific and research work as well as obtained results within the project. Different approaches regarding textile wastewater treatment for reuse purposes were discussed and different technological solutions were proposed.
	Šifra	F.18 Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)
	Objavljeno v	2011; Avtorji / Authors: Vajnhandl Simona
	Tipologija	3.15 Prispevek na konferenci brez natasa
3.	COBISS ID	67907585 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Organizacija konference Marie Curie STEP-ITN - 3rd - End-Year Meeting.
		<i>ANG</i> Organization of Marie Curie STEP-ITN - 3rd - End-Year Meeting.
	Opis	<i>SLO</i> Organizacija mednarodne konference Initial Training Network – Shaping and Transformation in the Engineering of Polysaccharides – STEP, (FP7F; Grant Agreement No. 214015). Čas trajanja: od 20. do 23. septembra 2011. Lokacija: hotel Habakuk, Maribor, Slovenija. Število udeležencev na konferenci: 78 (42 zunanjih). Predstavljenih je bilo 26 znanstvenih prispevkov v obliki predavanj, 9 poster predstavitev ter 7 predavanj gostujočih in vabljenih profesorjev. Povzetki predavanj so objavljeni v zborniku konference.
		<i>ANG</i> Organization of STEP-ITN - 3rd - End-Year Meeting (Initial Training Network ITN Shaping and Transformation in the Engineering of Polysaccharides STEP (FP7F; Grant Agreement No. 214015); 20 – 23 September 2011. A total of 78 participants attended the meeting organized by University of Maribor in the Hotel Habakuk, Maribor, Slovenia. The meeting was organised in three days with 26 lectures and 9 posters presentations. There were also 7 training sessions from Visiting Scientists and Invited Speakers. Abstracts of the oral and poster presentations are published in the book of abstract.
	Šifra	B.01 Organizator znanstvenega srečanja
	Objavljeno v	Third End-Year Meeting Shaping and Transformation in the Engineering of Polysaccharides STEP, 20-23 September 2011, Maribor, Slovenia, Book of abstracts. Maribor: Faculty of Mechanical Engineering, Institute for Engineering Materials and Design, Laboratory for Characterisation and Processing of Polymers, 2011. 53 str. ISBN 978-961-248-313-5.
	Tipologija	2.25 Druge monografije in druga zaključena dela

8. Drugi pomembni rezultati programske skupine v letu 2011⁷

V okviru raziskav so bila izvedena 4 diplomska dela na temo izdelave UV zaščitnih materialov in združevanja procesov barvanja in plemenitenja.

Veliko smo se ukvarjali tudi s čiščenjem odpadnih vod barvarn, 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. Iz tega področja smo prijavili tudi domači patent.

9. Vključenost v raziskovalne programe Evropske unije in druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v letu 2011 z vsebinsko obrazložitvijo porabe dodeljenih sredstev iz naslova dodatnega letnega sofinanciranja mednarodnega sodelovanja na podlagi poziva za EU vpetost 2011⁸

RAZISKOVALNI PROGRAMI (PROJEKTI):

- FP-7; 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; Aquafit4use; prof.dr. Alenka Majcen Le Marechal
- FP-7; NMP-2007-2.1.1-1 Nanostructured polymer-matrix composites; Project Title: Surface functionalization of cellulose matrices using coatings of functionalised polysaccharides with embedded nano-particles; Surfucell; prof.dr. Karin Stana Kleinschek
- FP-7; FP7-People-2007-1-1-ITN ; Project Title: Shaping and Transformation in the Engineering of Polysaccharides; Step; prof.dr. Karin Stana Kleinschek
- FP-7; Ga.N. 264115; Strengthening the Romanian research capacity in Multifunctional Polymeric Materials; STREAM; prof.dr. Karin Stana Kleinschek

- Eureka; E!4477; Combination of constructed Wetland and upgraded AOP reactor for the wastewater treatment in textile finishing industry - TT4TXT; prof.dr. Alenka Majcen Le Marechal

- Eureka; E!4952; Razvoj bioaktivne embalaže; Biopacking; doc.dr. Lidija Fras Zemljič
- Eureka; E!3654; Biodegradation of polymeric substrates; izr.prof.dr. Vanja Kokol
- Eureka; E!5851; Obnovljivi materiali iz perutninskega perja/Sustainable materials and products from poultry feather wastes; »FeVal«; izr.prof. dr. Simona Strnad

- MNT ERA-Net: 3211-10-000458 TABANA; izr.prof.dr. Vanja Kokol
- MATERA PLUS Era-Net: 3211-10-000369 Antimicrob peptides; izr.prof.dr. Vanja Kokol

- COST 3311-07-837002; Molecular structure-performance relationships at the surface of functional materials; prof.dr. Karin Stana Kleinschek

- SLO-Turčija; BI-TR/10-12-002: Uporaba ultrazvoka in UV sevanja za obdelavo medicinskih tekstilij; prof.dr. Alenka Majcen Le Marechal

- SLO-Turčija; BI-TR/10-12-002: Priprava UV/VIS zaščitnih tekstilnih materialov s pomočjo mikro in nano enkapsuliranja fotokromnih barvil; prof.dr. Bojana Vončina

- SLO-Portugalska; BI-PT/10-11-004: Kontrola združevanja vodnih sistemov polimerov in površinsko aktivnih snovi s pomočjo ciklodekstrinov; prof.dr. Bojana Vončina

- SLO-Finska; BI-FI/11-12-017: Protimikrobna funkcionalizacija celuloznih materialov; dr. Lidija Fras Zemljič

- SLO-Francija; BI-FR/10-11-PROTEUS-017: Tkane inteligentne tekstilije; prof.dr. Aleksandra Lobnik

- SLO-Indija; BI-IN/10-12-004: Priprava tekstilnih filtrov za selektivno filtriranje odpadnih vod; prof.dr. Alenka Majcen Le Marechal

- SLO-Madžarska; BI-HU/11-12-016: Kemijski senzorji za detekcijo aminov; prof.dr. Aleksandra Lobnik

- SLO-Rusija; BI-RU/10-11-017: Nano-Optični biosenzor za detekcijo organofosfatov; prof.dr. Aleksandra Lobnik

MEDNARODNO SODELOVANJE:

- Evropska tekstilna platforma:

- a) Član Horizontalne skupine za izobraževanje – Alenka Majcen Le Marechal
- b) Ekspert Evropske tekstilne tehnološke platforme / European Technology Platform For The Future Of Textiles And Clothing: Thematic Expert Group TEG 1: »New speciality fibres & fibres composites for innovative textile products« - Majda Sfiligoj Smole
- c) Ekspert Evropske tekstilne tehnološke platforme / European Technology Platform For The

Future Of Textiles And Clothing: Thematic Expert Group TEG 4: New textile products for human performance (medical, protective, sports) Horizontal Task Group HTG 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 (Scientific

Committee)« Value chain group "Specialties and New Products" - Karin Stana-Kleinschek;

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

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

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

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

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

Poraba dodeljenih sredstev iz naslova dodatnega letnega sofinanciranja mednarodnega sodelovanja na podlagi poziva za EU vpetost 2011

Alenka Majcen Le Marechal

12.257,84 – skupaj

8.301,30 – za obseg pokrivanja stroškov za blago in storitve

3.956,54 – stroški amortizacije

Sredstva (12.257,84 €) prejeta na osnovi vpetosti članov programske skupine v evropske projekte smo namenili za plačilo materialnih stroškov (68%) in amortizacije (32%). Iz amortizacije smo financirali nabavo pilotne naprave MBR – UF za obdelavo odpadnih vod, ki smo jo uporabili v okviru raziskav programske skupine. Materialne stroške pa smo pretežno porabili za nabavo kemikalij in pomožnega materiala, plačilo literature ter za potne stroške članov programske skupine na konference (npr. AUTEX) , kjer smo predstavljali dosežke raziskav, ki so potekale v okviru raziskovalnega programa P2-0118.

Karin Stana Kleinschek

1.

25.584,16 – skupaj

17.326,20 – za obseg pokrivanja stroškov za blago in storitve

8.257,96 – stroški amortizacije

Sredstva (25.584,16 €) prejeta na osnovi vpetosti članov programske skupine v evropske projekte smo namenili za plačilo fiksnih stroškov (16%), materialnih stroškov (46.9 %) in za amortizacijo (37.1%). Iz materialnih stroškov smo krili predvsem stroške poti članov programske skupine na konference (npr. European Polymer Congress 2011, Granada Španija, 7th International Conference on Polymer and Textile Biotechnology, itd), kjer smo predstavili rezultate raziskav, ki so potekale v okviru raziskovalnega programa P2-0118 oziroma projektov v okviru PS, za nakup literature in plačilo revij ter za nabavo kemikalij in pomožnega materiala. Sredstva amortizacije (8.257,96 €) smo namenili sofinanciranju nabave opreme, za katero smo zaprosili v okviru ARRS razpisa za sofinanciranje nakupov raziskovalne opreme - P 15.

2.

19.974,64 – skupaj

13.527,30 – za obseg pokrivanja stroškov za blago in storitve

6.447,34 – stroški amortizacije

Tudi sredstva v višini 19.974,64 € smo namenili sofinanciranju nabave opreme, za katero smo zaprosili v okviru ARRS razpisa za sofinanciranje nakupov raziskovalne opreme - P 15 (6.447,34 €– stroški amortizacije) in pokritju stroškov raziskovalnega dela (13527,30 €). Nabavili smo laboratorijski material (ca 6.000 €), plačali stroške storitev analiz (ca 5.000 €) in stroške strokovnega izobraževanja zaposlenih (2.500 €).

LETNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA V LETU 2011

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:8840	od tega v letu 2011:2210
Cenovni razred	C	
Trajanje programa	01.2009 - 12.2012	
Izvajalci raziskovalnega programa (raziskovalne organizacije in/ali koncesionarji)	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo	
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2	TEHNIKA
	2.14	Tekstilstvo in usnjarstvo
Družbeno-ekonomski cilj	13.02	Tehnološke vede - RiR financiran iz drugih virov (ne iz SUF)

2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS¹

Šifra	2.11	
- Veda	2	Tehniške in tehnološke vede
- Področje	2.11	Druge tehniške in tehnološke vede

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem programu²

Raziskovalno delo na raziskovalnem programu je temeljilo na kontinuiteti raziskovalnih aktivnosti, izvedenih v letu 2010 in se je kot nadgradnja teoretičnih in aplikativnih dosežkov odvijalo na treh povezanih raziskovalnih sklopih, pomembnih za razvoj oblačilne znanosti in tehnologije. 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 skladu z zastavljenimi cilji so bile v okviru prvega sklopa raziskav izvedene dodatne eksperimentalne raziskave kompleksnih deformacij tkanin, kjer smo na podlagi dobljenih rezultatov in dosedanjih poznanj potrdili, da se strukturni in konstrukcijski parametri tkanin neposredno odražajo na parametre mehanskih lastnosti, kar se zrcali v različnih oblikah histereznih krivulj. Tako je ugotovljeno, da smer vitja preje enakih konstrukcijskih parametrov (surovinske sestave, finosti, števila zavojev) neposredno vpliva na posamezne mehanske lastnosti in nastalo 3D deformacijo pri podajanju. Smer vitja preje določa namreč položaj vlaken na površini preje in preko teh nastalo trenje med veznimi točkami. To so potrdili tudi rezultati analize optične 3D deformacije, izvedene s pomočjo Aramis merilnega sistema, ki omogoča brezkontaktno, od materiala ne odvisno merjenje spremene 3D površinskih koordinat opazovane točke med deformacijo. S pomočjo uporabljene metode, ki je verjetno prvič aplicirana na področju študija mehanike tkanin, je ugotovljeno, da se pri natezni obremenitvi nastala deformacija preko trenja na površini veznih točk med sistemom osnovnih in votkovih niti prenaša longitudinalno v smeri vitja preje, kar kaže na kompleksnost deformacije in s tem pogojene različne odzive materiala pri podajanju.

V okviru drugega sklopa raziskav smo nadaljevali z nadgradnjo študija virtualno simuliranih računalniško skonstruiranih modelov oblačil in virtualnega prototipiranja, pri čemer smo se osredotočili na eni strani na študij kakovosti zajemanja dimenzij človeškega telesa in na drugi strani na rekonstrukcijo skenirane oblike človeškega telesa. V okviru tega dela je bila ob tesnem sodelovanju z madžarsko raziskovalno skupino oblikovana metoda zajemanja podatkov antropometričnih meritev, zasnovana na tehnologiji 3D skeniranja človeškega telesa, kot orodja za avtomatsko zajemanje antropometričnih dimenzij telesa. Koncept temelji na določitvi položaja posameznih antropometričnih točk na človeškem telesu, pri čemer je bila posebna pozornost usmerjena v proučevanje virtualnih antropometričnih točk. Oblikovan 3D model služi za virtualno zajemanje dimenzij različnih velikosti telesa. Dobljena spoznanja so podlaga za razvoj 3D dinamične simulacije oblačil.

Verifikacija virtualno simuliranih računalniško skonstruiranih in modeliranih krojev je bila izvedena na podlagi izdelanih prototipov analiziranih modelov oblačil. Primerjalna analiza kakovosti videza realno izdelanih in virtualno simuliranih oblačil je pokazala 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, ki je pogojen s kakovostjo »spajanja« posameznih skrojnih delov (predvsem pri neklasičnih primerih) in (2) karakterizacija ustreznih mehanskih lastnosti, ki bi dovolj dobro opisali podajanje tkanine v izdelanem oblačilu.

V tretjem sklopu raziskav smo nadaljevali s študijem odnosa med snovnimi lastnostmi in posameznimi parametri toplotno fiziološkega udobja pri nošenju oblačil, kjer smo se osredotočili predvsem na biofizikalne analize oblačil oziroma oblačilnih sistemov in raziskave toplotno fiziološkega udobja pri nošenju oblačil na eni strani ter na oblikovanje modela za določitev toplotnega upora eno in več slojnih oblačilnih sistemov na drugi. Pri oblikovanju modela za simulacijo toplotnega upora smo izhajali iz idejne zasnove simulacije tkanine z ustreznimi snovnimi lastnostmi s pomočjo programskega paketa QBACUS, ki je v teku.

Poleg tega smo nadaljevali tudi z raziskavami vplivnih parametrov na toplotno udobje pri nošenju oblačil v toplem in/ali vročem okolju. Pri tem se lahko izpostavijo raziskave vpliva vrste in lastnosti materiala na toplotno fiziološko udobje testnih oseb pri nošenju posebnih po telesu prikojenih korzetov, namenjenih ljudem z deformacijo hrbtenice. Rezultati

raziskave so pokazali, da so nastale toplotno fiziološke obremenitve testnih oseb neposredno odvisne od vrste uporabljenih oblačil in njihove sposobnosti akumuliranja odvečne toplote in/ali znoja. Dobljena spoznanja bodo služila za opredelitev ustreznih snovnih lastnosti materialov za osebe, ki nosijo oblikovane korzete kot tudi za nadaljnje načrtovanje toplotno fiziološkega udobja pri nošenju oblačil. Ugotovljeno je, da toplotno fiziološke lastnosti v oblačilo vgrajenega materiala, in stopnja perforiranosti korzeta vplivajo na toplotno regulacijsko delovanje uporabnika, kar se neposredno odraža na toplotno fiziološko udobje oziroma neudobju pri nošenju korzeta v toplim okolju.

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 ciljev³

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).

Tako smo v letu 2011 v okviru raziskovalnega programa 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 35 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 c, d in e), oz. so bile le delno realizirane (sklop B; aktivnost b).

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

--

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine v letu 2011⁵

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	15395094	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Vpliv procesnih parametrov pletenja na mehanske lastnosti levo-desnega kulirnega pletiva
		ANG	Influence of knitting parameters on the mechanical properties of plain jersey weft knitted fabrics
	Opis	SLO	Raziskava obravnava študij mehanike pletenih struktur z vidika vpliva nekaterih procesnih parametrov pletenja in relaksacije na strukturne in mehanske lastnosti bombažnega desno levega kulirnega pletiva z vgrajeno elastansko prejo. Rezultati raziskave so pokazali, da procesni parametri pletenja neposredno vplivajo na obnašanje pletiva med relaksacijo in na njihove mehanske lastnosti. Horizontalna in vertikalna gostota pletiva naraščata z naraščajočo vhodno napetostjo preje. Naraščanje vhodne napetosti preje ima za posledico zmanjšanje količine dovedene preje, kar se odraža v zmanjšanju dolžine preje v pentlji. Najizrazitejše dimenzijske spremembe pletiva so ugotovljene pri pletivih, pletenih pri najvišji dovoljni napetosti preje, medtem ko najugodnejše rezultate kažejo pletiva, pletena pri najnižji vrednosti vhodne napetosti preje. Dobljena spoznanja so privedla do zaključka, da je za projektiranje pletiva izrednega pomena vhodna napetost preje, saj ta neposredno vpliva na mehanske lastnosti pletiva.

		ANG	The research deals with mechanics of knitted structure, resp. the influence of some knitting parameters and relaxation period on structure and mechanical properties of plain jersey weft knitting fabrics made of cotton and elastane yarns. The results in the investigation indicate that knitting parameters directly influence on behaviour of knitting fabrics during relaxation and their mechanical properties. The horizontal and vertical density grows with the increase of knitting yarn feeding load. Increase in knitting yarn feeding load reduces the length of the yarn in the loop. The most prominent dimensional changes in the direction of the courses and wales occur with the samples knitted with the highest feeding load of yarns. The best results of measuring structural parameters and dimensional changes in knitted fabrics in relaxation have been exhibited by knitted samples with the lowest feeding load. Therefore, feeding load of the yarns should be taken into account when constructing the knitted fabrics, as it considerably affects fabric properties.
	Objavljeno v		Institute of Chemical Fibres; Fibres & textiles in Eastern Europe; 2011; Vol. 19, no. 5(88); str. 87-91; Impact Factor: 0.629; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.788; WoS: QJ; Avtorji / Authors: Fatkić Edin, Geršak Jelka, Ujević Darko
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
2.	COBISS ID	15254806	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	3D virtualno prototipiranje smučarskega dresa zasnovano na rekonstrukciji skeniranega modela telesa
		ANG	3D virtual prototyping of a ski jumpsuit based on a reconstructed body scan model
	Opis	SLO	V zadnjih letih zasledimo močan razvoj računalniške grafike za namen 3D virtualnega prototipiranja v računalniško podprtem načrtovanju proizvodnje oblačil. Te tehnologije so še posebej pomembne za razvoj prototipov oblačil za posebne namene, kot je dres smučarskega skakalca, saj se mora oblika in velikost tekmovalnega dresa prilagoditi posamezniku oz. smučarju skakalcu glede na zahteve mednarodne smučarske zveze (FIS). Zahteve FIS se spreminjajo iz sezone v sezono in včasih celo med skakalno sezono z namenom, da se zagotovi varnost smučarja skakalca tekom tekmovanja. Konvencionalne tehnike zajemanja telesnih mer in razvoj kroja tekmovalnega dresa so časovno zamudne. Da bi razvili natančno in hitro oblikovanje, kot tudi za prilagodljiv in hitro spremenljiv dres glede na FIS zahteve, so bile v raziskavi uporabljene različne sodobne tehnologije. Razvit virtualni prototip tekmovalnega dresa za smučarja skakalca omogoča hitro ponovno modeliranje kroja v skladu z zahtevami FIS in hiter razvoj in/ali simulacije tekmovalnega dresa z namenom izboljšati aerodinamično obliko dresa in rezultat skakalca. Tehnologije skeniranja človeškega telesa so velik potencial za tekstilno industrijo in še posebej za proizvajalce oblačil. Omogočajo hitro in zanesljivo zajemanje tridimenzionalnih podatkov človeškega telesa in ekstrakcijo telesnih mer za potrebe konstruiranja kroja oblačila, njegovo vizualizacijo in animacijo na virtualnem manekenu. Navkljub visokemu razvoju tovrstnih tehnologij še vedno obstajajo problemi skeniranega modela telesa, ki so posledica tehnik skeniranja. V raziskavi so obravnavane tehnike za rekonstrukcijo modela telesa in rezultat le teh predstavljen na primeru enega od konkurenčnih športnih oblačil oz. dresa smučarja skakalca. V raziskavi so uporabljeni različni grafični računalniški programi za rekonstrukcijo in pripravo 3D skeniranega modela telesa za uspešen vnos v program OptiTex CAD. Cilj raziskave je bil omogočiti učinkovito 3D virtualno prototipiranje oblačila z uporabo rekonstruiranega modela telesa.

		<p>computer graphics and computer-aided design for apparel production. These technologies are especially important when a garment prototype should be developed for a special purpose, such as ski-jumper suit. Namely, shape and size of a jumpsuit need to be individually adapted to each ski-jumper according to the exact requirements set by FIS (Fédération Internationale de Ski). The FIS requirements change annually or even more often in order to assure ski-jumpers' safety during competitive ski jumps. The conventional body measurement technique and development of ski-jumpers pattern are time consuming. In order to develop an accurate and rapid design, as well as an adaptable and quickly changeable jumpsuit, different modern technologies were used. The obtained virtual prototypes of a skijumper and a jumpsuit enable both - fast re-modelling according to FIS rules and expeditious development and/or simulations of a jumpsuit. All these measures are taken to improve the aerodynamic design of a suit and jumper's result. The body scanning technology represents a great potential for textile industries and above all for producers of garments. It enables fast and reliable capture of 3D body data and extraction of precise measurements needed for design, construction, visualisation and animation of garments on virtual mannequins. However, there are also some problems related to the scanned body models, caused by the scanning technique. In this article we are discussing the techniques for reconstruction of the body models and its results using the example from one of the competitive sports clothing - ski-jumper suit. In our study we have used different computer graphics programmes in order to reconstruct and prepare the 3D body scan model for successfully importing it into OptiTex CAD programme. The aim of this research was to enable effective 3D virtual garment prototyping using the reconstructed body scan model.</p>	
	ANG		
	Objavljeno v	<p>Universitatea Tehnică "Gh. Asachi"; Buletinul Institutului Politehnic din Iași; 2011; Tom. 57 (61), fasc. 1; str. 17-30; Avtorji / Authors: Stjepanović Zoran, Rudolf Andreja, Jevšnik Simona, Cupar Andrej, Pogačar Vojko, Geršak Jelka</p>	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
3.	COBISS ID	15833366	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO 3D virtualno zajemanje dimenzij človeškega telesa	
		ANG 3D virtual measuring of human body sizes	
	Opis	SLO <p>Osnovni namen raziskave je bil osnovati metodo zajemanja podatkov antropometričnih meritev, zasnovanih na tehnologiji 3D skeniranja človeškega telesa, kot orodja za avtomatsko zajemanje antropometričnih dimenzij telesa. Koncept temelji na določitvi položaja posameznih antropometričnih točk na človeškem telesu, pri čemer je posebna pozornost usmerjena v preučevanje virtualnih antropometričnih točk. Antropometrične točke so namreč fiksne in virtualne, ki se premikajo s položajem telesa. Za ta namen je bil oblikovan ciljno usmerjen na parametrični obliki zasnovan model, ki opisuje človeško telo z ustrezno natančnostjo. Oblikovan 3D model služi za virtualno zajemanje dimenzij različnih velikosti telesa. Povezava med osnovnimi velikosti telesa in modelirano obliko telesa se lahko razišče s postopki, ki temeljijo na metodah računalniške obdelave podatkov.</p>	
		ANG <p>The main purpose is to establish a method of gathering anthropometric measurement data based on the technology of 3D scanning human body, as a tool for automated recording of anthropometric bodily measures. The concept will be based on determining the position of individual anthropometric points on human body, while special attention will be given to studying virtual anthropometric points. Anthropometric points are divided into fixed ones and virtual ones, which shift with the position of the body. Object-oriented, parametric feature based model</p>	

		describes the human body with appropriate accuracy. Vertexes of modelling features defined by automatically calibrated 3D scanner produced points of the human body. 3D model helps to measure the different body sizes virtually. The relationship between basic body sizes and modelling features of body can be explored by procedures based on data mining methods.
Objavljeno v		Óbuda University; 2nd International Joint Conference on Environmental and Light Industry Technologies; 2011; Str. 33-41; Avtorji / Authors: Halász Marianna, Geršak Jelka, Tamás Péter, Molnár József, Özdemir Dicle
Tipologija	1.08	Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati programske skupine v letu 2011⁶

	Družbenoekonomsko relevantni dosežki		
1.	COBISS ID	15589910	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Oblačilna znanost v luči raziskovalnih aktivnosti
		<i>ANG</i>	The clothing science in the light of research activities
	Opis	<i>SLO</i>	V okviru gostujočih predavanj je bil podan transfer specifičnih znanj s področja tekstilne mehanike, s poudarkom na elastičnem obnašanju tekstilnih struktur in proučevanju vloge materiala in njegovega obnašanja med procesi izdelave oblačil. Za ta namen je bila predstavljena vloga oblačilnega inženirstva v luči znanosti, v okviru katere so bili predstavljeni dosežki raziskav kvalitativnega vrednotenja kakovosti videza oblačil in koncepta oblikovanja oblačilnega sistema, zasnovanega na elementih toplotno fiziološkega udobja.
		<i>ANG</i>	Guest lectures can be treated as transfers of specific knowledge of textile mechanics, with emphasis on the elastic behavior of textile structures, and study the role of the materials and their behavior during the manufacturing processes. For this purpose was presented the role of the clothing engineering in the light of science, in which were presented the research achievements of qualitative evaluation of garment appearance quality, and the concept of designing a garment system from the point of view of thermophysiological comfort.
	Šifra	B.05	Gostujoči profesor na inštitutu/univerzi
	Objavljeno v	2011; Avtorji / Authors: Geršak Jelka	
	Tipologija	3.14	Predavanje na tuji univerzi
2.	COBISS ID	15772950	Vir: vpis v poročilo
	Naslov	<i>SLO</i>	Revija za bioinženiring vlaken in informatiko
		<i>ANG</i>	Journal of fiber bioengineering and informatics
	Opis	<i>SLO</i>	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.
			Journal of Fiber Bioengineering and Informatics (JFBI) (ISSN 1940-8676)

	ANG	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	
Tipologija	4.00	Sekundarno avtorstvo

8. Drugi pomembni rezultati programske skupine v letu 2011⁷

Kot gostujoča profesorica na Tekstilno-tehnološkem fakultetu Sveučilišta v Zagrebu sem pripravila in predala junija 2011 v recenzijo rokopis univerzitetnega učbenika "Objektivno vrednovanje tekstila i odjeće", ki je v pripravi za izdajo. Mnenje enega od recenzentov učbenika je podano v prilogi.

9. Vključenost v raziskovalne programe Evropske unije in druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v letu 2011 z vsebinsko obrazložitvijo porabe dodeljenih sredstev iz naslova dodatnega letnega sofinanciranja mednarodnega sodelovanja na podlagi poziva za EU vpetost 2011⁸

LETNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA V LETU 2011

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:44200	od tega v letu 2011:8840
Cenovni razred	D	
Trajanje programa	01.2009 - 12.2013	
Izvajalci raziskovalnega programa (raziskovalne organizacije in/ali koncesionarji)	106	Institut "Jožef Stefan"
	795	Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
	1540	Univerza v Novi Gorici
	1554	Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	1	NARAVOSLOVJE
	1.02	Fizika
Družbeno-ekonomski cilj	13.01	Naravoslovne vede - RiR financiran iz drugih virov (ne iz SUF)

2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS¹

Šifra	1.03	
- Veda	1	Naravoslovne vede
- Področje	1.03	Fizika

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem programu²

Nadaljevali smo raziskave kvantne interference neločljivih parov elektronov, ki jih oddajajo atomi pri absorpciji svetlobe in pri neelastičnem sipanju elektronov. V izogibaliških Starkovih diagramov smo izvedli dvobarvni poskus, ki preko stimulirane emisije v izbrano končno stanje atoma helija razkriva naravo kritičnih točk. Z raziskovalno skupino iz laboratorija LCPMR in Université P&M Curie smo pri poskusih z magnetno steklenico odkrili in poročali o signalu dvojne ionizacije notranjih lupin pri preprostih molekulah. V projektu z visokoločljivostno rentgensko emisijsko

spektroskopijo, ki je potekal v sodelovanju z angleškimi raziskovalci z Univerze v Sheffieldu na ESRF, smo preučevali kemijske lastnosti žvepla in klora v vzorcih stekel, ki se uporabljajo pri vitrifikaciji visoko radioaktivnih jedrskih odpadkov, v drugem projektu pa smo izmerili spektre XANES in RIXS na območju klorovega absorpcijskega robu K za 11 kloriranih ogljikovodikov. V sodelovanju s skupino z Univerze v Fribourgu smo objavili prvo meritev koreliranega sevalnega prehoda tipa dva elektrona-en foton (TEOP), objavili pa smo tudi meritve sevalnega Augerjevega pojava KMM v kalciju ter meritve presekov za dvojno ionizacijo L_3M v paladiju pri vzbujujanju z elektroni. V sodelovanju s francoskimi kolegi z UPMC v Parizu smo v letu 2011 objavili analizo meritev RIXS na molekulah CH_3I . V sodelovanju z Institutom Rudjer Bošković smo objavili spektre valenčnih prehodov v spektrih Kb kovinskih oksidov ter jih sistematizirali glede na oksidacijsko število kovine. Pokazali smo, da je z uporabo visokoločljivostne spektroskopije mogoče pomembno zmanjšati detekcijsko limito analitskih metod z rentgenskimi žarki, še posebej v primeru analize slednih elementov z vrstnim številom v bližini vrstnega števila elementa matrike. V sodelovanju z Biotehniško fakulteto UL smo preučevali spremembe v profilih organskih molekul pri rastlinah tretiranih z nanodelci bakrovega oksida. S skupino GRPV na Université catholique de Louvain smo uporabili sinhrotronsko svetlobo pri meritvah porazdelitve natrija v tkivih različnih genotipov paradižnika odpornega na slanost. Na sinhrotronu ESRF smo v sodelovanju z Biotehniško fakulteto Univerze v Ljubljani določali vsebnost in način vezave Cd v rastlinskih tkivih. Razvili smo metodo za določitev vrste plastike na osnovi koherentnega in nekoherentnega sipanja vzbujevalnega sevanja pri standardnem fluorescenčnem eksperimentu. V sodelovanju z Oddelkom za živilsko tehnologijo na Biotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani smo merili mineralno sestavo prehranskih produktov. V sodelovanju s centrom odličnosti CO NOT smo izvedli meritve in-situ XANES in EXAFS na Li-ionskih in Na-ionskih baterijah z različnimi sestavami nanostrukturnih katod ter spojin Li-S za litij-ionske baterije. V sodelovanju z Laboratorijem za raziskave materialov Univerze v Novi Gorici smo analizirali mesto vgradnje mangana v kristalno strukturo stroncijevega titanata ter vgradnjo železovih kationov v keramiko barijevega titanata. Objavili smo raziskavo visokoločljivostnih absorpcijskih spektrov enoatomnih par kadmija in vezanega barija v območju absorpcijskih robov L. V okviru sodelovanja pri raziskavah na žarkovni liniji ALOISA tržaškega sinhrotrona smo proučevali elektronsko strukturo hetero-organskih in hibridnih stičnih mej in nanostrukturiranih materialov. Pri študiju hibridnih biomolekulskih nanosov benzoične kisline (BA) na monoplasti cisteamina(CA)/Au(111) smo pokazali, da medmolekulska sklopitvena shema NH_2-COOH in vzpostavitev vodikove vezi omogočata formiranje heterostičnih samourejenih organskih plasti. Pri študiju amino-funkcionaliziranih aromatskih molekulskih plasti na površini Au(111) smo osvetlili vlogo molekulske sklopitve in preferenčne adsorpcijske geometrije molekul na elektronske lastnosti hibridnih stikov. Z Mössbauerjevo spektroskopijo smo raziskovali lastnosti sintetiziranih superparamagnetnih nanodelcev Ba-heksaferita ter čistih polimorfov Li_2FeSiO_4 z meritvami notranjih magnetnih in električnih hiperfinih polj. V letu 2011 smo dogradili postajo z ionskim mikrožarkom s kriostatom in spremljevalno opremo za spektroskopijo mikro-PIXE na rezinah zamrznjenih hidriranih bioloških tkiv. Zgradili smo spektrometer MeV SIMS, ki bo omogočal meritve porazdelitev težkih bioloških molekul v bioloških tkivih. Ukvarjali smo se z nadgradnjo metode mikro-PIXE v tridimenzionalno različico elementne tomografije z uporabo rentgenskih polikapilarnih leč. Razvili smo računski postopek »stereo-PIXE«, ki iz sočasno posnetih spektrov PIXE z dvema, v prostoru ločenima detektorjema rekonstruira topografijo površine. V t e s n e m sodelovanju z Institutom Max Planck za fiziko plazme (IPP) iz Grachinga smo študirali zadrževanje vodika v volframu pri izpostavitvi nevtralnemu atomu izotopov vodika H in D. Objavili smo študijo vibracijskih vzbuditev molekul vodika (H_2 in D_2), ki nastanejo pri rekombinaciji na površinah volframa in bakra v posebni celici z delno disociiranim plinom. Raziskovali smo disociativno zajetje elektrona na molekule H_2 , D_2 , CH_4 , C_2H_2 , C_2H_4 , C_2H_6 in C_3H_8 in pridobili nove vrednosti presekov, ki so pomembni za astrofiziko. V sodelovanju z GRPV smo preučevali privzem Zn in Cd v rastlino *Zygophyllum fabago*, ki ima lastnosti, primerne za uporabo v fitoremediaciji s težkimi kovinami onesnaženih zemljišč. Skupaj z Biotehniško fakulteto v Ljubljani smo preučevali učinke biofortifikacije

na vnos železa v pšenico. Metodo mikro-PIXE smo učinkovito uporabili tudi v nanotoksikoloških raziskavah vnosa nanodelcev TiO_2 , Ag in Co v organizem suhozemnega rakca Porcellio Scaber. V sodelovanju z Odsekom za tanke plasti in površine IJS, z Institutom Rudjer Bošković iz Zagreba in z Univerzo v Leobnu smo preučevali vodikove koncentracijske profile v diamantu podobnim tankih plasteh ogljika. V letu 2011 smo izvedli šest projektov mednarodnega dostopa v 7. OP EU SPIRIT, ki so jih izvedli raziskovalci iz Belgije, Srbije, Španije, Madžarske in Portugalske.

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

Na našem področju dela, ki obsega osnovno znanost na področju fizike atomov, preprostih molekul ter površinskih plasti, pa tudi razvoj in uporabo modernih analitičnih metod s fotonskimi in ionskimi žarki, smo leta 2011 dosegli nekaj pomembnih uspehov. Pri nekaterih smo imeli nosilno vlogo, do drugih pa smo se dokopali ob tesnem sodelovanju s domačimi ali tujimi raziskovalnimi skupinami. V zvezi s povezanim delovanjem v osnovni znanosti, je treba omeniti raziskave molekulskih razpadov, ki potečejo iz dveh notranjih vrzeli, bodisi na istem ali pa na dveh različnih atomih v molekuli. Kljub temu, da so taki dogodki relativno redki, je velikost spektralnega premika pri takšni dvoelektronski ionizaciji še posebej občutljiva na vrsto molekule. Novi pristop kaže večjo kemijsko občutljivost kot klasična tehnika ESCA, ki temelji na spektralnem premiku praga za enojno fotoionizacijo. Podobno pomeni uspešna detekcija radiativnih prehodov, pri katerih dva elektrona spremenita svoj položaj v atomu, novo možnost za natančno modeliranje eksotičnih procesov v atomih. Trend razvoja k zmerom svetlejšim izvirom svetlobe bo v prihodnosti omogočal rutinske raziskave šibkih razpadnih kanalov, ki pa nosijo izjemno bogate informacije o sistemu. Visokoločljivostna rentgenska spektrometrija vsako leto znova potrjuje svojo analitično vrednost, ki počasi raste iz raziskav na preprostih tarčah. Tovrstne meritve kažejo izjemno kemijsko občutljivost, ki opravičuje nadaljnji razvoj te tehnike pri nas, preko poskusov na odprtih plinastih tarčah ter na temperaturno kontroliranih vzorcih. Absorpcijska spektrometrija elegantno udejanja idejo izvajanja pomembnih poskusov v velikih sinhrotronskih centrih z majhno, vendar bistveno lastno opremo - absorpcijske celice. Poleg izjemne moči pri določanju kemijske okolice kratkega dosega, ki se je zavedajo tudi naši kolegi in jo s pridom uporabljajo pri karakterizaciji in razumevanju delovanja novih, tehnološko pomembnih materialov, odkriva naša izvedba takih poskusov na najvišji ravni subtilne efekte elektronskih sovzbuditev na atomarnih tarčah. Mössbauerjeva spektrometrija je s svojo izjemno občutljivostjo še zmerom nadvse zaželena metoda pri študiju materialov, ki vsebujejo železo. Meritve, pri katerih sodelujemo na žarkovni liniji ALOISA, so v svetovnem vrhu in izjemno aktualne - gre za preučevanje osnovnih mehanizmov pri poskusih funkcionalizacije površin z nanosi tankih plasti organskih snovi na kovine. Na področju dela z ionskimi žarki so bile v letu 2011 v ospredju aplikacije standardnih analitičnih metod na raznovrstnih področjih raziskav, adaptacija in razvoj teh metod za vzorce posebne vrste ter težnja k vzporedni uporabi več metod za povečanje zanesljivosti in dometa analize. Drugo vrsto aktivnosti dobro ilustrira precej zahtevna adaptacija priprave vnosa hitro zmrznjenih rezin bioloških tkiv za analize s protonskim mikrožarkom brez nepotrebnega segrevanja in sušenja.

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

Ni sprememb.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine v letu 2011⁵

Znanstveni dosežek		
1.	COBISS ID	25430823
		Vir: COBISS.SI

Naslov	SLO	Enofotonska vzbuditev dveh notranjih vrzeli v molekulah C2H2	
	ANG	Evidence of single-photon two-site core double ionization of C2H2 molecules	
Opis	SLO	Opazili smo prehode iz molekulskih stanj z dvema notranjima vrzelima, ki nastaneta pri absorpciji enega samega fotona. Verjetnost za nastanek takega stanja v C2H2 je $1.6 \pm 0.4\%$ glede na verjetnost za tvorbo stanja z dvema vrzelima na istem atomu ogljika. Zmanjšano verjetnost pojasnimo s preprostim modelom izbitja elektrona na enem atomu s primarnim elektronom, izbitim iz drugega atoma, če upoštevamo prostorski kot tarče. Predstavimo tudi osnovne spektroskopske podatke za Augerjev razpad takih stanj v C2H2. Energijski premiki takih stanj so še posebej veliki, kar prinaša povečano kemijsko občutljivost in potencialno uporabo pri analitičnih tehnikah prihodnosti.	
	ANG	We observe formation of two core holes in a single-photon transition, each hole at a different carbon atom of the C2H2 molecule. At a photon energy of 770.5 eV, the probability of this 2-site core double ionization amounts to $1.6 \pm 0.4\%$ of the 1-site core double ionization. A simple theoretical model based on the knockout mechanism gives reasonable agreement with experiment. Spectroscopy and Auger decays of the associated double core hole states are also investigated. Energy shifts of these states are larger than for single core states. An improved chemical sensitivity may be of a potential use for future analytical methods.	
Objavljeno v	American Physical Society.; Physical review letters; 2011; Vol. 107, no. 19; str. 193004-1-193004-5; Impact Factor: 7.621; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.582; A'': 1; A': 1; WoS: UI; Avtorji / Authors: Lablanquie P., Žitnik Matjaž		
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
2. COBISS ID	24932647	Vir: COBISS.SI	
Naslov	SLO	Prva detekcija prehoda vrste dva elektrona - en foton pri dvojni fotovzbuditvi lupine K z enim fotonom	
	ANG	First observation of two-electron one-photon transitions in single-photon K-shell double ionization	
Opis	SLO	Objavili smo eksperimentalni dokaz o obstoju koreliranega radiativnega prehoda vrste dva elektrona - en foton ($1s-2 \rightarrow 2s-1 2p-1$), ki sledi dvojni fotovzbuditvi lupine K v Mg, Al in Si. Stanja z dvema vrzelima v lupini K smo pripravili s sinhrotronsko svetlobo, radiativni prehod dva-ena pa smo opazovali z visokoločljivostnim spektrometrom za rentgenske žarke. Določili smo energije prehoda dva-ena ter njegovo jakost glede na jakost običajnega sevalnega prehoda en elektron-en foton. Obe oceni smo primerjali z napovedjo teorije motenj in obstoječega računa v okviru multikonfiguracijskega modela.	
	ANG	Experimental evidence for the correlated two-electron one-photon transitions ($1s-2 \rightarrow 2s-1 2p-1$) following single-photon K-shell double ionization is reported. The double K-shell vacancy states in solid Mg, Al, and Si were produced by means of monochromatized synchrotron radiation, and the two-electron one-photon radiative transitions were observed by using a wavelength dispersive spectrometer. The two-electron one-photon transition energies and branching ratios of the radiative one-electron to two-electron transitions were determined and compared to available perturbation theory predictions and configuration interaction calculations.	
Objavljeno v	American Physical Society.; Physical review letters; 2011; Vol. 107, no. 5; str. 053001-1-053001-4; Impact Factor: 7.621; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.582; A'': 1; A': 1; WoS: UI; Avtorji / Authors: Hoszowska J., Dousse J.-Cl., Szlachetko J., Kayser Y., Cao W.,		

		Jagodziński P., Kavčič Matjaž, Nowak S. H.	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
3.	COBISS ID	2375012	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Absorpcija rentgenske svetlobe na območju robu L v kadmiju
		<i>ANG</i>	X-ray absorption of cadmium in the L-edge region
	Opis	<i>SLO</i>	Izmerili smo absorpcijo rentgenske svetlobe v atomarni kadmijeви pari ter v kadmijevi kovinski foliji na energijskem območju okrog roba L. Iz poteka absorpcijskih profilov blizu robov, energij resonanc pod robovi in optičnih nivojev indija v aproximaciji Z+1 smo določili ionizacijske potenciale za vse tri podlupine L. Energijske razlike med resonancami in pripadajočimi robovi smo določili z natančnostjo 0.2 eV. V območju do 30 eV nad pragovi smo opazili signal večelektronskih vzbuditev. Absorpcijski signal kadmijeve folije smo uporabili za absolutno določitev absorpcijskega koeficienta za atomarni kadmij.
		<i>ANG</i>	Atomic x-ray absorption of cadmium in the energy region of L edges was measured on the vapor of the element, in parallel with the absorption of Cd metal foil. Ionization thresholds of the three subshells are determined from the edge profiles, through the energies of pre-edge resonances and indium optical levels in the Z + 1 approximation. A purely experimental result, without extraneous data and with an accuracy of 0.2 eV, is the energy difference between the pre-edge resonance and the threshold energy of the metallic state. Some multielectron-excitation resonances are identified within 30 eV above the edges. The metal foil absorption is used for absolute determination of Cd absorption coefficient.
	Objavljeno v	American Physical Society through the American Institute of Physics; Physical review; 2011; Vol. 84, issue 5; str. 052508-1-052508-7; Impact Factor: 2.861; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.753; A': 1; WoS: SY, UH; Avtorji / Authors: Padežnik Gomilšek Jana, Kodre Alojz, Arčon Iztok, Bratina Gvido	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati programske skupine v letu 2011⁶

	Družbenoekonomsko relevantni dosežki		
1.	COBISS ID	6591097	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Izboljšana prečna ločljivost pri določanju elementne sestave zrna ajde z mikro-PIXE
		<i>ANG</i>	Improved lateral discrimination in screening the elemental composition of buckwheat grain by micro-PIXE
	Opis	<i>SLO</i>	Elementno sestavo specifičnih frakcij žitnih in psevdžitnih zrn običajno določamo po mletju. Alternativen pristop s protonskim mikrožarkom omogoča kvantitativno določanje elementnih koncentracij vzdolž preseka zrna z izjemno prostorsko občutljivostjo. V članku v podrobnosti predstavimo tovrstno študijo na zrnu ajde (<i>Fagopyrum esculentum</i>). Izbrani primer ilustrira izjemno uspešno aplikacijo lateralnega mapiranja elementnih koncentracij na najrazličnejših realnih vzorcih, še posebej bioloških, kar je posledica razvoja analitskih tehnik na postaji z ionskim mikrožarkom. Mikroanalitski center pod vodstvom dr. Primoža Pelicono se je uspešno vključil v eropsko povezavo ionskih pospeševalnikov 7. FP EU SPIRIT. V letu 2011 smo v okviru povezave na eksperimentalnih postajah v Mikroanalitskem centru IJS izvedli 7 poskusov z mednarodnim

		dostopom, kjer so projekte izvajali raziskovalci iz Belgije, Portugalske, Srbije, Madžarske in Španije.
		The elemental composition of specific fractions of cereal and pseudocereal grains can be roughly estimated after milling. Alternatively, the elemental localization of cross-sectioned grains can be quantitatively analyzed by microproton induced X-ray emission (micro-PIXE), taking advantage of high elemental sensitivity and low lateral resolution. We present a micro-PIXE study on buckwheat (<i>Fagopyrum esculentum</i>) grain, with a detailed description of the elemental distributions.
	ANG	Selected case illustrates successful application of lateral mapping of elemental concentrations on a number of real-life samples, especially of biological kind, a consequence of development of advanced ion beam analytical techniques with the proton microprobe. Under the leadership of dr. Primož Pelicon the JSI Microanalytical Center has entered the European network of ion accelerators under 7. FP EU SPIRIT. In 2011 we have hosted 7 projects with transnational access at MIC experimental stations with participating researchers from Belgium, Portugal, Serbia, Hungary and Spain.
	Šifra	D.07 Vodenje centra/laboratorija
	Objavljeno v	American Chemical Society, Books and Journals Division; Journal of agricultural and food chemistry; 2011; Vol. 59, no. 4; str. 1275-1280; Impact Factor: 2.816; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.694; A': 1; A': 1; WoS: AH, DW, JY; Avtorji / Authors: Pongrac Paula, Vogel-Mikuš Katarina, Regvar Marjana, Vavpetič Primož, Pelicon Primož, Kreft Ivan
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
2.	COBISS ID	24607271 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Tvorba vibracijsko vzbujenih molekul vodika pri rekombinaciji atomov na Cu in W
		ANG Production of vibrationally excited hydrogen molecules by atom recombination on Cu and W materials
	Opis	SLO Izmerili smo vibracijsko porazdelitev molekul H ₂ in D ₂ pri njihovem nastanku z rekombinacijo atomov vodika na bakru in volframu. Pri tem smo uporabili tehniko vibracijske spektroskopije, ki temelji na disociativnem zajetju elektronov v molekulo. Vibracijsko vzbujene molekule so nastale z rekombinacijo atomov na vzorcu v celici, pri čemer je bila vir atomov vroča volframova nitka. Gre za pomembno objavo, ki povzema razvoj specifične eksperimentalne tehnike "vibracijske spektroskopije", ki je bila uvedena in v celoti postavljena za časa doktorskega izobraževanja Sabine Markelj, ki je doktorirala iz fizike v letu 2010. S svojim odnosom do dela ter erudicijo na znanstvenem področju jo je ves čas učinkovito usmerjal in motiviral mentor dr. Iztok Čadež.
		ANG We have measured vibrational population of H ₂ and D ₂ molecules produced by atom (H or D) recombination on tungsten and copper material. The vibrational spectroscopy, based on the properties of dissociative electron attachment to hydrogen molecule, was used. The vibrationally excited molecules were produced by atom recombination in a cell where the studied sample is exposed to hydrogen atoms, from hot tungsten filament. The above publication summarizes results obtained in course of

		development of an experimental approach called "vibrational spectroscopy". It was set-up during doctoral studies of Sabina Markelj that has successfully defended her PhD in physics in 2011. During all that time she was under efficient and inspirational supervision of dr. Iztok Čadež whose enthusiastic attitude toward research as well as his high level of scientific knowledge provided the best example to follow.
Šifra	D.09 Mentorstvo doktorandom	
Objavljeno v	American Institute of physics; The Journal of chemical physics; 2011; Vol. 134, no. 12; str. 124707-1-123707-17; Impact Factor: 2.920; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.977; A': 1; WoS: UH; Avtorji / Authors: Markelj Sabina, Čadež Iztok	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
3.	COBISS ID	Vir: vpis v poročilo
Naslov	SLO	Dinamika na nanoskali
	ANG	Dynamics at nanoscale
Opis	SLO	<p>Dne 5.7.2011 smo v sodelovanju z dr. Lorenzom Avaldijem in skupino raziskovalcev na žarkovni liniji Gas Phase Photoemission organizirali delavnico, na kateri smo predstavili potencialne možnosti za sodelovanje na bilateralnem projektu z Italijo. Prilagamo program delavnice, ki se je odvila 5. julija 2011 na sinhrotronu Elettra:</p> <p>9:30 Welcome and Introduction Session I: Basic quantum mechanics phenomena 9:45 M. Žitnik (IJS): Interference of electron pairs at selected photoionization energies. 10:15 P. O'Keeffe (CNR-IMIP): Angular distributions of photoelectrons emitted in the one- and two-photon ionisation of rare gas atoms and small molecules. 10:45 A. Mihelič (IJS): The effect of spin-orbit and Stark mixing on photon yield spectra of photoexcited helium.</p> <p>11:15 Coffee break</p> <p>Session II: Molecules and systems of biological and technological interest 11:45 M. Kavčič (IJS): High resolution RIXS on atoms and simple molecules. 12:15 P. Bolognesi (CNR-IMIP): Photofragmentation of organic molecules of biological interest. 12:45 V. Feyer (Sincrotrone Trieste): Photoemission and the shape of key biomolecules in the gas phase. 13:15 N. Grlj (IJS): Ion microbeam analysis of biosamples. 13:45 Concluding remarks.</p>
		<p>In collaboration with dr. Lorenzo Avaldi and group of researchers at the Gasphase photoemission beamline we have prepared a meeting at synchrotron Elettra to discuss the possibilities for an efficient collaboration in frame of the approved Italy-Slovenia bilateral project. The kick-off meeting "Dynamics at nanoscale" took place on 5th July 2011 and followed a thread of following presentations:</p> <p>9:30 Welcome and Introduction. Session I: Basic quantum mechanics phenomena 9:45 M. Žitnik (IJS): Interference of electron pairs at selected photoionization energies. 10:15 P. O'Keeffe (CNR-IMIP): Angular distributions of photoelectrons emitted in the one- and two-photon ionisation of rare gas atoms and small molecules.</p>

	ANG	10:45 A. Mihelič (IJS): The effect of spin-orbit and Stark mixing on photon yield spectra of photoexcited helium. 11:15 Coffee break Session II: Molecules and systems of biological and technological interest 11:45 M. Kavčič (IJS): High resolution RIXS on atoms and simple molecules. 12:15 P. Bolognesi (CNR-IMIP): Photofragmentation of organic molecules of biological interest. 12:45 V. Feyer (Sincrotrone Trieste): Photoemission and the shape of key biomolecules in the gas phase. 13:15 N. Grlj (IJS): Ion microbeam analysis of biosamples. 13:45 Concluding remarks.
Šifra	B.01	Organizator znanstvenega srečanja
Objavljeno v	Brez objave	
Tipologija	3.13	Organiziranje znanstvenih in strokovnih sestankov

8. Drugi pomembni rezultati programske skupine v letu 2011⁷

V letu 2011 smo si s kompetitivno napisanimi predlogi projektov bodisi kot nosilci, bodisi kot sodelavci, priborili okrog 2500 ur merilnega časa na evropskih sinhrotronih. Tu gre predvsem za sinhrotron Elettra v Trstu, Soleil v Parizu, Desy v Hamburgu in ESRF v Grenoblu. Pridobljeni merilni čas, še posebej na ESRF (Slovenija ni članica ESRF) priča o kvaliteti naših projektov in ekspertizi naših članov. Ko omogočamo stik s sinhrotroni, predvsem za naše kolege, ki se ukvarjajo s sintezo tehnološko pomembnih materialov (mikroporozni katalizatorji, supraprevodne in feroelektrične keramike, tanke plasti in drugi nanostrukturni materiali ter nekatere farmakološko pomembne molekule), nadaljujemo eno od pomembnih poslanstev našega raziskovalnega programa. Drugi sklop problematik, kjer v zadnjem obdobju prihaja do sinergijskih učinkov med raziskovalnimi polji, so analize raznih bioloških tkiv, s tem pa procesov, ki potekajo v "bioloških tovarnah". Lep primer tovrstne problematike je preučevanje delovanja hiperakumulatorskih rastlin, ki kopičijo elemente (Cd, As, Zn, Fe) in so lahko uporabne v procesih biološkega čiščenja onesnaženih tal. Pomembno je tudi naše sodelovanje pri razvoju hitrega digitalnega vmesnika za zajem podatkov, ki vse bolj postaja nuja za učinkovito delovanje modernih detektorjev.

9. Vključenost v raziskovalne programe Evropske unije in druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v letu 2011 z vsebinsko obrazložitvijo porabe dodeljenih sredstev iz naslova dodatnega letnega sofinanciranja mednarodnega sodelovanja na podlagi poziva za EU vpetost 2011⁸

V letu 2011 smo bili vključeni v 7. okvirni program EU v projekt SPIRIT - Podpora javnim in industrijskim raziskavam s tehnologijo ionskih žarkov (227012, FP7-INFRASTRUCTURES-2008-1). Poleg tega smo bili vključeni v projekt EUROATOM preko Slovenske fuzijske asociacije (SFA), in sicer preko dveh programskih sklopov: "Application of Ion Beam Analytical Methods to the Studies of Plasma Wall Interaction in Tokamaks" (1.4.3-FU) ter "Processes with Neutral Hydrogen Atoms and Molecules" (1.4.1-FU). Vključeni smo bili v akcijo COST CM0805: Kemično vesolje ter v bilateralni projekt z Italijo (2011-2013 "Dynamics at nanoscale"). Pridobljena sredstva iz naslova dodatnega letnega sofinanciranja mednarodnega sodelovanja za leto 2011 smo porabili za delno pokrivanje stroškov pri nabavi modernega ionskega izvora tipa "cusp", posodobitvi dvigala v eksperimentalni hali ionskega pospeševalnika ter pri nabavi plina ^3He , ki je nepogrešljiva surovina za kvalitetno globinsko profiliranje vodika.

V letu 2011 smo sodelovali pri naslednjih mednarodnih projektih na sinhrotronih:
Elettra 20110230: "High resolution spectroscopy in DC electric field based on two-color production of metastable He".
Elettra 20105435: "Interference of photoelectron-Auger electron pairs by energy selective photoionization of Ar L shell".
Elettra 20110412: "Synthesis and electronic structure of cerium-porphyrinato sandwich complexes

on Ag(111)".

Elettra 20105420: "Exciton dissociation at the interface between C60/C70 and highly contorted hexabenzocoronene derivatives for solar cell applications".

Elettra 20105033: "Understanding The Structure and Charge Transfer Dynamics in Double-Layered Molecules".

Elettra 20100376: "In situ molecular anchoring: benzoic acid on cysteamine".

Elettra 20105198: "Resonant Auger emission spectroscopy on transition metal phthalocyanine molecules".

Elettra 20110225: "Density of unoccupied states and local structure of graphene-like silicon bidimensional layer".

Elettra 20110043: "Localization of elements, structural and functional organic compounds, and speciation of Cu in sunflower roots treated with CuO nanoparticles".

Elettra 20110045: "Localization of elements, structural and functional organic compounds, and speciation of Cu in sunflower roots treated with CuO nanoparticles".

Elettra 20110040: "Localization of sodium in leaves of salt-resistant and salt-sensitive tomato plants exposed to salinity".

Elettra 20105073: "In-situ XAS studies of positive electrode materials for Li-ion and Na-ion batteries".

Elettra 20110086: "The role of organic and inorganic sulphur containing compounds in Cd accumulation and tolerance in a Cd hyperaccumulator *Thlaspi praecox*".

Elettra 20110127: "In situ XAS studies on Li-ion and Li-sulfur batteries".

HASYLAB, DESY I-20110082 EC: "In-situ XAS analysis of electrode materials for Li-ion and Na-ion rechargeable batteries and catalysts based on porous silicates".

HASYLAB, DESY II-20080058 EC: "XAS analysis of transition metals in lead-free piezoelectric thin films and in catalysts based on porous silicates".

ESRF EC-719: "Sub-cellular localization of Cd in plant tissues".

ESRF HE-3229: "Structural and dynamical properties of chlorinated hydrocarbons in gaseous state studied by high resolution RIXS Cl-1s".

ESRF EC-739: "Chlorine XAS and XES in glasses for radioactive waste immobilization a study of its structural role".

Soleil: MULTIDIMENSIONAL PHOTOELECTRON SPECTROSCOPY WITH HERMES EXPERIMENT AT PLEIADES BEAMLINER III: "Detailed studies of chemical shift of the Carbon K-2 double core ionisation & study of multiple ionization of alkali (and metal) vapours".

***ZAKLJUČNA POROČILA O REZULTATIH
RAZISKOVALNIH PROJEKTOV***

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	L2-0221
Naslov projekta	Hibridno adaptivni nadzor procesa frezanja z oblikovnim frezalom
Vodja projekta	8634 Franc Čuš
Tip projekta	L Aplikativni projekt
Obseg raziskovalnih ur	4.650
Cenovni razred	C
Trajanje projekta	02.2008 - 01.2011
Nosilna raziskovalna organizacija	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	405 EMO - ORODJARNA proizvodna družba d.o.o.
Družbeno-ekonomski cilj	

1.1. Družbeno-ekonomski cilj¹

Šifra	06.
Naziv	Industrijska proizvodnja in tehnologija

2. Sofinancerji²

1.	Naziv	EMO - ORODJARNA proizvodna družba d.o.o.
	Naslov	Bežigrajska cesta 10, 3000 Celje, Slovenija
2.	Naziv	
	Naslov	
3.	Naziv	
	Naslov	

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega projekta³

Raziskovalna hipoteza:

Pomanjkljivost modernih obdelovalnih sistemov (obstoječa tehnologija) je, da se rezalni parametri še vedno programirajo posredno v off-line načinu. Rezalni parametri se izbirajo pred obdelavo na osnovi izkušenj programerja in tehnoloških priročnikov. Da ne pride do pretirane obrabe in poškodb orodja, so rezalni pogoji običajno izbrani ekstremno konzervativno, zato so mnogi moderni CNC centri neučinkoviti. To je najbolj izrazito pri visoko-hitrostni obdelavi. Če želimo izboljšati učinkovitost stroja, je potrebno rezalne parametre prilagajati med obdelavo. Rešitev problema vidimo v uporabi adaptivnih sistemov vodenja (nova tehnologija), ki omogočajo on-line adaptacijo rezalnih parametrov. Ciljno usmerjen del trga vidimo prav v slovenskih orodjarnah, kjer bi z implementacijo razvitega sistema uspeli povečati učinkovitost in s tem tudi dodano vrednost obstoječih strojev za 40%. Na trgu obstaja precej adaptivnih regulacijskih sistemov, njihovo uvajanje na obstoječi NC stroj predstavlja velik investicijski zalogaj, saj je potrebno spremeniti celotno osnovno kibernetsko strukturo stroja. Nasprotno pa je pri predlaganem sistemu potrebno integrirati na stroj le merilnik in s serijsko povezavo povezati CNC krmilnik s PC-jem, na katerem deluje optimizacijski algoritem. Konkurenčna prednost razvitega sistema je prav v njegovi enostavni zgradbi ter enostavni in hitri integraciji na stroj z minimalnimi stroški (strošek merilnika in Pc-ja).

Na osnovi navedenih dejstev se je izoblikoval naslednji cilj projekta:

Cilj projekta je bil izdelati sistem, ki s posrednim optimiranjem in digitalno adaptacijo rezalnih parametrov nadzoruje rezalno silo in ohranja konstantno hrapavost obdelane površine med visokohitrostnim frezanjem. V ta namen je izdelan postopek hibridnega modeliranja procesa odrezavanja (ANfis-sistem), ki je uporabljen pri izdelavi CNC-simulatorja frezanja. Namen simulatorja je testirati stabilnost sistema in uglasiti parametre nevronske krmilne sheme. Učinkovitost predlaganega sistema vodenja, ki se kaže v izboljšani kvaliteti površine in manjši obrabi orodja, je testirana na frezalnem stroju.

Planirane aktivnosti našega raziskovalnega tima so bile osredotočene predvsem na področje odrezovalnih postopkov in področje inteligentnih proizvodnih strojev in naprav. Aktivnosti so podane v naslednjih točkah:

- razvoj CNC-krmilne enote z možnostjo učenja na osnovi nevronske mreže.
- Razvoj in izdelava inteligentnih adaptivnih avtonomnih sistemov vodenja za visokohitrostno frezanje s težko opredeljivo dinamiko.
- Modeliranje in optimizacija odrezovalnih postopkov z evolucijskimi algoritmi, nevronskimi mrežami in metodami inteligence rojev (npr. PSO optimizacija).

V nadaljevanju so povzeti kronološko najpomembnejši realizirani cilji, ugotovitve, znanstvena spoznanja ter rezultati in učinki raziskovalnega projekta.

1. Pri izdelavi inteligentnega samoučljivega sistema vodenja za visoko-hitrostno frezanje s težko opredeljivo dinamiko so izvedene naslednje aktivnosti: zasnovan je načrt eksperimentov-meritev; realizirana je nova merilna veriga za merjenje rezalnih sil (Kistler merilnik, nabojni ojačevalec, AD pretvornik, kartica za zajemanje podatkov, Labview); razvita je nova programska oprema za zajemanje rezalnih sil (Labview); programska oprema je temeljito testirana, izbrana, nakupljena, umerjena in nastavljena so vsa potrebna rezalna orodja; izbrani in izdelani so testni obdelovanci; izdelani so CNC-programi na obdelovalnem stroju za procese meritev; po načrtu eksperimentov so izvedene meritve rezalnih sil in pripadajoče hrapavosti površine za najpogosteje uporabljena končna frezala; izdelana je sistematično urejena obsežna baza rezalnih veličin, izdelana je statistična analiza izmerjenih veličin z grafičnimi prikazi rezultatov; Testiran je modul za vzpostavitev komunikacije: sistem vodenja-CNC-krmilje stroja FAGOR 8040-M. Ugotovitve in znanstveno spoznanja do katerih smo se dokopali so: signali rezalnih sil nudijo največ informacij o stanju orodja (obraba in poškodbe), zato ni potrebe po implementaciji multi-senzorskega pristopa, ki je za 300-350 % dražji; z obvladovanjem rezalnih sil se lahko uspešno nadzoruje hrapavost površine, ki je bistven kazalec kakovosti procesa odrezavanja; signali rezalnih sil so v korelaciji z izmerjeno hrapavostjo površine in obrabo proste ploskve orodja; merilna veriga omogoča dovolj hitro in natančno zajemanje podatkov tudi pri velikih rezalnih hitrostih in malih premerih orodij; Lastna frekvenca piezo-merilnika sil (3kHz) je primerna za izvajanje meritev. Kartica za zajemanje podatkov omogoča dovolj veliko hitrost vzorčenja(250kS/s) in ima na razpolago dovolj prostih kanalov za komunikacijo s krmiljem.

2. Pri zasnovi in realizaciji sistema za on-line nastavljanje rezalnih parametrov je bil razvit celovit postopek hibridnega modeliranja dinamike odrezovalnega procesa, ki temelji na kombinaciji metode nevronske mreže, mehke logike. V okviru hibridnega modeliranja poteka izdelava: simulacijskega modela CNC-frezanja, zasnovan je eksperimentalni postopek snemanja dinamike podajalnega servo-pogona, pripravljena je vsa merilna oprema za eksperimentalno snemanje prehodna funkcija podajalnega servo-pogona, izdelani so blok

diagrami adaptivnih nevronske- mehkih inferenčnih modelov za izbiro frezal in napovedovanje priporočenih rezalnih parametrov. Programiranje je uspešno izvedeno. Ugotovili smo, da je pripravljena baza podatkov dovolj natančna in zadostuje za izdelavo hibridnega modeliranja dinamike procesa. Anfis metoda se je izkazala za predvsem hitro, natančno in učinkovito metodo modeliranja. Preprostost in hitrost izdelave modelov je njena največja vrlina. Natančnost napovedi je za 16% večja kot pri nevronskih mrežah. Največji učinek metode je v prikazu logičnih povezav med vhodi in izhodi modela.

3. V merilno verigo je vključena nova USB kartica za zajemanje podatkov. Kartica zdaj omogoča dovolj veliko hitrost vzorčenja(450kS/s) tudi pri velikih rezalnih hitrostih in malih premerih orodij; Izvedena je primerjava zmogljivosti obeh kartic; Dokončan in preizkušen je eksperimentalni model; Zasnovana je procedura izdelave nevronskega modela rezalnih sil; Izvedena je priprava podatkov za učenje in testiranje nevronske mreže; Vhodni parametri (rezalnih parametrov) in izmerjene rezalne sile so bile združene v podatkovno matriko; Izvedena je normalizacija podatkov v matriki, razčlenitev matrike na vhodno-izhodni vektor nevronske mreže, razdelitev vhodno-izhodnega vektorja na niza za učenje in testiranje nevronske mreže; Zasnovana je simulacijska metoda za določitev optimalnih parametrov učenja nevronske mreže; Izbrana je optimalna arhitektura nevronske mreže in optimalni parametri učenja nevronske mreže; Uspešno je končan postopek učenja in testiranja nevronske mreže; Izdelan in preizkušen je nevronski model rezalnih sil; Izdelana je analiza rezultatov nevronskega modela in grafična primerjava napovedanih in izmerjenih rezalnih sil; Nevronski model rezalne dinamike je vključen v CNC simulator procesa frezanja; Zaključena je faza izdelave modula za vzpostavitev komunikacije: sistem vodenja-CNC-krmilje stroja FAGOR 8040-M; Izbrana je bila serijska komunikacija med CNC krmiljem stroja in sistemom vodenja na PC-ju. S tri žičnim null modem kablom je bila izdelana fizična povezava; Konfigurirana so bila varata na obeh straneh serijske povezave; Zasnovan je bil protokol pošiljanja telegrama; Vzpostavljena je hierarhija podrejeni in nadrejeni računalnik. Izdelana je procedura spreminjanja hierarhije; Definirane so časovne sekvence pošiljanja telegrama; Izdelana je metoda za odkrivanja napak pri prenosu telegrama; Sprogramirana je CRC-16 kontrolna koda za odkrivanje napak prenosa, ki najde napako v 17 bitnem telegramu z 99,99% verjetnostjo; V telegram sta integrirani DNCFRO in DNCSSO funkciji CNC krmilja. S preizkusi smo uspeli vzpostaviti komunikacijo, prevzeti nadzor nad krmiljem stroja in nato vzpostaviti začetno stanje. Testirali smo več-ciklični način vzpostavljanja komunikacije. Preizkušen je grafični vmesnik za vzpostavljanje komunikacije; Izdelan je blok diagram grafičnega vmesnika. Dokončana je nadzorno-upravljalna maska nadzorne plošče; Izveden je eksperimentalni postopek snemanja prehodne funkcije podajalnega servo-pogona z ball-bar merilnim sistemom. Za določitev prehodne funkcije so izvedene naslednji koraki: kalibriranje merilnika, izvedba testa, prenos podatkov v datoteko, izračun parcialnih podajalnih hitrosti v prehodnem pojavu in izris prehodnega pojava. Na osnovi prehodne funkcije je izdelana prenosna funkcija sistema, ki je podana z členom 2.reda. Preizkusi so potrdili, da je ball-bar merilni sistem s stopnjo vzorčenja 250S/s in natančnostjo 5 mikronov dovolj natančen za snemanje prenosne funkcije podajalnega pogona.

4. Sledila je izdelava CNC simulatorja odrezavanja v programu Matlab-simulink. V okviru te faze so se posamezni modeli integrirali v simulacijsko okolje, ki je nato služilo za iskanje optimalnih algoritmov vodenje in fino uglaševanje parametrov. Ugotovljeno je, da je neprimernejši nevronski regulator s strukturo 8-4-2. Simulacije potrdijo njegovo robustnost in neobčutljivost na nepredvidljivost procesa frezanja. S simulacijami je izvedena primerjava različnih regulatorjev (PI, PID, FUZZY, MRAC). Ugotovljeno je, da ima najenostavnejšo zgradbo PI regulator, zato je njegova odzivnost največja. MRAC ima najbolj kompleksno zgradbo, zato ni primeren. Rezultati simulacij potrdijo stabilnost, robustnost in učinkovitost predlaganega nevronskega algoritma vodenja.

5. V zadnji fazi je potekalo eksperimentalno testiranje sistema vodenja na obdelovalnem stroju. Eksperimenti so izvedeni za 4 testne obdelave: za frezanje utora sinusne oblike, za frezanje stopničstega obdelovanca, za frezanje prizmatičnega obdelovanca in kotna obdelava. Nevronski krmilni sistem se odlično obnese v vseh testnih obdelavah. Izvedena je časovna analiza za konvecionalno frezanje in adaptivno frezanje s predlaganim sistemom. Ugotovljeno je, da s predlaganim adaptivnim sistemom vodenja dosežemo v določenih primerih tudi 40% časovni prihranek v enem rezu.

4. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev⁴

Vsi zastavljeni raziskovalni cilji so bili realizirani v smeri, ki je bila določena s terminskim načrtom izvajanja projekta. Raziskave v sklopu našega tima so dosegle zelo visoko stopnjo realizacije zastavljenih ciljev. To se navsezadnje vidi v številu izvedenih eksperimentov, opravljenih meritev, izdelanem sistemu vodenja in nadzora obdelovalnega procesa, nadgrajenem obdelovalnem stroju, posodobljenimi tehnološkimi bazami, optimiranim

procesu obdelave in številnimi malimi inovacijami. Z raziskovalnim delom na področju raziskav frezanja in postopkov modeliranja ter vodenja smo dosegli vrhunske rezultate z izvirnimi rešitvami, ki jih dokazujemo z znanstvenimi objavami, citiranostjo in ustrezno raziskovalno opremo. V enem letu smo v najuglednejših mednarodnih revijah z našega področja objavili 2 članka na podano tematiko. Reviji se uvrščata v 1/4. Raziskovalci so natančno sledili zastavljenemu terminskemu planu raziskav, podali natančen opis rezultatov, analizirali dosedanje raziskave in spoznanja ter pripravili vse potrebno za izvedbo bodočih raziskav.

Prvi cilj – Pripravljalna faza izdelave inteligentnega samo-učljivega sistema vodenja za visokohitrostno frezanje s težko opredeljivo dinamiko je bil nadvse uspešno realiziran. Izdelan je nacrt eksperimentov, merilna veriga s softverom za zajemanje podatkov, izvedene so vse potrebne meritve, izdelana je tehnološka baza rezalnih velicin in pripadajočih orodij. S eksperimenti smo še bolj natančno dokazati korelacijo med komponentami rezalne sile in hrapavosti obdelane površine. Kljub začetnim težavam in zakasnitvam smo tudi ta plan predčasno realizirali. Tudi drugi cilj raziskav – Izdelava CNC simulatorja dinamike odrezavanja in priprava eksperimentalnega postopka snemanja dinamike podajalnega servo-pogona je bil uspešno in pravočasno realiziran.

Sledilo je uglasovanje celotnega sistema ter analiza njegove stabilnosti in izdelava modula za vzpostavitev komunikacije CNC-krmilje-sistem vodenja. Realizacija tega cilja se je izkazala kot najtežja in najzahtevnejša. Predstavljala je ključno-prelomno fazo projekta in je bila ključna za uspešno in pravočasno realizacijo celotnega projekta. Sledila je izdelava softvera za digitalno adaptacijo rezalnih parametrov in končno eksperimentalno testiranje sistema na obdelovalnem stroju. V okviru te faze smo preučili vplive sistema na delovno okolje, stabilizacijo procesa in daljšo življenjsko dobo stroja/orodja. Izvedene so vse potrebne meritve vplivnih velicin pred integracijo in adaptacijo sistema. Ta faza je bila časovno najbolj kritična in zahtevna saj je potekala v industrijskem okolju med samo proizvodnjo.

Povzetek: Vsi glavni cilji projekta so realizirani in ni bilo signifikantnih odstopanj pri izvedbi zastavljenega programa.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine⁵

Ni bilo sprememb programa.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁶

Znanstveni rezultat		
1.	Naslov	<p><i>SLO</i> Adaptivni neuro-mehki inferenčni sistem ocenjevanja obrabe proste ploskve pri oblikovnem frezanju.</p> <p><i>ANG</i> Adaptive network based inference system for estimation of flank wear in end-milling</p>
	Opis	<p><i>SLO</i> Cilj članka je predstaviti razvoj zanesljive metode za napovedovanje obrabe med procesom oblikovnega frezanja. Uporabljena je neuro-fuzzy tehnika napovedovanja obrabe proste ploskve frezala na osnovi signalov izmerjenih rezalnih sil. Namen metode je izluščiti učinkovit lingvistični model za napovedovanje obrabe na osnovi znanja, ki je zbrano v naučeni nevronske mreži. Napaka napovedi znaša do 3% z učenjem mreže z pravilom vzvratnega širjenja napake.</p> <p><i>ANG</i> The focus of this paper is to develop a reliable method to predict flank wear during end-milling process. A neural-fuzzy scheme is applied to perform the prediction of flank wear from cutting force signals. In this contribution we also discussed the construction of a ANFIS system that seeks to provide a linguistic model for the estimation of tool wear from the knowledge embedded in the neural network. The estimation error is up to 3% by using neural network trained with backpropagation algorithm.</p>
ŽUPERL, U., CUŠ, F., KIKER, E.. Adaptive network based inference system		

	Objavljeno v		for estimation of flank wear in end-milling. J. mater. process. technol., 2009, 209, 1504-1511, JCR IF (2008): 1.143
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		12406806
2.	Naslov	SLO	Optimiranje visoko-hitrostnega oblikovnega frezanja z uporabo kolektivne inteligence rojev.
		ANG	Particle swarm intelligence based optimisation of high speed end-milling.
	Opis	SLO	V raziskavi je prikazan postopek vec-ciljnega optimiranja procesa frezanja z uporabo nevronskega modeliranja in optimizacije, ki temelji na zakonitostih gibanja malih delcev v velikih jatah. Za napovedovanje rezalnih sil je uporabljen model rezalnih sil, za določitev optimalne rezalne hitrosti in podajanja uporabimo PSO-algoritem. Eksperimentalni rezultati pokažejo, da se MRR izboljša za 28%. Opažena je tudi 20% redukcija casa obdelave. Članek pripravi teren za nov razred EC optimizacijskih tehnik na področju obdelave z odrezavanjem.
		ANG	This study has presented multi-objective optimization of milling process by using neural network modelling and Particle swarm optimization. A neural network model was used to predict cutting forces during machining and PSO algorithm was used to obtain optimum cutting speed and feed rate. The experimental results show that the MRR is improved by 28%. Machining time reductions of up to 20% are observed. This paper opens the door for a new class of EC based optimization techniques in the area of machining.
	Objavljeno v		CUŠ, F., ŽUPERL, U.. Particle swarm intelligence based optimisation of high speed end-milling. Archives of computational materials science and surface engineering, 2009, 1, 148-154.
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID		13224214	
3.	Naslov	SLO	Nevronski sistem vodenja za zagotavljanje konstantne rezalne sile med procesom oblikovnega frezanja.
		ANG	Neural control strategy of constant cutting force system in end milling
	Opis	SLO	V članku je prikazana uporaba strategije nevronske adaptivne regulacije rezalnih sil pri operacijah visoko-hitrostnega frezanja. Cilj članka je predstaviti zanesljiv, robusten nevronski regulator, ki z prilagajanjem podajanja preprečuje prekomerno obrabo, lom orodja in vzdržuje veliko stopnjo odzemanja materiala.
		ANG	This paper discusses the application of neural adaptive control strategy to the problem of cutting force control in high speed end milling operations. The purpose of the paper is to present a reliable, robust neural controller aimed at adaptively adjusting feed-rate to prevent excessive tool wear, tool breakage and maintain a high chip removal rate.
	Objavljeno v		ŽUPERL, U., ČUŠ, F., REIBENSCHUH, M., Robot. comput.-integr. Manuf, 2010, 485-493, JCR IF (2009): 1.687.
	Tipologija		1.02 Pregledni znanstveni članek
COBISS.SI-ID		14702614	
4.	Naslov	SLO	Modeliranje in adaptivna regulacija rezalnih sil pri frezanju z uporabo tehnik umetne inteligence.
		ANG	Modelling and adaptive force control of milling by using artificial techniques
	Opis	SLO	Za povečanje produktivnosti je izdelan samoučljiv sistem vodenja procesa frezanja. Sistem vodenja sestavljajo nevronski identifikator procesa in mehki zaprto-zančni krmilni modul. Z izdelanim sistemom smo uspeli zmanjšati obdelovalne čase, podaljšati življenjsko dobo orodja in izboljšali učinkovitost odrezavanja. Prednost sistema je, da ne potrebuje predhodnega znanja o regulacijskih zankah stroja in dinamiki procesa. Ima zmožnost paralelnega procesiranja, samo-učenja in obdelave velikega števila s senzorji pridobljenih informacij.
			To increase productivity, a new adaptive learning control system in milling processes has been developed.

		ANG	Based on proposed control system which consists of neural network dynamics model of the process and fuzzy feedback control module. The developed control system can reduce the machining time, protect the cutting tool, and increase the cutting efficiency. The main advantage of this approach is that the use of an adaptive learning control of milling processes does not require a priori knowledge about the servo-loops and the milling process dynamics.
	Objavljeno v		ZUPERL, U., ČUŠ, F., REIBENSCHUH, M.. J. intell. manuf., 2010, JCR IF (2009): 0.938.
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		14723350
5.	Naslov	SLO	Nadzor orodja v popolnoma avtomatiziranih obdelovalnih sistemih
		ANG	Tool condition monitoring in unmanned flexible manufacturing system
	Opis	SLO	Glavni namen raziskave je bil izdelati sistem nadzora orodja, ki je sposoben v realnem času identificirati obrabo oziroma poškodbe rezalnega orodja in ustrezno korigirati nadaljnji proces obdelave. To mu omogoča inovativna zgradba, ki se sestoji iz kombinacije nevronskega sistema odločanja in ANFIS napovedovanja obrabe orodja. Glavna predpostavka raziskave je, da signali izmerjenih rezalnih sil vsebujejo največ uporabnih informacij o stanju orodja. Zato je uporabljena metoda ANFIS, ki iz signalov izmerjenih rezalnih sil izlušči pomembne značilnosti o stanju orodja.
		ANG	The original contribution of the research was the developed monitoring system that can detect tool breakage in real time by using a combination of neural decision system and ANFIS tool wear estimator. The principal presumption was that force signals contain the most useful information for determining the tool condition. Therefore, the ANFIS method is used to extract the features of tool states from cutting force signals. ANFIS method seeks to provide a linguistic model for the estimation of tool wear from the knowledge embedded in the artificial neural network.
	Objavljeno v		ZUPERL, U., KOPAC, J., REIBENSCHUH, M.. Innovative production systems key to future intelligent manufacturing. Maribor: Faculty of Mechanical Engineering; Skopje: Faculty of Mechanical Engineering, 2010, 39-43.
	Tipologija		1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji
COBISS.SI-ID		14606358	

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine⁶

	Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat		
1.	Naslov	SLO	Inteligentno vodenja procesa frezanja z uporabo inverznega modeliranja in mehkega povratno-zančnega mehanizma.
		ANG	Intelligent control of milling process by inverse modelling and fuzzy feedback mechanism.
	Opis	SLO	Za povečanje produktivnosti je izdelan samoučljiv sistem vodenja procesa frezanja. Sistem vodenja sestavljajo nevronske identifikator procesa in mehki zaprto-zančni krmilni modul. Z izdelanim sistemom smo uspeli zmanjšati obdelovalne case, podaljšati življenjsko dobo orodja in izboljšali učinkovitost odrezavanja. Prednost sistema je, da ne potrebuje predhodnega znanja o regulacijskih zankah stroja in dinamiki procesa.
		ANG	To increase productivity, a new adaptive learning control system in milling processes has been developed. Based on proposed control system which consists of neural network dynamics model of the process and fuzzy feedback control module. The developed control system can reduce the machining time, protect the cutting tool, and increase the cutting efficiency. The main advantage of this approach is that

		the use of an adaptive learning control of milling processes does not require a priori knowledge about the servo-loops and the milling process dynamics.
Šifra		B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci
Objavljeno v		ŽUPERL, U., ČUŠ, F.. Intelligent control of milling process by inverse modelling and fuzzy feedback mechanism. International Scientific Conference Management of Technology Step to Sustainable Production, MOTSP 2009, 2009, 136-141.
Tipologija		1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
COBISS.SI-ID		13249046
2.	Naslov	<i>SLO</i> Samo-ujljiva strategija vodenja aplicirana na sistem frezanja
		<i>ANG</i> Self-learning control strategy with application to milling system.
Opis	<i>SLO</i>	V članku je opisana izdelava nevronskega sistema vodenja za nadzor obremenitev na obdelovalnem stroju. Sledi opis izdelave sistema, simulatorja, simuliranje delovanja krmilnika, iskanje optimalnih nastavitev krmilnika in nazadnje eksperimentalno testiranje na obdelovalnem stroju.
	<i>ANG</i>	Paper describes the development of neural control system for load monitoring on machine tool. The description of making the system, simulator, controller simulations, searching for optimal parameters of controller and finally the experimental testing on machine tool follows.
Šifra		B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci
Objavljeno v		ČUŠ, F., ŽUPERL, U., GECEVSKA, V.. Self-learning control strategy with application to milling system. Annals of DAAAM for 2009 & proceedings of the 20th International DAAAM symposium "Intelligent manufacturing & Automation: Focus on theory, practice and education, 2009, 451-452
Tipologija		1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
COBISS.SI-ID		13651478
3.	Naslov	<i>SLO</i> Strategija vodenja za zagotavljanje konstantne rezalne sile in maksimiranje stopnje odvzetega materiala
		<i>ANG</i> Control strategy of constant milling force system and metal removal rate maximization.
Opis	<i>SLO</i>	V članku je opisana izdelava strategije vodenja za nadzor obremenitev na obdelovalnem stroju. Sledi opis izdelave sistema, simulatorja, simuliranje delovanja krmilnika, iskanje optimalnih nastavitev krmilnika in nazadnje eksperimentalno testiranje na obdelovalnem stroju.
	<i>ANG</i>	Paper describes the development of control strategy for load monitoring on machine tool. The description of making the system, simulator, controller simulations, searching for optimal parameters of controller and finally the experimental testing on machine tool follows.
Šifra		B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci
Objavljeno v		ČUŠ, F., BALIČ, J., ŽUPERL, U.. 7th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics ICINCO 2010 [and] ANNIP, Artificial Neural Networks and Intelligent Information Processing Workshop, [and] special session IVC & ITS Intelligent Vehicle Controls & Intelligent Transportation System, Funchal, Madeira, Portugal, 2010, 1, 265-268.
Tipologija		1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
COBISS.SI-ID		14293782
4.	Naslov	<i>SLO</i> Primerjava različnih optimizacijskih in regulacijskih procedur.
		<i>ANG</i> Comparison of different optimization and process control procedures.
Opis	<i>SLO</i>	V članku je predlagan nov inteligentni sistem izbire rezalnih pogojev in optimalnega rezalnega orodja pri operacijah frezanja. Eksperimentalni rezultati potrjujejo, da je predlagan pristop primeren in učinkovit pri reševanju kontinuirnih kompleksnih optimizacijskih problemov, ki jih srečamo v obdelovalni tehniki. Sistem je zgrajen z uporabo programa Matlab in Labview. Vsebuje inferenčno jedro, uporabniški vmesnik, bazo znanja, bazo pravil in optimizacijski modul.
		This paper proposes a new intelligent system for selection of cutting tools

	ANG	and conditions of milling operations. Experimental results confirm that proposed approach is suitable and efficient for solving complex continuous optimization problems in machining. It consists of inference core, user interface, knowledge and rule base and optimization module.
Šifra	B.03	Referat na mednarodni znanstveni konferenci
Objavljeno v	REIBENSCHUH, M., ČUŠ, F., ŽUPERL, U.. International Scientific Conference Management of Technology Step to Sustainable Production, MOTSP 2010, 2-4 June, 2010.	
Tipologija	1.08	Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
COBISS.SI-ID	14174742	
5. Naslov	SLO	Inteligentni sistem za izbiro rezalnega orodja in rezalnih pogojev
	ANG	An intelligent system for cutting tool and condition selection
Opis	SLO	V članku je predlagana nov inteligentni sistem optimiranja rezalnih pogojev in izbire optimalnega rezalnega orodja, ki bazira na samoučenju. S sistemom se določa optimalne rezalne parametre pri obdelovalnih operacijah. Sistem je zgrajen z uporabo programa Matlab in Labview. Vsebuje inferenčno jedro, uporabniški vmesnik, bazo znanja, bazo pravil in optimizacijski modul. Sestoji se iz treh delov: Anfis-ovega izbirnega modula, modula za posredno optimiranje in modula za digitalno on-line optimiranje.
	ANG	This paper presents the development of an intelligent system for selection of cutting tools and conditions of milling operations. The system developed can be used to select the cutting insert and cutting conditions. It is able to analyse and optimise condition selection. This system is constructed and implemented using Matlab and Labview. It contains an inference engine, a user interface and explanation facility a complete shell, a knowledge base, and an optimisation module for machining conditions.
Šifra	B.03	Referat na mednarodni znanstveni konferenci
Objavljeno v	BALIČ, J., ČUŠ, F., ŽUPERL, U.. An intelligent system for cutting tool and condition selection. V: Fourth International Conference on Intelligent Computing and Information Systems (ICICIS 2009) March 19-22, 2009. Cairo, Egypt, 432-437.	
Tipologija	1.08	Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
COBISS.SI-ID	13147414	

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁸

Zelo pomemben rezultat programske projekta je integracija raziskovalnih dosežkov v pedagoški proces in seznanjanje študentov o aktualnih raziskavah, ki potekajo v laboratoriju, kjer se izvajajo laboratorijske vaje. Na ta način dobijo študentje vpogled v raziskovalne in eksperimentalne metode, raziskovalno opremo, programsko opremo in se seznanijo s timskim načinom dela-raziskovanja. Oprema in raziskovalno vzdušje pritegne študente in jih navduši za delo na študentskih projektih in izbiro diplomskih del na podobno tematiko. Raziskovalno tematiko je možno izbrati na podiplomskem študiju. Objave raziskovalnih rezultatov služijo za ozaveščanje in seznanjenje orodjarn z obravnavano problematiko ter možnost skupnega sodelovanja na industrijskih projektih. Raziskovalni rezultati bodo prispevali k modernizaciji obstoječih starejših obdelovalnih strojev ter povečanju učinkovitosti novih modernih CNC obdelovalnih sistemov v slovenskih orodjarnah. Implementacija raziskovalnih rezultatov bo zmanjšala obdelovalne case, razbremenila programerja in upravljavca stroja. Naloga slednjega se bo spremenila iz upravljavca v opazovalca oziroma nadzornika procesa.

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁹

9.1. Pomen za razvoj znanosti¹⁰

SLO

Raziskave predstavljajo multidisciplinarni pristop različnih področij inženirskih znanj, ki morajo najti rešitev za novi inovativni produkt, narejen v slovenski fakulteti in namenjen globalnemu tržišču. Predvsem orodjarska industrija zahteva neprestane inovacije in rešitve zaradi nižanja stroškov proizvodnje, povečanja produktivnosti in na osnovi tega naroča posodobitve strojev, ki izpolnjujejo njihove zahteve. Multidisciplinarno področje zajemaja

znanja iz mehanike, strojništva, mehatronike, ekonomije, optimalne izrabe energije, upoštevanje varnostnih predpisov.

Z dosedanjim raziskavami na področju vodenja procesov freziranja in ostalih postopkov odrezavanja so doseženi vrhunski rezultati z izvirnimi rešitvami, ki jih dokazujemo z vrhunskimi znanstvenimi objavami, citiranostjo in ustrezno raziskovalno opremo. S hibridnim modeliranjem na izviren način dokazujemo, da so signali maksimalnih rezalnih sil v korelaciji s hrapavostjo obdelane površine. Izdelana merilna veriga za merjenje rezalnih velicin skupaj z razvito programska oprema za zajemanje (Labview) je iz znanstvenega vidika zelo aktualna, saj predstavlja najsodobnejšo tehnologijo za razvoj samodejno vodenih obdelovalnih sistemov. Novi prispevek k teoriji odrezavanja je vključitev in uporaba sodobnih informacijskih orodij in umetnih samo-uceciv sistemov, ki abstrahirajo delovanje cloveškega razuma v procese napovedovanja in optimiranja rezalnih velicin v realnem času. Na tej osnovi je definirano na modelih temelječe orodje za dinamično maksimiranje rezalnih režimov med samo obdelavo, ki temelji na kombinaciji metod umetne inteligence. Takšen sistem vodenja prispeva k nadaljnjemu razvoju področja odrezavanja in praktični uporabi umetne inteligence pri procesih napovedovanja, generaliziranja in predvsem optimiranja rezalnih velicin za izvajanje fleksibilne, stroškovno ugodne proizvodnje.

ANG

The research is a multidisciplinary surpassing of various fields of engineering knowledge supposed to find a solution for a new innovative product made in a Slovenian faculty and intended for global market. Particularly, the tool making industry requires persistent innovations and solutions for production costs, increase of productivity and, accordingly, buys the upgrades of machine tools meeting their requirements. The multidisciplinary fields include knowledge from mechanics, chemistry, mechanical engineering, mechatronics, economy, optimal energy utilization, consideration of safety standards.

By previous researches in the field of control of milling process and other machining processes the top research achievements were accomplished by original solutions, which are demonstrated by top scientific publications, citations and suitable research equipment. By hybrid modelling we are proving in an original way that the signals of maximum cutting forces are in correlation with the roughness of the machined surface. The completed measuring equipment and developed software for data acquisition of cutting quantities (Labview) is up-to-date from scientific standpoint because it presented the most modern technology for development of modern unmanned machining systems. The new contribution to cutting theory is the incorporation and application of modern information tools and artificial self-learning systems, abstracting the functioning of the human mind, into processes of prediction and optimization of cutting variables in real time. On that basis the model based tool for on-line maximising of cutting parameters during machining, based on the combination artificial intelligence, is defined.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹¹

SLO

Raziskava je za družbo zelo pomembna, saj iščemo nove rešitve in razvijamo kakovostne izdelke, ki bodo izhodišče za izdelke z visoko dodano vrednostjo in ki bodo pomenili trajno konkurenčno prednost in garancijo kupcu, da je dobil tehnološko dovršen izdelek, hkrati pa bomo zaposlenim nudili bolj prijazno delovno okolje. V okolje, v katerem poslujemo, vstopamo družbeno-odgovorno in s svojim ravnanjem razvijamo ter utrjujemo prepoznavno pozitivno identiteto in mednarodni ugled fakultete. Položaj na trgu si bomo izborili z odličnostjo v poslovanju ter odzivnim izpolnjevanjem zahtev in pričakovanj naročnikov, tudi na najzahtevnejšem tehnično-tehnološkem nivoju.

Prispevek izvedenih raziskav je za gospodarstvo zelo pomemben, saj se sistemi adaptivnega vodenja razvijajo za konkretne stroje. Z uspešno realizacijo zastavljenih idej so se znatno izboljšale lastnosti obstoječih obdelovalnih sistemov. Glavni učinki raziskav za kovinsko predelovalno industrijo oziroma za slovenske orodjarne so: manjši stroški obdelave, krajši časi obdelave, manjša obraba orodij, preprečitev poškodb in loma orodja, večja avtomatizacija procesa, večja robustnost in stabilnost sistema vodenja, manjša potreba po konstantnem nadzoru operaterja, visoko kvalitetna proizvodnja z minimalnim izmetom, možnost daljinskega vodenja procesa odrezavanja, možnost prenosa aplikacije na različne stroje in postopke obdelave in nadgradnja obstoječih CNC strojev v industrijskem okolju. Razvoj in uporaba inteligentnih adaptivnih sistemov na področju odrezavanja materialov neposredno vpliva na manjše stroške, višjo kakovost izdelkov in na manjšo porabo vložene energije. Slovenskim orodjarnam na ta način dvigujemo tehnološko raven, racionaliziramo proizvodne stroške in zagotavljamo okolju prijazno proizvodnjo. Predlagana vsebina raziskav je usklajena z razvojno politiko države in z razpisanimi temami. Z ozirom na resolucijo o nacionalnem raziskovalnem in razvojnem programu za obdobje 2006-2010 se vsebina predlaganega projekta uvršča med raziskovalne prioritete. Raziskava se umešča v tretji prioritetni sklop. Z raziskavami bomo bistveno prispevali k nadaljnjemu razvoju tega prioritetnega področja.

This research is very important for the society, since we look for new solutions and develop high-quality products on which the products with high added value will be based and which will bring a permanent competitive advantage and a guarantee to the buyer that he has received a technologically perfect product; in the same time a affable working environment will be assured to the manpower. We are entering socially responsible into the environment, where we are active and are developing and strengthening the transparently positive identity and international renown of the faculty. The position on the market will be assured by excelling in the business operations and by prompt fulfilment of the buyers' requirements and expectations even at the most exact technical-technological level. The contribution of realized researches for economy is very important, since the adaptive control systems are developing for concrete machines. By successful materialization of ideas the properties of the existing manufacturing systems were considerably improved. The principal research effects for the metal-processing industry and/or for the Slovene tool-making shops are: shorter manufacturing times, lower manufacturing costs, smaller tool wear, automation of the process, greater robustness and process stability, relief to programmer and operator, high-quality production with minimum defects, possibility of process remote control, possibility of application transfer to different machines and machining processes and upgrading of existing CNC machine tools in production environment. Development and application of intelligent adaptive systems in the field of metal cutting influence in cost reduction, higher product quality and lover entered energy consumption. In this way we raise the technological level of Slovenian enterprises, rationalize the production costs and assuring environmental friendly production. Proposed project content is harmonized with national Research and Development Programme and with thematic priorities. In regard to resolution of national research and development programme for the period 2006-2010 the proposed project content is placed among research priorities. The research is ranged in third priority domain: researching of new production processes and technologies. The proposed researches will fundamentally contribute to further development of this priority domain.

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	L2-1067
Naslov projekta	Numerična in eksperimentalna analiza nestacionarnih pojavov v reverzibilnih črpalkah-turbinah
Vodja projekta	6428 Leopold Škerget
Tip projekta	L Aplikativni projekt
Obseg raziskovalnih ur	4.650
Cenovni razred	C
Trajanje projekta	02.2008 - 01.2011
Nosilna raziskovalna organizacija	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	263 Turboinštitut - Inštitut za turbinske stroje
Družbeno-ekonomski cilj	

1.1. Družbeno-ekonomski cilj¹

Šifra	05.
Naziv	Energija

2. Sofinancerji²

1.	Naziv	Turboinštitut d.d.
	Naslov	Rovšnikova 7, 1210 Ljubljana-Šentvid
2.	Naziv	
	Naslov	
3.	Naziv	
	Naslov	

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega projekta³

Tok tekočine v reverzibilni črpalki-turbini je turbulenten in nestacionaren. Popišemo ga z Navier-Stokesovimi enačbami in kontinuitetno enačbo. Enačbe toka nato rešujemo z eno od aproksimacijskih metod (metoda kontrolnih volumnov). Enačbe toka diskretiziramo, celotno območje turbine razdelimo na elemente. Dobimo sistem enačb. Ko ga rešimo v vsakem vozlu računske mreže dobimo vrednosti komponent hitrosti in tlaka. Ker je tok turbulenten, moramo uporabiti enega od turbulentnih modelov. Pravilna izbira ustreznega turbulentnega modela in gostote mreže sta ključna za natančnost numeričnih rezultatov. Izračuni se izvajajo z dvema programskima paketoma ANSYS CFX in Numeca.

Pri reverzibilni črpalki turbini smo najprej opravili stacionarne izračune toka v celotni turbini z različnimi turbulentnimi modeli. V prvi fazi smo uporabili predvsem dvoenačbeni model ($k-\omega$) nato pa še model Reynoldsovih napetosti - RSM. Raziskali smo vpliv mreže in modela na rešitev. Na osnovi rezultatov smo določili najprimernejši turbulentni model in potrebno gostoto računske mreže. Izračunane rezultate smo preverili z rezultati meritev na merilnih postajah v Turboinštitutu. Pri dosedanjih izračunih smo zaradi premajhnih računalniških zmogljivosti poenostavili geometrijo pretočnega trakta. Novi računalnik nam omogoča izračun toka v turbini brez poenostavitev geometrije.

V nadaljevanju raziskovalnega projekta je bilo testiranih več različnih nestacionarnih turbulentnih modelov. Poleg dvoenačbenih turbulentnih modelov in modela Reynoldsovih napetosti je to še nestacionarni turbulentni model - Scale Adaptive Simulation – SAS. Od teh je najmanj računsko zahteven model s prilagodljivo skalo - SAS. Temelji na vpeljavi von Karmanove dolžinske skale v enačbo za turbulentno skalo. SAS-SST model je kombinacija modela s prilagodljivo skalo (SAS) in modela transporta strižnih napetosti (SST). Časovni korak pri SAS-SST modelu je pri naših izračunih ustrezal zavrtitvi gonilnika za 2 stopinji, nekateri izračuni pa so bili narejeni tudi z večjim časovnim korakom - 6 stopinj, a ni bilo večjega vpliva na rezultate. Pri RSM je bil pri izračunu brez kavitacije časovni korak enak zavrtitvi gonilnika za 2 stopinji, pri izračunu s kavitacijskim modelom pa smo morali zaradi težav s konvergenco časovni korak zmanjšati na eno stopinjo zavrtitve gonilnika.

Od zgoraj predstavljenih modelov sta bolj računsko zahtevna turbulentna modela, model velikih vrtincev (Large Eddy Simulation – LES) in model ločenih vrtincev (Detached Eddy Simulation – DES). Ta dva modela sta se do sedaj pri analizi toka v vodnih turbinah malo uporabljala, ker zahtevata zelo goste mreže, na katerih lahko dobimo rezultate v primernem času le z izredno zmogljivimi računalniki. S tema dvema modeloma smo v začetku analizirali le nekatere posamezne dele turbine, kjer je tok močno nestacionaren.

Trenutno se v svetu uporabljajo predstavljene metode in ni boljših nadomestnih rešitev. Vprašanje je lahko le, kateri modeli v različnih programskih paketih so optimalnejši za predstavljeno delo, kar pa bodo pokazali rezultati naše raziskave.

Nadalje smo se ukvarjali predvsem z izračunom vrtinčne cevi v sesalni cevi reverzibilne turbine v turbinskem obratovanju. Vrtinčna cev se pojavlja pri delnih pretokih pri francisovih turbinah, reverzibilnih turbinah v turbinskem obratovanju in tudi pri enojno reguliranih aksialnih turbinah. Tlak v vrtinčni cevi je nizek, pogosto doseže uparjalni tlak vode. Pride do kavitacije, govorimo o kavitirajoči vrtinčni cevi. Opletanje vrtinčne cevi povzroča pulzacije tlaka na stenah sesalne cevi, nihanje moči stroja in v najhujših primerih, ko se frekvenca opletanja vrtinčne cevi ujame z lastnimi frekvencami agregata, lahko pride celo do poškodb na elektrarni. Zato je napoved frekvenc in amplitud nihanja tlaka, ki so posledica opletanja vrtinčne cevi v sesalni cevi, nujna, preden se začne izdelava stroja. Dodaten problem je, da eksperimentalnih rezultatov na modelu ne moremo v celoti prenesti na prototip. Zato je numerična analiza tega pojava še posebej pomembna.

Medtem ko izkoristek turbine in kavitacijo lahko napovemo na osnovi izračunov s preprostimi dvoenačbenimi turbulentnimi modeli, pa so za izračun vrtinca v sesalni cevi potrebni zahtevnejši turbulentni modeli. Naredili smo obsežno raziskavo, v kateri smo najprej izračunali vrtinec v sesalni cevi s SAS-SST turbulentnim modelom v štirih obratovalnih točkah. Ugotovili smo, da se frekvenca nihanj tlaka zelo dobro ujema z meritvami, izračunana amplituda pa je manjša od izmerjene, vendar se z zgoščanjem mreže približuje izmerjenim vrednostim. V tem primeru kavitacija ni bila vključena v izračun. V drugem primeru smo v eni obratovalni točki računali tok s tremi turbulentnimi modeli: SAS-SST, RSM in LES s kavitacijo in brez kavitacije. Pri izračunu brez kavitacije dobimo z vsemi tremi turbulentnimi modeli obliko vrtinčne cevi, ki se dobro ujema z opazovanji na merilni postaji. Tudi ujemanje frekvenc nihanj tlaka in amplitud je podobno za vse tri modele, izračunane frekvence in amplitude so nekoliko nižje od izmerjenih. Ko smo računali s kavitacijo, pa so razlike med rezultati različnih turbulentnih modelov večje. Pri SAS-SST modelu in zlasti pri RSM dobimo nekoliko drugačno obliko vrtinčne cevi kot brez kavitacije, nihanje tlaka pa tekom izračuna postaja vse bolj nepravilno, v primeru RSM celo tako zelo, da ne moremo več določiti frekvence nihanja. Med izračunom se očitno kopičijo numerične napake. Domnevamo, da bi rezultate lahko izboljšali z zgostitvijo računske mreže in z računanjem z dvojno natančnostjo. Računanje z LES s kavitacijo nam da najbolj realne rezultate, tako glede oblike vrtinčne cevi kot tudi frekvence in amplitude nihanja tlaka. Je pa računaje zelo zamudno, saj mora biti računska mreža zelo gosta, časovni korak majhen, izračunati pa moramo vsaj 40 vrtljajev gonilnika, da dobimo dokončno obliko vrtinčne cevi in dovolj točne vrednosti za frekvenco in amplitudo nihanja tlaka.

4. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev⁴

V prvem letu je bilo na raziskovalnem projektu *Numerična in eksperimentalna analiza nestacionarnih pojavov v reverzibilnih črpalkah-turbinah* opravljenih veliko numeričnih analiz nestacionarnih pojavov v reverzibilnih črpalkah-turbinah. Predvsem je bil poudarek na analizi različnih turbulentnih modelov, ki omogočajo analizo nestacionarnih pojavov. V začetku je bilo uporabljenih več dvoenačbenih modelov, ki so najbolj ekonomični, glede računskih časov. Kasneje so bili uporabljeni tudi ostali turbulentni modeli, pri katerih so zahteve pri generaciji računskih mrež precej strožje, saj zahtevajo samo v mejni plasti več kot deset elementov, če gledamo pravokotno na stene tokovnega območja. Glede na turbulentne modele, so bile opravljene analize vpliva različnih računskih mrež. Zelo različna je hitrost konvergence pri različnih turbulentnih modelih. Pri dvoenačbenih modelih je konvergenca relativno dobra, v primerjavi z modeli Reynoldsovih napetosti, kjer je sistem parcialnih diferencialnih enačb večji. Velik poudarek pri nestacionarnih izračunih je tudi na določitvi optimalne dolžine časovnega koraka, ki vpliva na konvergenco in s tem posledično na čas računanja, hkrati pa je od časovnega koraka odvisna tudi natančnost izračunov.

Opravljene so bile tudi prve meritve na modelu in primerjava numeričnih in eksperimentalnih rezultatov.

Vse predvidene aktivnosti za prvo leto so bile izvedene, še posebej zaradi dejstva, da je v tem letu v Turboinštitutu začel delovati superračunalnik z 2048 procesorji, ki omogoča zelo zahtevne numerične analize v relativno kratkem času.

V drugem letu smo izvedli zelo obsežno raziskavo zanesljivosti numerične napovedi vrtinca v sesalni cevi reverzibilne turbine pri delnih pretokih na modelu. Lahko rečemo, da so bili za to leto zastavljeni cilji v celoti doseženi.

V tretjem letu izvedbe raziskovalnega projekta smo podrobno preverili zanesljivost SAS-SST modela skupaj s kavitacijo na gostejši računski mreži z dvojno natančnostjo. SAS-SST je namreč od vseh treh uporabljenih turbulentnih modelov

najbolj ekonomičen. Raziskavo napovedi vrtinca v sesalni cevi smo v zadnjem letu razširili še na izvedbeno velikost in obratovalne pogoje in primerjali numerične rezultate z meritvami.

Zastavljeni raziskovalni cilji so bili realizirani v celoti, predvsem zaradi možnosti uporabe zelo zmogljivega superračunalnika in množico modelnih meritev izvedenih na modelih različnih tipov hidravličnih strojev v laboratoriju Turboinštituta.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine⁵

Ni bilo sprememb.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁶

Znanstveni rezultat			
1.	Naslov	SLO	Numerična napoved amplitud pri pulzacijah tlaka v sesalnih ceveh Francisiovih turbin za različne obratovalne režime
		ANG	Numerical prediction of pressure pulsation amplitude for different operating regimens of Francis turbine draft tubes.
	Opis	SLO	Hidravlična nestabilnost povezana s pulzacijami tlaka je resen problem pri vodnih turbinah. Pulzacije tlaka so v večini primerov posledica močnega vrtinca, ki nastane v bližini izstopa iz gonilnika. Pri vseh radialnih turbinah in tudi pri enojno reguliranih aksialnih turbinah nastane vrtnec pri delnih pretokih. Amplitude pulzacij so različne pri posameznih obratovalnih režimih, zato je bil najpomembnejši del te raziskave namenjen analizi amplitud pulzacij tlaka pri različnih relativnih odprtjih vodilnih lopatic in primerjava z eksperimentalnimi rezultati, dobljenimi z modelnimi meritvami.
		ANG	Hydraulic instability associated with pressure fluctuations is a serious problem in hydraulic machinery. Pressure fluctuations are usually a result of a strong vortex created at the outlet of a runner. The amplitude of the pressure pulsation is different for each operating regime therefore the main goal of this research was to numerically predict pressure pulsation amplitude versus different guide vane openings and to compare the results with experimental ones.
	Objavljeno v		Proceedings of 24th IAHR Symposium on Hydraulic Machinery and Systems, October 27-31, 2008, Foz do Iguassu, Brazil, (International journal of fluid machinery and systems, vol. 2, no. 4, 2009). Seoul: Korean Fluid Machinery Association, 2009, 2009, vol. 2, no. 4, str. 375-382. http://www.turboinstitut.si/files/Articles/ENG/2009_IJFMS.pdf .
	Tipologija		1.06 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci (vabljeni predavanja)
COBISS.SI-ID		24567079	
2.	Naslov	SLO	Primerjava različnih turbulentnih modelov pri simulaciji površinskih vrtincev
		ANG	Turbulence model comparison for a surface vortex simulation.
	Opis	SLO	Vtočni bazen črpalke ima lahko pomemben vpliv na delovanje črpalke zaradi prisotnosti močnih nestacionarnih vrtincev, lahko sesajo zrak z vodne površine. Izgradnja modela vtočnega bazena in eksperimentalno testiranje je drago, zato se pričakuje, da bodo v prihodnosti numerične simulacije pomagale pri eksperimentalnem testiranju, ali pa ga celo zamenjale. Za simulacijo so bile ocenjene simulacije z različnimi turbulentnimi modeli, kot tudi laminarna in Eulerjeva simulacija.
		ANG	A pump intake can have an important impact on a pump operation due to production of strong unsteady vortices which may cause air intake problems. Constructing a pump sump model and experimental testing is expensive, therefore numerical simulations are expected to help or even replace the experimental testing in the future. For a small chamber vortex simulation, various turbulence model simulations as well as laminar and Euler simulations were evaluated. The results indicate that the SAS-CC turbulence model might be a good choice for a simulation of a pump intake.
		25th IAHR Symposium on Hydraulic Machinery and Systems, 20-24	

	Objavljeno v	September 2010 'Politehnica' University of Timișoara, Timișoara, Romania, (IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Vol. 12, iss. 1, 2010). Bristol: IOP Science, 2010, 012034-1-012034-9, doi: 10.1088/1755-1315/12/1/012034.
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
	COBISS.SI-ID	14620950
3.	Naslov	SLO Napoved izkoristka Peltonove turbine z numerično analizo toka ANG Numerical prediction of Pelton turbine efficiency
	Opis	SLO V članku je predstavljena numerična analiza toka v dvošobni Peltonovi turbini z vodoravno osjo. Numerične rezultate smo primerjali z rezultati meritev modela. Uporabili smo turbulentni model k-omega SST. Proste površine smo modelirali z dvofaznim homogenim modelom. Iz porazdelitve tlaka po lopaticah gonilnika smo izračunali navor na gred turbine. Časovno povprečene vrednosti navora so manjše od izmerjenih, zato je tudi izračunani izkoristek turbine manjši od izmerjenih vrednosti, razlika je okoli 4%. Oblika diagrama izkoristka pa se dobro ujema z meritvami. ANG This paper presents a numerical analysis of flow in a 2 jet Pelton turbine with horizontal axis. The results were compared to the results of a test of the model. A k- ω SST turbulent model was used. Free surface flow was modelled by two-phase homogeneous model. Torque on the shaft was then calculated from pressure distribution data. Averaged torque values are smaller than measured ones. Consequently, calculated turbine efficiency is also smaller than the measured values, the difference is about 4 %. The shape of the efficiency diagram conforms well to the measurements.
	Objavljeno v	Proceedings of the 25th IAHR Symposium on Hydraulic Machinery and Systems, 20-24 September 2010, Timișoara, Romania, (IOP Conference Series, vol. 12, 2010). London: Institute of Physics, 2010, 2010, vol. 12, str. 012080-1-012080-8.
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
	COBISS.SI-ID	24543271
4.	Naslov	SLO Numerična napoved izkoristka, kavitacije in nestacionarnih pojavov v vodnih turbinah. ANG Numerical prediction of efficiency, cavitation and unsteady phenomena in waterturbines.
	Opis	SLO V članku je predstavljena numerična analiza toka v vseh tipih vodnih turbin. Predstavljena je podrobna analiza toka v celotni aksialni in radialni turbini. Na osnovi numeričnih rezultatov smo napovedali izkoristek in kavitacijo. Numerične rezultate smo primerjali z rezultati meritev modela na merilni postaji v Turboinštitutu. V članku je predstavljena tudi numerična analiza toka v dvošobni Peltonovi turbini. Izračunan izkoristek smo primerjali z izmerjenim. ANG The paper presents numerical analysis of the flow in all types of water turbines. A detailed analysis of complete radial and axial turbine is presented. On the basis of numerical results efficiency and cavitation are predicted and compared to the measured results obtained on test rigs in Turboinstitut. The paper presents also numerical analysis of the flow in a two jet Pelton turbine. The predicted efficiency is compared to the measured values.
	Objavljeno v	9th Biennial ASME Engineering Systems Design and Analysis Conference, July 7-9, 2008, Haifa, Israel. Proceedings. New York: The American Society of Mechanical Engineers, 2008, 10 str.
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
	COBISS.SI-ID	14940761
5.	Naslov	SLO Simulacija površinskega vrtinca za izbrane temperature vode ANG Surface vortex simulation at selected water temperatures
	Opis	SLO Sistem obtočne hladilne vode in sistem oskrbovalne vode v raznih elektrarnah uporabljata vertikalne črpalke. V trenutni študiji potrjujemo, da je SAS turbulentni model s korekcijo krivine primeren za napovedovanje takšnih tekočinskih tokov. Z uporabo metodologije za določanje dolžine zračnega jedra površinskega vrtinca smo rezultate SAS-CC turbulentnega modela primerjali z eksperimentalnimi podatki pri dveh temperaturnih nivojih. Rezultati prikazujejo boljše ujemanje kot laminarna

		simulacija v smislu boljšega ujemanja časovno povprečenih srednjih vrednosti in manjšega raztrosa.
	ANG	Circulating water systems and safety water systems in various power plants use vertical pumps. In the current paper we confirm that Scale Adaptive Simulation (SAS) turbulence model with the curvature correction (CC) factor applied is well suited for such flows. By using a methodology for determining the vortex air core length, the SAS-CC turbulence model results were compared to the experimental data for two selected temperatures. The results show better agreement than the laminar simulations in terms of higher mean value accuracy and lower scattering.
Objavljeno v	Proceedings of the ASME/JSME 2011 8th Thermal Engineering Joint Conference, AJTEC2011, March 13-17, 2011, Honolulu, Hawaii, USA	
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
COBISS.SI-ID	14878742	

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine⁶

Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat		
1.	Naslov	SLO Napoved vrtnične cevi v sesalni cevi z numerično analizo toka
		ANG Numerical Prediction of the Vortex Rope in the Draft Tube
Opis	SLO	V članku je predstavljena napoved pojava vrtnične cevi v sesalni cevi Francisove turbine na osnovi numeričnega izračuna toka. Glavni namen raziskave je bil z numeričnim izračunom napovedati amplitude in frekvence pulzacij tlaka za različna odprtja vodilnika in primerjava numeričnih rezultatov z eksperimentalnimi. Uporabili smo tri turbulentne modele: SAS-SST, ω -RSM and LES. Preverili smo tudi vpliv območja računanja, gostote mreže in časovnega koraka na rezultate. Najprej je bil numerični izračun narejen brez kavitacije, nato pa smo tok v eni obratovalni točki izračunali tudi s kavitacijo.
	ANG	Paper presents a prediction of vortex rope in a draft tube obtained by numerical flow analysis. The main goal of the research was to numerically predict pressure pulsation amplitude versus different guide vanes openings and to compare the results with experimental ones. Three turbulent models (SAS-SST, -RSM and LES) were used. Also the effect of different domain configurations, grid density and size of time step on results was examined. At first analysis was done without cavitation, later at one operating point the cavitation model was included.
Šifra		B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci
Objavljeno v		3rd IAHR International Meeting of the Workgroup on Cavitation and Dynamic Problems in Hydraulic Machinery and Systems, Brno, October 14-16, 2009. Brno: University of Technology, 2009, str. 75-85
Tipologija		1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
COBISS.SI-ID		24543527
2.	Naslov	SLO Numerična analiza nestacionarnih pojavov v hidravličnih strojih
		ANG Numerical Analysis of unsteady phenomena in hydraulic machines
Opis	SLO	Najpomembnejši rezultati raziskovanja so v dejstvu, da lahko sedaj opravimo večino analiz nestacionarnih pojavov z uporabo računalniške dinamike tekočin, kar pomeni, da se zmanjšuje število modelnih preizkusov. Večino karakteristik hidravličnih strojev se lahko napove predno je fizično izdelan model ali dejanski prototip. S tem se skrajša čas razvoja novega izdelka, dosežejo se boljše karakteristike in privarčuje se pri energiji. S stališča ekologije so rezultati pomembni iz dveh vidikov, zaradi bolj učinkovitega izkoriščanja obnovljivih virov energije in varčevanja energije v fazi razvoja.
	ANG	The most important result of the research work is to make unsteady numerical analysis using CFD and reduce the number of model tests. The most characteristics of the turbines can be predicted before the real model is produced. This is the main reason how the development time is reduced and obtained better characteristics. Also from environmental point of view the results are important, because of more efficient usage of renewable energy sources.
Šifra		F.10 Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije

	Objavljeno v	Interno poročilo - Turboinštitut	
	Tipologija	3.25 Druga izvedena dela	
	COBISS.SI-ID	0	
3.	Naslov	SLO	Član izvršilnega odbora IAHR - sekcija Hydraulic Machinery and Systems
		ANG	Member of the executive committee of IAHR - Hydraulic Machinery and Systems
	Opis	SLO	dr. Andrej Lipej je član mednarodne organizacije IAHR – International Association For Hydro-Environmental Engineering and Research, sekcije - Hydraulic Machinery and Systems in od leta 2008 tudi član izvršilnega odbora zgoraj omenjene organizacije
		ANG	Andrej Lipej is the member of executive committee of IAHR International Association For Hydro-Environmental Engineering and Research - Hydraulic Machinery and Systems since 2008.
	Šifra	D.03	Članstvo v tujih/mednarodnih odborih/komitejih
	Objavljeno v	IAHR	
	Tipologija	3.25	Druga izvedena dela
	COBISS.SI-ID	0	
	4.	Naslov	SLO
ANG			
Opis		SLO	
		ANG	
Šifra			
Objavljeno v			
Tipologija			
COBISS.SI-ID			
5.	Naslov	SLO	
		ANG	
	Opis	SLO	
		ANG	
	Šifra		
	Objavljeno v		
	Tipologija		
	COBISS.SI-ID		

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁸

Pridobljeno znanje in izkušnje pri raziskavah na predstavljenem projektu je raziskovalna skupina uspešno uporabila pri konkretnih industrijskih projektih razvoja radialnih vodnih turbin. Pri različnih obratovalnih režimih imamo lahko različno intenziteto in količino nestacionarnih pojavov, ki jih je potrebno numerično analizirati. To so pojavi pulzacij tlaka in posledično vibracij, ki vplivajo na kakovost obratovanja stroja in na življensko dobo, prav tako pa tudi na energetske karakteristike. Svetovno konkurenčen stroj mora obratovati brez škodljivih vibracij in vedno z visokim izkoristkom. Pri razvoju lahko omenjeno dosežemo, če znamo z uporabo numeričnih metod natančno napovedati vse možne nestacionarne pojave in jih v čim večji meri odpraviti ali vsaj zmanjšati na minimum. Rezultati projekta nam omogočajo, da je veliko naštetih pojavov mogoče ob uporabi primerne programske in strojne opreme dovolj natančno napovedati.

Končni rezultati projektne skupine omogočajo izvedbo bistveno bolj zahtevnih numeričnih simulacij večfaznih nestacionarnih tokov v hidravličnih strojih, kot je bilo to pred začetkom raziskovalnega projekta.

Z uporabo novih znanj, pridobljenih na projektu, je bilo že opravljenih nekaj zahtevnih raziskav na področju nestacionarnih pojavov v hidroenergetskih sistemih za tuje naročnike iz Rusije, Češke in Tajvana.

Prav tako pomemben rezultat raziskovalnega dela na projektu je pridobljeno znanje na področju uporabe superračunalniških kapacitet, v smislu optimalne uporabe velikega števila procesorjev za posamezne analize, kar nam omogoča razmeroma kratke računske čase, kar je pri idustrijskih razvojno raziskovalnih projektih bistvenega pomena.

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁹

9.1. Pomen za razvoj znanosti¹⁰

SLO

Raziskave na področju numerične analize nestacionarnih pojavov zahtevajo študijo zelo različnih prostorskih in časovnih velikostnih redov. To pomeni, da moramo imeti zelo goste računske mreže in zelo majhne časovne korake. Vse to vodi do zelo dolgih računskih časov. Ob uporabi večprocesorskih superračunalnikov je možno računske čase skrajšati, vendar v določenih primerih posamezen izračun potrebuje tudi več tednov ali celo mesecev za doseg dobrega rezultata. V industriji je čas razvoja bistvenega pomena, zato je potrebno razviti učinkovite metode, ki nam skrajšajo celoten numerični postopek. Za doseg omenjenih ciljev je bilo potrebno raziskati tudi optimiranje paralelnega računanja na velikem številu procesorjev, kar nam superračunalnik z 2048 procesorji instaliran v Turboinštitutu omogoča.

Za razvoj znanosti je zelo pomembna tudi študija različnih turbulentnih modelov pri numerični simulaciji nestacionarnih pojavov, še posebej v črpalnem režimu, kjer zaradi difuzorskega efekta nastane zelo veliko vrtincev, odleplanj toka in povratnih tokov. Analizirali smo rezultate dobljene z različnimi dvoenačbenimi modeli z uporabo stenskih funkcij in tudi tako imenovane low Reynolds modele. Pri določenih primerih smo uporabili tudi Large Eddy Symualtion (LES) turbulentni model, ki se je izkazal za zelo natančnega, vendar je trenutno še preveč časovno zahteven za vsakdanje delo na industrijskih projektih.

Nazadnje smo podrobno analizirali nestacionarne pojave z uporabo SAS-SST (Scale Adaptive Simulation - Shear Stress Model), kjer je bilo ugotovljeno, da turbulentni model ni tako časovno zahteven, kot recimo LES model, rezultati pa se dobro ujemajo z rezultati modelnih meritev. Prav tako je bila opravljena podrobna analiza računskih modelov brez in z upoštevanjem kavitacije, kjer v določenih področjih tlak pade do vrednosti parnega tlaka in se začne voda parjati. Ker je za pojav kavitacije potrebno analizirati dvofazne nestacionarne tokove, to prav tako vpliva na podaljšanje računskih časov.

ANG

Research work in the area of numerical analysis of non-stationary phenomena require very different spatial and temporal orders of magnitude. This means that we have a very fine computational grids and very small time steps. All this leads to very long computational times. Using multiprocessor supercomputers, computational times can be reduced, but in some cases, a single calculation requires several weeks or even months to achieve a good result. For the industry, time of development is crucial. It is necessary to develop effective methods to reduce the overall numerical procedure. To achieve these goals the optimization of parallel computation on a large number of processors has been investigated, allowing us to using the supercomputer with 2048 processors installed in Turboinstitute.

For the development of the science is a very important study of different turbulence models for numerical simulation of non-stationary phenomena, especially in the pumping regime, where the effect occurs difuzorskega very much turbulence, flow and return odleplanj flows. We analyzed the results obtained with different dvoenačbenimi models using wall functions and the so-called low Reynolds models. In certain cases Large Eddy Symualtion (LES) turbulence model has been used, which has proved to be very accurate, but is currently too time consuming for routine work on industrial projects.

In the last part of the project unsteady phenomena using SAS-SST (Scale Adaptive Simulation - Shear Stress Model) was analysed and we found out that the turbulence model is not so time consuming like LES model, but enable very good results in comparison with model test. Also the detailed analysis using cavitation model was performed, where the local pressure is near vapour pressure. Because the cavitation is in fact two phase flow and usually ansteady, the CPU time for such cases is also very long.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹¹

SLO

V industriji se v fazi razvoja novih proizvodov vedno več uporabljajo numerične metode in modeliranje različnih procesov z uporabo računalnikov. S tem se zmanjšuje obseg dragih, zamudnih in energetsko potratnih meritev z uvedbo različnih numeričnih modeliranj. Na nekaterih področjih je možno definirati karakteristike novega izdelka še predno je katerikoli del novega proizvoda fizično izdelan.

Pomemben družbeni segment, ki pri razvoju novih proizvodov uporablja predstavljene metode je energetika, še posebej obnovljivi viri energije - hidroenergija. V naslednjih desetletjih bo v omenjeno področje vloženo več sto milijard evrov kapitala in ob upoštevanju

dosedanje tradicije, lahko slovenska industrija uspešno sodeluje pri teh projektih. Uspeh je odvisen od kvalitete proizvoda, ki ga razvijamo. Z uporabo najsodobnejše programske opreme, ki jo razvijamo in testiramo v okviru raziskovalnega programa in sodobne strojne opreme, lahko rezultati raziskav pomagajo slovenski industriji, da konkurenčno nastopa na svetovnem trgu. Turboinštitut d.d. razpolaga z najzmogljivejšim računalniškim sistemom v Sloveniji in regiji (JV Evropa). Superračunalnik je sestavljen z IBM BladeCenter H gradniki. Vsako BladeCenter ohišje vsebuje 14 strežniških rezin, LAN in InfiniBand stikala. Strežniška rezina je opremljena s po dvema štiri jedrnima Intel Xeon procesorjema L5520 2.26GHz 8MB L2 1066MHz/60W ter 16GB PC2-5300 CL5 ECC DDR2 RAMa. Rezultati raziskav projektne skupine so pomembni za nadaljnji razvoj znanja na področju razvoja in proizvodnje hidravličnih strojev, kot konkurenčnega proizvoda, ki ga slovenska industrija lahko enakovredno s celotno svetovno konkurenco trži v svetovnem merilu. Hidravlični stroji so eden izmed redkih proizvodov, kjer slovenska industrija popolnoma obvladuje tehnologijo in le malo držav je na svetu, ki lahko konkurirajo Sloveniji na področju hidravličnih strojev. To za prihodnost pomeni tudi možnost povečevanje števila novih delovnih mest.

ANG

In industry a lot of numerical analysis and computer modelling are used in the development process. Virtual prototyping can reduce expensive, time consuming and energetic wasteful experimental methods. In some areas the complete characteristics can be predicted before any part of the product is produced.

Important area where CFD is used in the development process is energetic, especially renewable energy sources. In the following decades in this area will be invested several hundred billions of EUR and Slovene industry can participate in some percentage of this business. The success depends on the quality of the new developed products. Using up to date hardware and software our industry can be competitive in the global market. It means also opportunity to increase employment.

Turboinštitut d.d. has the most powerful supercomputer in Slovenia and in the region (SE Europe). Cluster building block is IBM BladeCenter H. Each BladeCenter contains fourteen server blades, LAN and InfiniBand switches. Each blade is equipped with two quad-core Intel Xeon processors L5520 2.26GHz 8MB L2 1066MHz/60W and 16GB PC2-5300 CL5 ECC DDR2 RAM.

The results of the project group are important for the further development of the knowledge in the area of development and production of hydraulic machines. Slovenian industry can offer hydraulic machines world-wide and with this product can compete with the companies around the world. This is one of the area where Slovene industry can offer high level final product and just a few countries in the world have such technology on the same level. This means also opportunity to increase employment in this industry.

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	L2-0388
Naslov projekta	Razvoj elektronske merilne platforme PowerQ4
Vodja projekta	3014 Jože Flašker
Tip projekta	L Aplikativni projekt
Obseg raziskovalnih ur	4.650
Cenovni razred	C
Trajanje projekta	02.2008 - 01.2011
Nosilna raziskovalna organizacija	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	106 Institut "Jožef Stefan" 755 Metrel, merilna in regulacijska oprema d.d. 782 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo
Družbeno-ekonomski cilj	

1.1. Družbeno-ekonomski cilj¹

Šifra	05.
Naziv	Energija

2. Sofinancerji²

1.	Naziv	Metrel, merilna in regulacijska oprema d.d.
	Naslov	Ljubljanska 77, 1354 Horjul
2.	Naziv	
	Naslov	
3.	Naziv	
	Naslov	

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega projekta³

Izvedena dela v okviru tretje faze:

- izveden je bil prototip programskega dela grafičnega vmesnika merilne naprave Power Q4 z arhitekturno matrico vmesniške platforme,
- izveden je bil funkcionalni preizkus vmesniške platforme z ekransko grafiko in njenimi aplikacijami,
- izvedena je bila vsa tehnična dokumentacija za grafični vmesnik,
- izvedene so bile oblikovno-konstrukcijske rešitve vseh eksternih priključkov instrumenta: daljinski komander z vsemi variacijskimi priključki in nastavki za različne standarde vtičnic in visokonapetostna kontaktne pištola.
- za vsak od navedenih priključkov je bil izdelan funkcionalni prototip, najprej s cenejšo nanašalno metodo 3D printanja/ekstrudiranja ABS platike, nato pa še z SLS metodo laserskega sintranja plastičnih ohišij,
- po vseh funkcionalnih preizkusih so bile izvedene določene konstrukcijske spremembe in izboljšave tako osnovnega ohišja naprave Power Q4 kakor njenih aplikacijskih priključkov, bodisi kot posledica potrebe po orodni izvedljivosti ali kot posledica ergonomskih izboljšav naprave in njenih priključkov.
- izvedene so bile vse korekture tehnične dokumentacije, tako osnovnega modela merilne naprave Power Q4, kakor za vse pripadajoče variacijske priključke in nastavke,
- vsi 3D modeli naprav in priključkov so bili za potrebe uporabnika predelani na standarde njihove programske opreme,
- ponovno so bili izdelani končni funkcionalni prototipi za Power Q4 in vse pripadajoče eksterne priključke,
- pri razvojnem delu so bile uporabljene najsodobnejše tehnologije 3D digitalizacije, tehnologije slojevite izdelave prototipov in nanašalne tehnologije, ki pa so bile poleg projekta za Metrel s pridom uporabljene tudi na drugih področjih za potrebe kraniofacialne kirurgije, za analize prototipov športnih oblačil s postopkom simulacije na 3D virtualnem modelu, v digitalnem restavratorstvu itd.,
- za jedrno konstrukcijo in konstrukcijo visokonapetostne kontaktne pištole sta bila uspešno izvedena preizkusa patentabilnosti, vendar sofinancer ni bil zainteresiran za nadaljnjo izpeljavo postopka patentiranja iz več razlogov: najprej zaradi stroškov, nadalje pa tudi zaradi časovne neprimernosti, kajti za izpeljavo od prototipov do orodij in same proizvodnje naprav pa vse do vstopa na trg, deloma tudi zaradi splošne krize na trgu, bo potreben še določen čas, najmanj par let. Patentiranje pa ima smisel le tik preden stopiš na trg, sicer se njegov potencial v času priprav lahko povsem izgubi in z njim tudi finančni vložek.

4. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev⁴

Vsi planirani raziskovalno aplikativni cilji za tretje leto so bili v okviru načrta ARRS projekta doseženi. Opravljena tretja faza projekta je bila tudi s strani sofinancerja - Metrela, sprejeta s popolnim zadovoljstvom glede zahtev in pričakovanj. Metodologija razvojnega modela **od znotraj navzven**, se je izkazala za zanesljivo in kvalitetno pot pri celovitem razvoju kompleksnega sklopa izjemno zahtevnih izdelkov, ki morajo odgovarjati vsem najzahtevnejšim mednarodnim standardom. Metrel je namreč s svojim obsežnim tehničnim zahtevnikom v naprej definiral vse cilje, postavil obseg omejitev, pogojev in predpisov, ki pa smo jih z metodo **od znotraj navzven** več kot zadovoljivo rešili in v nekaterih segmentih celo presegli. Poglavitni del razvojne zgodbe se skriva že v inovativni rešitvi samega jedra naprave: s prestrukturiranjem, trirazsežno optimizacijo postavitve in večkratno trirazsežno iteracijo prav vseh sestavnih delov, elektronskih komponent in vseh medsebojnih povezav, kar popolnoma **nepričakovano** preseglo vsa zapisana pričakovanja Metrela, saj so se gabariti jedra in s tem celotne naprave, zmanjšali za več kot tretjino, kar predstavlja določene prihranke nasproti načrtovanim gabaritom, ki se bodo izkazali in finančno ovrednotili pri izvedbi orodij za izdelavo segmentov in ohišja naprave. Pri teh postopkih smo uporabili najsodobnejše tehnologije 3D digitalizacije, tehnologije slojevite izdelave in nanašalne izdelave prototipov, ki pa so bile poleg projekta za Metrel s pridom uporabljene tudi na drugih področjih vzvratnega inženirstva, medicine, tekstilstva, restavratorstva itd.

Z inovativno rešitvijo nosilne plošče jedra naprave je bil dosežen tudi popolnoma nov princip sestavljanja in testiranja naprave, saj ta omogoča popolno funkcionalno kompletiranje in testiranje delovanja naprave še preden je umeščena v samo ohišje. To

pomeni enostavnejšo in boljše dostopnost do vseh komponent že pri samem sestavljanju v montaži, proizvodnji, testiranju. Pri samem servisiranju pa omogoča enostaven in hiter dostop v primeru poškodbe ali okvare preprosto zamenjavo celotnega jedra ali posameznih sklopov. Dosledno izpeljan model razvoja **od znotraj navzven** je praktično zadostil vsem izhodiščno zastavljenim parametrom razvoja elektronske merilne naprave z vsemi njenimi priključki in sestavnimi deli! S temi rezultati smo zadostili vsem najstrožjim mednarodnim predpisom in najzahtevnejšim standardom, ki umeščajo elektronsko merilno napravo Power Q4 na najzahtevnejši svetovni trg. K temu cilju je nedvomno prispeval pričujoči projekt ARRS, ki je s tem tudi popolnoma opravičil svojo vlogo, poslanstvo in namen!

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine⁵

Ni bilo odstopanj od planiranega programa izvedbe.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁶

Znanstveni rezultat		
1.	Naslov	<i>SLO</i> jedkanje v grafit-volframovem kompozitu s kisikovo plazmo
		<i>ANG</i> Etching of carbon-tungsten composite with oxygen plasma
Opis	<i>SLO</i>	Merili smo hitrost jedkanja ogljika v kompozitu grafit-volfram med čiščenjem s kisikovo plazmo. Kompozitno plast smo naredili z hkratnim naprševanjem iz grafitne in WC tarče v Ar atmosferi. Vzorce smo izpostavili šibko ionizirani plazm, ki smo jo pripravili z mikrovalovno razelektrivijo. Med obdelavo je bila temperatura vzorcev okrog 580 °C. Po plazemski obdelavo smo vzorce analizirali z AES, XPS, SEM in AFM. Ugotovili smo, da je med plazemsko obdelavo prišlo do preferenčnega jedkanja ogljika.
	<i>ANG</i>	The removal rate of carbon from amorphous graphite-tungsten composite during cleaning in oxygen plasma was studied. The composite was prepared by sputter deposition from C and WC-targets in Ar atmosphere. The samples were treated in a weakly ionized highly dissociated oxygen plasma created in a microwave discharge. The temperature of the samples during treatment was about 580 °C. After plasma treatment the samples were analyzed by AES depth profiling, XPS, SEM and AFM. It was found that during the plasma treatment preferential etching of the carbon occurred.
	Objavljeno v	Surf. coat. technol., vol. 204, no. 9/10, str. 1503-1508, 2010. [COBISS.SI-ID 23158567]
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID	23158567
2.	Naslov	<i>SLO</i> Sestava in struktura sprememb WTi/Si sistema s kratkimi laserskimi impulzi
		<i>ANG</i> Composition and structure modification of a WTi/Si system by short laser pulses
Opis	<i>SLO</i>	Pikosekundni (40ps) pulzni Nd:YAG laser smo uporabili za obsevanje WTi tanke plasti nanesene na silicejevo podlago. Valovna dožina svetlobe je bila 532 nm, gostota toka 2.1 J/cm ² . Pri tem so se zgodile znatne spremembe v kemijski sestavi in morfologiji površine WTi plasti. Hrapavost površine, na kateri je nastala tanka oksidna plas na osnovi WO ₃ in TiO ₂ , se je povečala. Debelina oksidne plasti je odvisna od števila pulzov.
	<i>ANG</i>	Picosecond (40 ps) pulsed Nd:YAG laser irradiation of a WTi thin film on silicon with a wavelength of 532 nm and a fluence 2.1 J/cm ² was performed in air. This led to significant changes of the chemical composition and morphology on the surface of the WTi thin film. The results show an increase in surface roughness, due to formation of conical structures, about 50 nm wide in the base, and a very thin oxide layer composed of WO ₃ and TiO ₂ . The thickness of the oxide layer was dependent on the number of laser pulses.
	Objavljeno v	Appl. phys., A, Mater. sci. process. (Print), 2010, vol. 98, no. 4, str. 843-847. [COBISS.SI-ID 23406375]

	Tipologija	1.01	Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID	23406375	
3.	Naslov	SLO	Zaščita orodij za stiskanje kovinskih prahov s "črno" prevleko
		ANG	protection of metal compaction tools with "black" coatings
	Opis	SLO	Za zaščito orodij za stiskanje kovinskih prahov smo uporabili a-CN/TiAlN prevlek, ki se odlično obnesla v proizvodnji. Takšna hibridna prevleka združuje prednosti zelo trde in termično stabilne TiAlN plasti in dobre drsne in mazalne lastnosti prevleke na osnovi ogljika. Obe prevleki smo pripravili z naprševanjem v napravi CC800/9 sinOx ML.
		ANG	For protection of metal compaction tools we used the a-CN/TiAlN coating which proved successful results. Such hybrid coating combines the advantages of a very hard, thermally stable TiAlN with the sliding and lubricating properties of top carbon based coating. Depositions of both layers were performed by sputter deposition in CC800/9 sinOx ML system.
	Objavljeno v	32. posvetovanje Orodjarstvo in strojogradnja 2010, Ljubljana, str. 81-85. [COBISS.SI-ID 24027175]	
	Tipologija	1.08	Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
COBISS.SI-ID	24027175		
4.	Naslov	SLO	Plazemsko inženirstvo površin v industrijski proizvodnji
		ANG	the plasma surface engineering in industrial production
	Opis	SLO	Plazemsko inženirstvo površin je ena ključnih tehnologij za oplemenitenje površine orodij in strojnih delov. Na površino orodnega materiala nanese nekaj mikrometrov debelo plast zelo trdega keramičnega materiala. Z orodji, ki so zaščiteni z naprednimi nanostrukturnimi trdimi prevlekami, lahko obdelujemo kaljena jekla, različne kompozite ter nikljeve in titanove zlitine, ki se sicer zelo težko obdelujejo. Plazemski postopki se uporabljajo tudi za nanos prevlek trdih maziv na sestavne dele motorjev z notranjim izgorevanjem, na trde diske in v medicini.
		ANG	One of the key technologies for enhancement of tool surface properties is the plasma surface engineering. A thin film with a thickness of only a few micrometers consisting of a very hard ceramic material is deposited on the tool surface. Using tools protected by advanced nanostructured hard coatings, hard tool steels can be machined as well as various composites, nickel and titanium alloys, which are very difficult to machine. Plasma techniques are also applied for protection of hard lubricant coatings on components of the internal combustion engines, on hard discs and in medicine.
	Objavljeno v	Industrijski forum IRT, Portorož, 7.-8. junij 2010. Vir znanja in izkušenj za stroko : zbornik foruma. Škofljica: Profidtp, 2010, str. 165-169. [COBISS.SI-ID 23706919]	
	Tipologija	1.08	Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
COBISS.SI-ID	23706919		
5.	Naslov	SLO	Internacionalizacija R&R v dveh visokotehnoloških skupinah in sodelovanje R&R enot v teh skupinah
		ANG	Internationalization of R&D in two high-tech clusters and cooperation of R&D units in those clusters
	Opis	SLO	V članku sta soočeni dve paradigmi internacionalizacije R&R (tradicionalna in nova), določeni so glavni motivi, ki poganjajo internacionalizacijo R&R TNP. Na podlagi sodobne inovacijske teorije je izpeljan koncept grozda kot specifične metode analiziranja sodobne internacionalizacije R&R. Nato je predstavljena analiza dveh visoko-tehnoloških grozdov (Cambridge, Bangalore) - pokaže se, da nekatera TNP locirajo svoje tuje R&R enote v te grozde zato, da bi izkoristila razpoložljivo zunanje znanje iz akademskih ustanov preko intenzivnih R&R kolaboracij.
		ANG	We confront two paradigms of R&D internationalization (traditional and new one) and we determine what are the main motives that drive R&D internationalization of TNCs. Based on a modern innovation theory, we derive a cluster approach as a specific method of analyzing modern R&D internationalization. We then present an analysis of two high-tech clusters (Cambridge, Bangalore) and we show that some TNCs allocate their foreign R&D units into those clusters, in order to make use of available external knowledge from academic institutions through intensive R&D collaborations.

Objavljeno v	J. ind. eng. manag., 2010, vol. 3, is. 2, str. 294-308.
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID	3739607

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine⁶

Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat		
1.	Naslov	<i>SLO</i> DLP - postopek strjevanja z UV-osvetljevanjem
		<i>ANG</i> DLP - coagulation process with UV illumination
Opis	<i>SLO</i>	Razvoj izdelka si je danes težko zamisliti brez virtualnih tehnik (virtualni prototipi in modeliranje), vendar še tako dobra programska oprema in izdelan virtualni model ne more nadomestiti realnega, funkcionalno razumljivega izdelka. Zatorej potrebujemo vzporedno, z različnimi prioritetai, tako virtualni kot fizični model, narejen na osnovi različnih tehnik izdelave prototipov. Predstavljena je naprava ZBuilder Ultra, ki je namenjena za potrebe raziskovalnega in pedagoškega dela, z njo je možno izdelati natančne in trpežne prototipe in končne izdelke iz različnih polimerov.
	<i>ANG</i>	It is difficult nowadays to imagine a development of the new product without using virtual technics (virtual model and modelling) , however even the best equipment and virtual model cannot replace the real, functional product. Therefore we need beside the virtual model also a physical model, built up on basis of different prototyping technics. In the year of 2010 they launched ZBuilder Ultra machine. The results are strong and smooth parts. Process enables plastic models manufacturing faster and with much lower production costs, and therefore the process supplements conventional
Šifra		B.06 Drugo
Objavljeno v		IRT 3000, dec. 2010, letn. 5, št. 30, str. 130-131, ilustr. [COBISS.SI-ID3844055]
Tipologija		1.04 Strokovni članek
COBISS.SI-ID		3844055
2.	Naslov	<i>SLO</i> Tehnologije selektivnega laserskega sintranja kompozitnih materialov
		<i>ANG</i> Selective laser sintering technology of composite materials
Opis	<i>SLO</i>	Z leti je na trg prišlo že toliko različnih strojev, ki uporabljajo tehnologij nalaganja slojev, da imaš kot kupec veliko izbiri odločiti se, s katero tehnologijo bi se dalo izdelke najbolj optimalno narediti. Pri tem imamo v mislih, kako hitro, cenovno najbolj ugodno ter najbolj kvalitetno. Velik napredek v zadnjih letih se je pokazal na področju razvoja novih materialov. V raziskavi smo uporabili kompozitni material, ki je v fazi testiranja in ki je pomemben s stališča kupca, od trdnosti do trdote, pa tudi raziskavo skrčkov izdelka.
	<i>ANG</i>	During the last years, a lot of different machines for additive technologies processes have emerged on the market; there has been a great progress in development of new materials. For each type of additive technologies it is now possible to use more different materials which lead to the fact that machines for this type of technology are becoming more and more universal. In our research, we used a composite material, which are important for a customer, from the strength of a material to its hardness. It is also necessary to determine a right shrinkage of the material.
Šifra		B.06 Drugo
Objavljeno v		KRZNAR, Matic, DOLINŠEK, Slavko. V: KOPAČ, Janez (ur.), ČUŠ, Franc (ur.). 32. posvetovanje Orodjarstvo in strojogradnja 2010, Ljubljana, 6.-7. oktober 2010. Sistemi na ključ - priložnosti dodane vrednosti : zbornik posvetovanja. Ljubljana: GZS, Združenje kovinske industrije, Odbor za orodjarstvo in strojogradnjo, 2010, str. 63-72,
Tipologija		1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
COBISS.SI-ID		11595803
3.	Naslov	<i>SLO</i> Razvoj nove obutve Alpina s pomočjo optičnih meritev stopal
		<i>ANG</i> Alpina's new footwear development through optical foot measurement

Opis	SLO	V članku so prikazane raziskave značilnih razlik med stopali odjemalcev Alpinine obutve, kaj najbolj vpliva na odločitev pri nakupu obutve ter kako so odjemalci pripravljani sprejeti nove načine prodajanja obutve (preko katalogov, s pomočjo optičnega merilnika ali preko interneta). Poleg tega je prikazan pristop razvoja kupcu prilagojene obutve v Alpini . Raziskava je pokazala, da med posameznimi stopali obstajajo značilne razlike, ter da so odjemalci pripravljani sprejeti tudi nove načine prodaje obutve, vendar le pod pogojem, da so ti pravilno predstavljeni.
	ANG	In the paper, we first present some basic foot measurement procedures. We then highlight some advantages and disadvantages of optical foot measuring instruments. We then present results of foot measurements that were carried out on Slovenian footwear customers by the Slovenian footwear manufacturer Alpina. There upon, we present Alpina's development of the first generation of new customer adjusted footwear (from the process of collecting information to the process of footwear production).
Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci	
Objavljeno v	DOLINŠEK, Slavko, NOVAK, Boštjan, ŠTRUKELJ, Peter. V: EKINOVIĆ, Sabahudin (ur.), UCTUG, Y. (ur.), VIVANCOS CALVET, Joan (ur.). 14th International Research/Expert Conference Trends in the Development of Machinery and Associated Technology, TMT 2010, 11-18 September 2010, Mediterranean Cruise. Trends in the development of machinery and associated technology : proceedings, (TMT Proceedings). Zenica: Faculty of Mechanical Engineering	
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
COBISS.SI-ID	3765719	
4. Naslov	SLO	Razvoj prototipa tekmovalnega 3D kombinezona za smučarske skakalce
	ANG	Development of a competitive 3D ski-jumper suit prototype
Opis	SLO	S tehnologijo 3D digitalizacije je bil izveden model konkretnega smučarskega skakalca, ki je služil kot virtualni model za simulacijo pri razvoju tekmovalnega kombinezona za smučarske skakalce in s tem pri preizkušanju različnih oblikovnih rešitev ter njihov vpliv na aerodinamiko skakalca.
	ANG	The 3D digitizing technology has been implemented in 3D modeling specific ski jumper, who served as a virtual model to simulate the development of racing overalls for ski jumpers, and thus the testing of different design solutions and their impact on the aerodynamics of the jumper.
Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci	
Objavljeno v	RUDOLF, Andreja, JEVŠNIK, Simona, CUPAR, Andrej, POGAČAR, Vojko, STJEPANOVIĆ, Zoran. Development of a competitive 3D ski-jumper suit prototype. V: International Joint Conference on Environmental and Light Industry Technologies, Budapest, Hungary, 18-19th of November 2010. Budapest: Óbuda University, Sándor Rejtő Faculty of Light Industry and Environmental Engineering, 2010, str. 401-410, ilustr. [COBISS.SI-ID14597654]	
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
COBISS.SI-ID	14597654	
5. Naslov	SLO	Oblikovanje jedra in ohišja merilne naprave
	ANG	Core and casing design of measuring device
Opis	SLO	Za diplomsko delo oblikovanja jedra naprave, njene optimizacije in oblikovanja ohišja, kot ene izmed variantnih rešitev problema elektronske merilne platforme PowerQ4, je prejel diplomant Andrej Cupar Trimovo razvojno nagrado. Mentor: Vojmir Pogačar, udeležen v projektu ARS za Metrel.
	ANG	To study the creation of core facilities, its optimization and design of housing as one of the proposed solutions of the problem of electronic measurement platform PowerQ4, he received a graduate Andrew Cupar Trimo Development Award. Mentor: Vojmir Pogačar involved in the project ARS to meters.
Šifra	E.01 Domače nagrade	
	CUPAR, Andrej. diplomsko delo = Design of core and casing of measuring	

Objavljeno v	device : diploma paper. V: HORVAT, Petra (ur.), LAPAJNE, Maja (ur.), GABRIJEL, Meta (ur.). 8. Trimove raziskovalne nagrade : 2009. Trebnje: Trimu, 2009, str. 13. [COBISS.SI-ID 3346751]
Tipologija	2.11 Diplomsko delo
COBISS.SI-ID	3346751

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁸

Pri samem procesu projektiranja in oblikovanja platforme Power Q4 smo naredili več različnih variantnih rešitev funkcionalnih prototipov, ki smo jih izdelali s postopki slojevitih tehnologij, imenovanih 3D printanje in nanašalnih tehnologij z ekstruzijskim nanašanjem ABS plastike. V tej zvezi smo na Fakulteti za strojništvo v Mariboru, Laboratorij LIO in LIOS, nabavili napravo EOS Formiga 100S za 3D printanje PA plastike (polyamid) po SLS postopku, ki smo jo pridobili prav tako v okviru drugega ARRS projekta. Ob uporabi teh postopkov smo prišli do lastnih rešitev in idej za izdelavo dveh prototipov 3D printerjev, delujočih po dveh različnih principih. Eden je že v zaključni fazi izdelave na katerem so bili narejeni že prvi modeli oziroma prototipi ohišja iz ABS plastike. Naprava je v fazi preizkušanja in optimiranja določenih delov za doseganje še boljših rezultatov. Obetajoči rezultati bodo zagotovo vplivali tudi na nadaljnji razvoj fakultete in njenih laboratorijskih usmeritev ter k poglobljenemu razumevanju študentov, ki se ukvarjajo s to problematiko, s tem pa se bodo tudi ustvarile možnosti za razvoj in proizvodnjo 3D printerjev v našem ožjem in širšem Slovenskem prostoru.

Sodobne podporne tehnologije, ki smo jih vpletli v same postopke razvoja elektronske merilne platforme Power Q4 pa o poleg osnovnega cilja odprli še vrsto povsem novih področij aplikacije, ki si jih pred tem nismo obetali, tako smo najsodobnejše tehnologije 3D digitalizacije, tehnologije slojevite izdelave prototipov in nanašalne tehnologije uporabili tudi na drugih področjih za potrebe vzratnega inženirstva, kraniofacialne in ortodontske kirurgije, za analize prototipov športnih oblačil s postopkom simulacije na 3D virtualnem modelu, v digitalnem restavracijskem in še na vrsti drugih področij. Skratka kolateralna korist je morda celo večja od samega osnovnega cilja, ki je bil s tem ARRS projektom zastavljen!

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁹

9.1. Pomen za razvoj znanosti¹⁰

SLO

Gre za interakcijo med proizvodnimi organizacijami in raziskovalno-izobraževalnimi inštitucijami, kar utegne imeti dolgoročne posledice tako za gospodarstvo in blaginjo širše družbe in sicer v smiselni eksploataciji potencialov, ki jih generira, raziskuje, preizkuša znanstveno raziskovanje. Na drugi strani pa ima znanstveno raziskovalna sredina s tem možnost implementirati svoje izsledke v aplikativno prakso, poleg dodatnega pomena pragmatičnega izobraževanja mladih kadrov ob konkretnih aplikacijah, ki jih lahko potem v nadaljevanju kariere implementirajo v gospodarstvu.

ANG

Interaction among researching institutions and production industry has a positive consequences from economic point of view as well as for our society in general. Different institutions of University may improve the potentials they generate, explore and examine in there activity.
On the other hand, the implementation of the research results in to the production has a pragmatic meaning for the students: they are faced with real applications, which could be directly applied in economics use. And that cooperation among the Faculties and companies is an example of positive practice in use.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹¹

SLO

Merilni instrument Power Q4 za merjenje kakovosti električne energije in ki meri v skladu s predpisanimi IEC normami, je naprava, ki omogoča smotrno ravnanje z energijo in popolni nadzor vseh elementov kvalitete in kvantitete. Omogoča pa:
A. optimizacijo dobave električne energije v skladu s potrebami porabnika in distributerjev,
B. iskanje napak na omrežju,
C. statistiko meritev kakovosti električne energije, ta pa omogoča medsebojno primerjanje različnih distributerjev in proizvajalcev električne energije.

D. Metrel vse instrumente izdeluje v Sloveniji (Horjul) in s tem zagotavlja delovna mesta prebivalstvu v Sloveniji.

ANG

Measuring instrument for electrical quality control are defined with international IEC norms and standards, what mean the source for reasonable handling with energy in our environment.

It supports:

- optimisation of electric energy in the frame of users and distributors,
- for searching defects in the net,
- statistics of electrical energy quality measurement, what make possible intercellular comparison among the distributors and electrical energy producers,
- all instruments will be produced in Metrel in Slovenia (Horjul), what means also a guarantee for employment of residents in Slovenia.

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	L2-0981
Naslov projekta	Integralni model optimizacije notranje logistike za fleksibilnost proizvodnega sistema
Vodja projekta	2046 Iztok Potrč
Tip projekta	L Aplikativni projekt
Obseg raziskovalnih ur	4.650
Cenovni razred	C
Trajanje projekta	02.2008 - 01.2011
Nosilna raziskovalna organizacija	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	2706 ARCONT, proizvodnja bivalnih enot, d.d.
Družbeno-ekonomski cilj	12. Splošni napredek znanja - RiR financiran iz splošnih univerzitetnih fondov (SUF)

1.1. Družbeno-ekonomski cilj¹

Šifra	06.
Naziv	Industrijska proizvodnja in tehnologija

2. Sofinancerji²

1.	Naziv	ARCONT, proizvodnja bivalnih enot, d.d.
	Naslov	Ljutomerska 29, 9250 Gornja Radgona, Slovenija
2.	Naziv	
	Naslov	
3.	Naziv	
	Naslov	

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega projekta³

Razvoj novih proizvodnih programov podjetja Arcont zahteva poleg konstrukcijske prenove tudi spremembo načina sistemov sestave in montaže. Zaključno poročilo predstavlja predstavitev glavnih prispevkov raziskav v okviru omenjenega projekta. Velja poudariti, da so idejne rešitve prešle v realizacijo: sprememba načina materialnega toka v sistemu sestave in dograditev montažne hale za potrebe novega sistema sestave novih vijačno spetih bivalnih kontejnerjev.

Učinkovita notranja logistika predstavlja pogoj za zvezno in optimalno delovanje toka materiala v fleksibilnih proizvodnih sistemih. Fleksibilna (prilagodljiva) proizvodnja postaja vse bolj pomemben dejavnik konkurenčne prednosti vsakega posameznega podjetja in je v praksi tudi vse bolj razširjena. Pogoj za delovanje fleksibilne proizvodnje zagotavlja zvezni in optimalni tok materiala v notranji logistiki, katerega nosilci so skladiščni, transportni in pretovorni procesi. Dandanes se procesom notranje logistike posveča občutno več pozornosti kot v preteklosti, in sicer iz več razlogov: (i) hiter razvoj proizvodnih dejavnosti – njihova avtomatizacija in decentralizacija zahtevata prilagoditev procesov notranje logistike novim pogojem dela, z vidika povečevanja proizvodnih kapacitet in zmanjševanja celotnih stroškov, (ii) kompleksni proizvodni procesi zahtevajo stalnost in zanesljivost v oskrbovanju z reprodukcijskim materialom kakor tudi usklajene odtok končnih proizvodov, (iii) sodobni mednarodni logistiki je postavljena naloga pravočasne, količinske, kakovostne in časovno usklajene oskrbe potrošnikov na širšem nacionalnem in mednarodnem geografskem področju.

Učinkovitost notranje logistike in posledično proizvodne organizacije, je odvisna predvsem od preudarnega in ustreznega postopka načrtovanja posameznih procesov v notranji logistiki. Pri načrtovanju procesov sledimo pogojem o tehnično visokozmogljivem sistemu, ob predpostavki o optimalnih investicijskih in obratovalnih stroških posameznih procesov. Postopek načrtovanja procesov v notranji logistiki moramo vedno obravnavati celovito (sprejemanje odločitev na strateški, taktični in operativni ravni), saj samo celovit vpogled v vse procese daje ustrezne tehnične in ekonomske rešitve. Pri načrtovanju notranje logistike moramo v osnovi slediti osnovnemu toku blaga skozi posamezne procese, ki skrbijo, da je tok blaga neprekinjen, sledljiv in stroškovno optimalen. Zmogljivost procesov v notranji logistiki predstavlja veličino (proizvodna kapaciteta) za ovrednotenje učinkovitosti proizvodnje kot celote. Zmogljivost je odvisna od naslednjih dejavnikov: informatizacije in avtomatizacije procesov v notranji logistiki, optimalnega vodenja delovnih nalogov, optimalne razmestitve in izkoriščenosti posameznih delovnih mest, ustreznega števila in velikosti vmesnih zalogovnikov, uporabe ustreznega tipa in števila transportnih sredstev in transportno usmerjevalnih strategij, obremenitve transportnih poti in transportnih vozlišč, itn.

Za določitev zmogljivosti sistemov notranje logistike se v literaturi in v praksi poslužujemo z različnimi metodami, analitičnimi modeli in simulacijam. Medtem, ko se posamezne metode in analitični modeli najpogosteje uporabljajo v sorazmerno enostavnih deterministično določenih sistemih (izjema je metoda čakalnih vrst), se v primeru kompleksnih stohastičnih sistemov uporabljajo numerične simulacije. Numerična simulacija je v osnovi uporaba računalniško podprtega orodja in simulacijskega modela, ki oponaša obnašanje realnega sistema, s ciljem ugotavljanja posledic zaradi delovanja različnih vplivnih dejavnikov. V primeru fleksibilnih proizvodnih sistemov analiziramo predvsem učinkovitost produktivnosti in velikost proizvodnih kapacitet, glede na dano postavitev procesov in odnose v sistemu. Ker nam simulacija vedno ne daje optimalnih rezultatov, kombiniramo uporabo simulacije z optimizacijskimi algoritmi. Ponavadi je namenska funkcija v sistemu notranje logistike več-objektna, nelinearna, diskretna in sestavljena in večjega števila projektnih spremenljivk. Zaradi kompleksnosti namenske funkcije se za optimiranje projektnih spremenljivk v namenski funkciji pogosto poslužujemo posebnih heurističnih algoritmov, kot so genetski algoritmi, nevronske mreže, itn.

Proces načrtovanja sistema notranje logistike je kompleksen in velikokrat odvisen od večjega

števila medsebojno odvisnih dejavnikov. Slednje kaže na potrebo po izdelavi integralnega modela optimizacije notranje logistike za fleksibilnost proizvodnega sistema. Opravljene raziskave na področju načrtovanja sistemov notranje logistike kažejo, da je zanimanje za integralni model v praksi velik. Zaradi kompleksnosti področja notranje logistike, smo v projektu obravnavali problematiko in naloge (so)financerja iz gospodarstva, ki se navezujejo na:

- Logistična analiza procesa površinske zaščite bivalnih enot

V okviru zastavljenih ciljev aplikativnega projekta, je bila izvedena logistična analiza procesa površinske zaščite bivalnih enot, ki poteka na osnovi avtomatiziranega visečega krožnega transporterja, na katerem so nameščeni transportni vozički. Pri izdelavi logistične analize smo izhajali iz posnetka obstoječega stanja, oz. podrobnega opisa tehnološkega procesa površinske zaščite bivalnih enot in tehničnih karakteristik visečega krožnega transporterja. Ugotovili smo, da se posamezne aktivnosti, kot so: nalaganje polizdelkov, vmesna korekcijska faza, pokrivno barvanje in razkladanje polizdelkov, trenutno še vedno izvajajo ročno, kar posledično vpliva na zmogljivost procesa. Zmanjšanje zmogljivosti poleg navedenih dejavnikov povzroča velike raznolikosti bivalnih enot (oblika, izvedba, barva), ne-združevanja delovnih nalogov glede na skupne lastnosti v transportno enoto, procesa ročnega pokrivnega barvanja (lakiranja) polizdelkov bivalnih enot, itn. Zaradi kompleksnosti obravnavane problematike je bila izvedena logistična analiza z uporabo diskretnih numeričnih simulacij s programskim paketom AutoMod. Glede na rezultate simulacije smo ugotovili, dejansko število prepeljanih transportnih vozičkov na eno, oz. na dve delovni izmeni. Prav tako smo ugotovili, da se po določenem času pojavi ozko grlo pred procesom ročnega pokrivnega barvanja polizdelkov, ki se posledično prenese na ostale procese. Zaradi izrazito težkih pogojev dela v procesu ročnega pokrivnega barvanja polizdelkov bivalnih enot v lakirni komori, smo osnovni simulacijski model nadgradili z uvedbo fleksibilne robotske celice. Na osnovi simulacijske analize prenovljenega stanja smo ugotovili zmanjšanje vpliva ozkega grla in povečanje zmogljivosti prepeljanih vozičkov. Z uvedbo fleksibilne robotske celice se izrazito izboljšajo pogoji dela v lakirnici in zmanjša čas samega postopka lakiranja polizdelkov. Rezultati logistične analize so pokazali relativno dobro učinkovitost obstoječega sistema površinske zaščite bivalnih enot, oz. poteka visečega krožnega transporterja. Izboljšanje učinkovitosti sistema je možna pri spremembi težkih pogojev dela v procesu pokrivnega barvanja, kjer je predvidena uporaba fleksibilne robotske celice z dvema robotoma. Poleg projektne skupine je pri simulacijski analizi sodelovala tudi raziskovalka Candrová Kateřina, Ing., z University of West Bohemia, Republika Češka. Eden izmed rezultat uspešnega medsebojnega sodelovanja, je objava izvirnega znanstvenega članka z naslovom Simulation of the power and free transport system in the colouring process of containers v mednarodni reviji Advanced Engineering.

- Logistična analiza montažne linije bivalnih enot

Pri izdelavi logistične analize montažne linije bivalnih enot, smo izhajali iz posnetka obstoječega stanja, oz. podrobnega opisa tehnološkega procesa montaže bivalnih enot in tehničnih karakteristik montažnega sistema. Ugotovili smo, da obstoječa zasnova montažne linije ne zagotavlja optimalnega toka materiala procesa montaže. Poleg navedenega dejstva prihaja do zmanjšanja zmogljivosti tudi zaradi neuskkljenosti posameznih montažnih operacij in vmesnega skladiščenja ter neučinkovite informacijske podpore procesa montaže bivalnih enot. Pri analizi različnih variant procesa montažne linije bivalnih enot, smo prišli do rešitev, ki zagotavljajo kontinuiran tok materiala skozi montažno linijo, zmanjšanje ozkih grl, večje število fleksibilnih vmesnih skladišč, razbremenitev mostnega dvigala, ugodnejšo manipulacijo, zmanjšanje obstoječega vmesnega skladiščnega prostora, itn. Rezultati logistične analize so pokazali možnost za povečanje učinkovitosti sistema montažne linije bivalnih enot, pri spremembi zasnove obstoječe tehnološke montažne linije in vpeljavi avtomatiziranih fleksibilnih montažnih celic za posamezne sklope montaže. Poleg obstoječe projektne skupine, sta v okviru svojega praktičnega usposabljanja na raziskovalnem projektu, sodelovala tudi absolventa Fakultete za strojništvo Univerze v Mariboru; Matej Drobne in Jaka Jesih. Rezultate svojega praktičnega usposabljanja (Modification of assembly line for container

housing units, Logistics analysis of container housing units assembly), sta z ostalimi člani projektne skupine, uspešno predstavila na mednarodni znanstveni konferenci International Conference on Computer Aided Design and Manufacturing.

- Informacijska podpora montažnemu procesu z uporabo tehnologije črtne kode

Pri izdelavi analize informacijske podpore montažnemu procesu z uporabo tehnologije črtne kode, smo izhajali iz posnetka obstoječega stanja, oz. podrobnega opisa tehnološkega procesa montaže bivalnih enot. Ugotovili smo, da obstoječa zasnova montažne linije ne uporablja vodenje procesa montaže z uporabo tehnologije črtne kode, zaradi česar prihaja do manjše učinkovitosti navedenega procesa. Pri analizi uporabe tehnologije črtne kode, smo prišli do rešitev, ki zagotavljajo enakomeren tok materiala skozi montažno linijo in visoko sledljivost procesa. Rezultati analize so pokazali možnost za povečanje učinkovitosti sistema montažne linije bivalnih enot in so predvideni za predstavitev na mednarodni znanstveni konferenci International Conference on Computer Aided Design and Manufacturing.

Z uporabo rezultatov raziskovalnega projekta, lahko podjetja izboljšajo procese notranje logistike, kar posledično doprinese k dvigu zanesljivosti in povečanju proizvodnih kapacitet, povečanju uspešnosti in konkurenčne prednosti podjetja, ustvarjanju pogoja za optimalno povezavo med nabavo, proizvodnjo in prodajo, doseganju maksimalne zadovoljitve odjemalcev, doseganju višje stopnje zaposljivosti in izboljšanje delovnih pogojev zaposlenih. Glede na predhodne raziskave podjetja Arcont in glede na rezultate projekta, je podjetje reorganiziralo proces pokrivnega barvanja z uvedbo fleksibilne robotske celice. Na ta način se je v podjetju povečala učinkovitost procesa površinske zaščite bivalnih enot, pri čemer so se izrazito izboljšali pogoji dela v procesu pokrivnega barvanja. Prav tako se je zmanjšalo obremenjevanje okolja zaradi uporabe nove tehnologije nanosa pokrivnega barvanja. Rezultati raziskovalnega projekta zagotavljajo dolgoročni trajnostni razvoj podjetja. Raziskovalni projekt predstavlja za organizacijo nov temelj nadaljnjega razvoja tehnologij za reševanje problematike načrtovanja notranje logistike ter izgradnje kompleksnih sistemov. Rezultati raziskovalnega projekta omogočajo prihranek na porabi energije, kar je z družbenega vidika dobro, racionalno in okolju prijaznejše. Rezultati raziskovalnega projekta vplivajo tudi na okoljsko učinkovitost, in sicer: povečala se bo produktivnost, ob manjši porabi barvnih sredstev; znižala se bo emisija hlapnih organskih snovi v okolje; z uporabo zaprtega sistema obdelave odpadnih vod se bo zmanjšalo onesnaževanje okolice; z reorganizacijo procesov, se bo zmanjšala količina nastalih odpadkov na enoto proizvoda. Poleg omenjenih prednosti rezultatov raziskav, pa se bodo izboljšali delovni pogoji zaposlenih.

Integralni model optimizacije notranje logistike za fleksibilnost proizvodnega sistema omogoča določitev tehnično visokozmogljivega sistema v procesu površinske zaščite bivalnih enot, učinkovito montažno linijo in informacijsko podporo bivalnih enot, ob pogoju o minimalnih investicijskih in obratovalnih stroških podjetja so (financerja).

4. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev⁴

V okviru dela na raziskovalnem projektu smo dosegli povečano raven znanja pri načrtovanju in optimiranju procesov v notranji logistiki. Uporaba metod matematičnega modeliranja in diskretne numerične simulacije predstavlja izvorni pristop k integralnemu obravnavanju notranje logistike za fleksibilnost proizvodnega sistema. V letih izvajanja projekta so bili s področja projekta objavljeni izvorni znanstveni članki ter izvedene številne predstavitve na znanstvenih in strokovnih konferencah. Z uporabo rezultatov raziskovalnega projekta, lahko podjetja optimirajo procese notranje logistike, kar posledično doprinese k dvigu zanesljivosti in povečanju proizvodnih kapacitet, povečanju uspešnosti in konkurenčne prednosti podjetja, ustvarjanju pogoja za optimalno povezavo med nabavo, proizvodnjo in prodajo, doseganju maksimalne zadovoljitve odjemalcev, doseganju višje stopnje zaposljivosti in izboljšanje delovnih

pogojev zaposlenih. Na osnovi rezultatov raziskovalnega projekta pričakujemo prihranek na porabi energije, kar je z družbenega vidika dobro, racionalno in okolju prijaznejše. Prav tako se bo z reorganizacijo obstoječega procesa, ki temelji na rezultatih raziskovalnega projekta, povečala raven zaupanja poslovnih partnerjev. Večja raven zaupanja poslovnih partnerjev povečuje gospodarskim organizacijam stopnjo konkurenčnosti na nacionalnem in na mednarodnem tržišču, kar je še posebej pomembno v trenutnem gospodarskem obdobju. Rezultati raziskovalnega projekta bodo vplivali tudi na okoljsko učinkovitost, in sicer: povečala se bo produktivnost, ob manjši porabi barvnih sredstev; znižala se bo emisija hlapnih organskih snovi v okolje; z uporabo zaprtega sistema obdelave odpadnih vod se bo zmanjšalo onesnaževanje okolice; z reorganizacijo procesov, se bo zmanjšala količina nastalih odpadkov na enoto proizvoda. Poleg omenjenih prednosti rezultatov raziskav, pa se bodo izboljšali tudi delovni pogoji zaposlenih. Rezultati projekta so v skladu z razvojno politiko države Republike Slovenije, saj omogočajo dolgoročen trajnostni razvoj v Pomurski regiji in na ta način omogočajo zmanjšati zaostanek za ostalimi slovenskimi regijami v Sloveniji.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine⁵

Ni bilo sprememb.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁶

Znanstveni rezultat			
1.	Naslov	SLO	Simulacija visečega krožnega transporterja v procesu površinske zaščite bivalnih enot
		ANG	Simulation of the power and free transport system in the colouring process of containers
	Opis	SLO	V članku je predstavljena simulacija sistema površinske zaščite bivalnih enot. Namen logistične analize je ugotoviti možnosti in priložnosti za optimizacijo procesa površinske zaščite bivalnih enot.
		ANG	In this paper a simulation of the colouring system with all its components is described. Purpose of the logistics analysis is finding out the possibilities and opportunities for the process optimization in the colouring process.
	Objavljeno v		CANDROVÁ, K., ŠRAML, Matjaž, LERHER, Tone, ŠAMEC, Blaž, POTRČ, Iztok. Simulation of the P&F transport system in the colouring process of containers. <i>Advanced engineering</i> , 2009, year 3, no. 1, str. 17-26.
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		13494294
2.	Naslov	SLO	Časovni modeli za dvo-globinske avtomatizirane regalne skladiščne sisteme
		ANG	Travel time models for double-deep automated storage and retrieval systems
	Opis	SLO	V članku so predstavljeni analitični časovni modeli za avtomatizirane paletne regalne skladiščne sisteme z dvojno globino. Predlagani modeli upoštevajo dejansko delovno karakteristiko regalnega dvigala. S predpostavko o enakomerno porazdeljenih regalnih oknih in teoriji verjetnosti, so bili določeni izrazi za enojni in modificiran dvojni delovni cikel. Predlagani modeli omogočajo izračun povprečnega časa za enojni in dvojni delovni cikel, na osnovi katerega je mogoče oceniti učinkovitost avtomatiziranih regalnih skladiščnih sistemov z dvojno globino.
		ANG	In this paper, the analytical travel time models for the unit-load double-deep AS/RS are presented. The proposed models enable the calculation of the mean cycle time for single and dual command cycles, from which the performance of the double-deep AS/RS can be evaluated.
	Objavljeno v		LERHER, Tone, ŠRAML, Matjaž, POTRČ, Iztok, TOLLAZZI, Tomaž. Travel time models for double-deep automated storage and retrieval systems. <i>Int. J. Prod. Res.</i> , June 2010, vol. 48, no. 11, str. 3151-3172, doi:

		10.1080/00207540902796008.
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID	13163286
3.	Naslov	SLO Razvoj nove tehnologije komisioriranja RF kinetic temelječ na tehnologiji roadmapping-a
		ANG On the technology roadmapping based development of the new order-picking technology RF kinetic
	Opis	SLO V članku je prikazana uporaba tehnologije imenovana "roadmapping" metodologija na področju logistike. Omenjena tehnologija je bila uporabljena za razvoj novega principa komisioriranja, imenovanega "RF Kinetic". Slednje je pomembno, saj kombinirana uporaba tehnologije "roadmapping-a" in razvoja nove tehnologije, še ni sprejeta v inženirski praksi.
		ANG The paper presents an application of technology named "roadmapping" methodology in logistics area for the development of the new order-picking technology named "RF Kinetic". This is significant because the combination of technology "roadmapping" and development of the new technology has not yet been accepted by the engineering practice.
	Objavljeno v	GAJŠEK, Brigita, ŠIMENC, Mitja, LERHER, Tone, POTRČ, Iztok. On the technology roadmapping based development of the new order-picking technology RF kinetic. Advanced engineering, 2009, year 3, no. 2, str. 167-173.
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID	13504790	
4.	Naslov	SLO Časovni modeli za avtomatizirana skladišča s sistemom regalnega dvigala za delo v več hodnikih
		ANG Travel time models for automated warehouses with aisle transferring storage and retrieval machine
	Opis	SLO V članku so predstavljeni analitični časovni modeli za avtomatizirana regalna skladišča s sistemom regalnega dvigala za delo v več hodnikih. Predlagani modeli upoštevajo dejansko delovno karakteristiko regalnega dvigala. S predpostavko o enakomerno porazdeljenih regalnih oknih in teoriji verjetnosti, so bili določeni izrazi za enojni in dvojni delovni cikel. Predlagani modeli omogočajo izračun povprečnega časa za enojni in dvojni delovni cikel, na osnovi katerega je mogoče oceniti učinkovitost avtomatiziranih regalnih skladiščnih sistemov z dvojno globino.
		ANG In this paper, the analytical travel time models for automated warehouses with aisle transferring storage and retrieval machine are presented. The proposed models consider the real operating characteristics of the storage and retrieval machine. With the assumption of the uniform distributed storage rack positions and the probability theory, the expressions of the single and dual command cycle have been determined. The proposed models enable the calculation of the mean cycle time for single and dual command cycles, from which the performance of the double-deep AS/RS can be evaluated.
	Objavljeno v	LERHER, Tone, POTRČ, Iztok, ŠRAML, Matjaž, TOLLAZZI, Tomaž. Travel time models for automated warehouses with aisle transferring storage and retrieval machine. Eur. J. oper. res.. [Print ed.], Sep. 2010, vol. 205, iss. 3, str. 571-583, doi: 10.1016/j.ejor.2010.01.025.
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID	13815830	
5.	Naslov	SLO Simulacijska analiza avtomatiziranega skladišča majhnih delov s sistemom dvižne mize regalnega dvigala za sprejem več enot
		ANG Simulation analysis of mini-load multi-shuttle automated storage and retrieval systems
	Opis	SLO V prispevku je obravnavana in ovrednotena simulacijska analiza avtomatiziranega skladišča majhnih delov s sistemom dvižne mize regalnega dvigala, ki lahko sprejme več enot hkrati. V praksi se uporabljajo različni analitični modeli za načrtovanje omenjenih sistemov. Problem se pojavi pri izbiri ustreznega analitičnega modela pri katerem so odstopanja od dejanskega stanja minimalna. Glavni cilj prispevka je ugotoviti učinkovitost predstavljenih modelov, ki predstavlja glavni delež in podporo v procesu oblikovanja omenjenih sistemov.
		ANG In this paper, the simulation analysis of mini-load multi-shuttle systems is discussed and evaluated. The problem arises with the selection of the

	ANG	appropriate analytical model for which the condition of minimal differences with actual circumstances in practice is fulfilled. The main objective of this paper is to determine the performance of presented models, which represents the main share and support in design process of mini-load multi-shuttle automated storage and retrieval systems.
Objavljeno v		LERHER, Tone, ŠRAML, Matjaž, POTRČ, Iztok. Simulation analysis of mini-load multi-shuttle automated storage and retrieval systems. Int. j. adv. manuf. technol., Published online: 14 September 2010, doi: 10.1007/s00170-010-2916-8.
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID		14398998

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine⁶

Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat		
1.	Naslov	SLO Članstvo v uredniškem odboru revije Journal Of Energy Technology
		ANG Membership of the editorial committee of the Journal Of Energy Technology
Opis	SLO	V okviru dela na raziskovalnem projektu in objave rezultatov projekta, je vodja projekta, prof.dr. Iztok Potrč član v uredniškem odboru mednarodne revije Journal Of Energy Technology.
	ANG	In the framework of the work on the research project and publication of the results of the project, the project leader, professor Iztok Potrč is member of the editorial committee of the Journal Of Energy Technology.
Šifra		C.04 Uredništvo mednarodne revije
Objavljeno v		http://www.fe.uni-mb.si/images/stories/jet/e-jet/jet1-1november2008.pdf
Tipologija		4.00 Sekundarno avtorstvo
COBISS.SI-ID		00000000
2.	Naslov	SLO Članstvo v uredniškem odboru mednarodne revije International Journal Advanced Engineering (ISSN 1846-5900)
		ANG Membership of the editorial committee of the International Journal Advanced Engineering (ISSN 1846-5900)
Opis	SLO	V okviru dela na raziskovalnem projektu in objave rezultatov projekta, je vodja projekta, prof.dr. Iztok Potrč član v uredniškem odboru mednarodne revije International Journal Advanced Engineering.
	ANG	In the framework of the work on the research project and publication of the results of the project, the project leader, professor Iztok Potrč is member of the editorial committee of the International Journal Advanced Engineering.
Šifra		C.04 Uredništvo mednarodne revije
Objavljeno v		http://www.digitaledition.org/adveng/Contact.htm
Tipologija		4.00 Sekundarno avtorstvo
COBISS.SI-ID		00000000
3.	Naslov	SLO Načrtovanje avtomatiziranih skladišč različnih dimenzij regalnih oken
		ANG The design of automated warehouse with unequally sized storage compartments.
Opis	SLO	V okviru dela na raziskovalnem projektu, je sodelavec raziskovalnega projekta, doc.dr. Tone Lerher na mednarodnem kolokviju IMHRC 2008 predstavil raziskovalno delo z naslovom Načrtovanje avtomatiziranih skladišč različnih dimenzij regalnih oken.
	ANG	In the framework of the work on the research project, the co-worker of the research project, assistant professor Tone Lerher, has presented research work with title The design of automated warehouse with unequally sized storage compartments at the international colloquium IMHRC 2008.
Šifra		B.04 Vabljen predavanje
Objavljeno v		LERHER, Tone, POTRČ, Iztok, ŠRAML, Matjaž, ŠAMEC, Blaž. The design of automated warehouse with unequally sized storage compartments. V: ELLIS, Kimberly Paige (ur.). Progress in material handling research: 2008. Charlotte: The Material Handling Industry of America, cop. 2008, str. 328-340.

	Tipologija	1.06	Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci (vabljeni predavanja)
	COBISS.SI-ID	13025558	
4.	Naslov	SLO	Novosti v transportnih in skladiščnih sistemih
		ANG	Innovations in material handling and warehousing systems
	Opis	SLO	V okviru dela na raziskovalnem projektu, je sodelavec raziskovalnega projekta, doc.dr. Tone Lerher v letu 2011 gostujoč profesor na Inštitutu za tehniško logistiko na Tehniški Univerzi v Gradcu, Republiki Avstriji.
		ANG	In the framework of the work on the research project, the co-worker of the research project, assistant professor Tone Lerher is the hosting professor at the Institute of Technical logistic at Graz University of Technology, Republic Austria.
	Šifra	B.05	Gostujoči profesor na inštitutu/univerzi
	Objavljeno v	V postopku objave.	
	Tipologija	3.14	Predavanja na tuji univerzi
	COBISS.SI-ID	00000000	
5.	Naslov	SLO	Postopek snovanja avtomatiziranih regalnih skladiščnih sistemov z optimiranjem investicijskih in obratovalnih stroškov
		ANG	Design of automated storage and retrieval systems with optimization of investment and operational cost
	Opis	SLO	V okviru dela na raziskovalnem projektu in objave rezultatov projekta bo prijaven patent v Sloveniji.
		ANG	In the framework of the work on the research project and publication of the results of the project, the patent in Slovenia will be registered.
	Šifra	F.33	Patent v Sloveniji
	Objavljeno v	V postopku prijave.	
	Tipologija	2.23	Patentna prijava
	COBISS.SI-ID	00000000	

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁸

--

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁹

9.1. Pomen za razvoj znanosti¹⁰

SLO

Osnovna znanstvena izhodišča pri načrtovanju procesov v notranji logistiki temeljijo na analitičnih in numeričnih modelih. S ciljem po kakovostnem ujemanju analitičnih in numeričnih modelov z dejanskim stanjem v praksi, je potrebno nujno upoštevati dinamiko procesov v notranji logistiki, ki je v veliki večini stohastične narave. V tem oziru ostanejo na razpolago analitični modeli, ki upoštevajo nedeterminističnost procesov in v primeru kompleksnejših sistemov, uporaba diskretne numerične simulacije. Ker omenjeni analitični in numerični modeli ne dajejo nujno optimalnih rezultatov, je potrebna uporaba optimizacijskih metod, ponavadi z več-objektno namensko funkcijo. Rezultati raziskovalnega projekta prispevajo k povečanju ravni znanja pri načrtovanju in optimiranju procesov v notranji logistiki. Uporaba metod matematičnega modeliranja in diskretne numerične simulacije predstavlja izvirni pristop k integralnemu obravnavanju notranje logistike za fleksibilnost proizvodnega sistema. Glede na uspešno izvedene faze projekta so bili rezultati projekta objavljeni v številnih izvirnih znanstvenih člankih in prikazani na mednarodnih konferencah. Rezultate, ki so predstavljeni v člankih je mogoče aplicirati, ne samo v podjetju (so)financerja, temveč tudi v ostalih gospodarskih družbah, ki izkazujejo izrazito fleksibilno naravnano proizvodnjo. Z uporabo rezultatov raziskovalnega projekta, lahko podjetja optimirajo procese notranje logistike, kar posledično doprinese k dvigu zanesljivosti in povečanju proizvodnih kapacitet, povečanju uspešnosti in konkurenčne prednosti podjetja, ustvarjanju pogoja za optimalno povezavo med nabavo, proizvodnjo in prodajo, doseganju maksimalne zadovoljitve odjemalcev, doseganju višje stopnje zaposljivosti in izboljšanje delovnih pogojev zaposlenih. Prepričani smo, da so rezultati raziskovalnega projekta nedvomno prinesli prispevke v znanstveno raziskovalno okolje, kakor tudi v okolje organizacije Arcont.

ANG

The fundamental scientific issues in the internal logistics process design are based on analytical and numerical models. The internal logistics process has the stochastic dynamics that has to be taking into account in order to achieve the qualitative matching of analytical and numerical models with the actual practical situation. For that purpose only the analytical models based on undeterministic process and in case of more complex systems the discrete numeric simulation can be applied. Since the discussed analytical and numerical models don't necessary give the optimal results, the use of optimization methods based on multi-object purpose function is required. The results of research project contribute to the higher level of knowledge that is necessary for the design and optimization of internal logistics processes. Application of mathematical modeling methods and discrete numerical simulation for integral dealing of internal logistics to improve the production system flexibility presents the original contribution. According to the successfully finished project phases, the results of the project are published in scientific journal papers and presented on international conferences. The results which are presented in papers can be also applied in all economy companies that attest the flexible production. When the results are applied, the companies can optimize the internal logistics processes what significantly contribute to their higher level of reliability, higher production capacity and improve their competitive position. In parallel, the conditions for optimal connections between acquisition, production and sale can be built, what assure the maximal content of the costumers, higher employment level and improvement of the employees working conditions. We feel confident that the results of the research work have made an important contribution to the scientific society as well as to the Arcont company.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹¹

SLO

Rezultati raziskovalnega projekta zagotavljajo dolgoročni trajnostni razvoj podjetja in posledično Pomurske regije Republike Slovenije. Raziskovalni projekt predstavlja za organizacijo nov temelj nadaljnjega razvoja tehnologij za reševanje problematike načrtovanja notranje logistike ter izgradnje kompleksnih sistemov. Na osnovi rezultatov raziskovalnega projekta pričakujemo prihranek na porabi energije, kar je z družbenega vidika dobro, racionalno in okolju prijaznejše. Prav tako se bo z reorganizacijo obstoječega procesa, ki temelji na rezultatih raziskovalnega projekta, povečala raven zaupanja poslovnih partnerjev. Večja raven zaupanja poslovnih partnerjev povečuje gospodarskim organizacijam stopnjo konkurenčnosti na nacionalnem in na mednarodnem tržišču, kar je še posebej pomembno v trenutnem gospodarskem obdobju. Rezultati raziskovalnega projekta vplivajo tudi na okoljsko učinkovitost, in sicer: povečala se bo produktivnost, ob manjši porabi barvnih sredstev; znižala se bo emisija hlapnih organskih snovi v okolje; z uporabo zaprtega sistema obdelave odpadnih vod se bo zmanjšalo onesnaževanje okolice; z reorganizacijo procesov, se bo zmanjšala količina nastalih odpadkov na enoto proizvoda. Poleg omenjenih prednosti rezultatov raziskav, pa se bodo izboljšali tudi delovni pogoji zaposlenih. Z rekonstrukcijo procesa pokrivnega barvanja bivalnih enot (uvredba fleksibilne robotske celice za pokrivno barvanje), so se izrazito izboljšali delovni pogoji v omenjenem procesu. Raziskovalni projekt je v skladu z razvojno politiko države Republike Slovenije, saj izvajanje projekta omogoča dolgoročen trajnostni razvoj v Pomurski regiji in na ta način omogoča zmanjšati zaostanek za ostalimi slovenskimi regijami. Prepričani smo, da smo v okviru projekta, poleg doseganja ekonomskih učinkov, pripomogli tudi k višji stopnji družbene in ekonomske situacije v Republiki Sloveniji.

ANG

The results of the research project ensure the long term development of the company and consequently in the local region of Pomurje. For the company the research project is a new base or fundament for forthcoming technology development to solve the problems of internal logistic and design of complex systems. Based on research project results we expect savings on energy consumption, which is from social rational and ecologically point of view, highly wished. The results of the research project guided into the reorganization of the production process and the implementation success is leading to higher level of the trust of customers and partners. Higher level of production partners increases market competitiveness on local and international market, which is very important in actual economy moment. The results of the research project have positive effect on environment: increase of the production; the close system of waste water treatment will decrease environment pollution; the amount of vaporizable organic components into environment will decrease; with the reorganization of processes will decrease the amount of waste elements per unit of production. The working conditions for employees are improved significantly. With the reconstruction of the painting process (implementation of the robot cell for painting) the working conditions are significantly improved. The research project is in accordance with the policy of Slovenia, since the project implement long term growth in the region and reducing

the gap in development level.

We are confident; that we have in the sphere of the project activities, improve economical effects as well as higher social situation in Slovenia.

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	L2-0330
Naslov projekta	Razvoj postopkov in obdelav za izboljšanje hemokompatibilnosti polietilentereftalatnih površin
Vodja projekta	7814 Karin Stana Kleinschek
Tip projekta	L Aplikativni projekt
Obseg raziskovalnih ur	4.650
Cenovni razred	C
Trajanje projekta	02.2008 - 01.2011
Nosilna raziskovalna organizacija	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	106 Institut "Jožef Stefan" 334 Univerzitetni klinični center Maribor 341 MIKROIKS, mikroelektronski inženiring, konzultacije in servis, d.o.o. 2334 UNIVERZA V MARIBORU, Medicinska fakulteta 2547 Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko
Družbeno-ekonomski cilj	

1.1. Družbeno-ekonomski cilj¹

Šifra	13.02
Naziv	Tehnološke vede - RiR financiran iz drugih virov (ne iz SUF)

2. Sofinancerji²

1.	Naziv	Bioiks d.o.o.
	Naslov	Bioiks biomedicinska industrija, konzultacije, storitve d.o.o.
2.	Naziv	
	Naslov	Stegne 11, 1000 Ljubljana
3.	Naziv	
	Naslov	

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega projekta³

Biološki odziv biomateriala, ki ga na začetku definirajo interakcije med materialom, krvnimi beljakovinami in celicami, je odvisen od površinske strukture materiala. Zato potekajo poizkusi optimizacije interakcij kri-polimer v glavnem v smeri modifikacije površinske kemije polimerov. Skupna lastnost biomaterialov, ki se uporabljajo v medicini je, da se po vstavitvi v telo, na njihovi površini adsorbira kompleksen, nespecifični sloj proteinov, kar pa ni naravni proces. Razvite in uporabljene so bile številne strategije, ki bi naj preprečile takšno nespecifično adsorpcijo. Kljub temu pa do danes še vedno ni bil razvit biomaterial, ki bi bil uporaben za dolgotrajen stik s krvjo v živem organizmu. Prav tako pa še vedno ni trajne rešitve na področju sintetičnih žilnih vsadkov majhnega premera. Zato so komplikacije, do katerih prihaja po implantaciji, kot so aneurizme, tromboze ali restenoze, zelo pogoste. **Tako je bil glavni cilj predloženega projekta razvoj postopkov za modifikacijo PET površin z uvajanjem naravnih substanc (polisaharidov in njihovih derivatov) s protitrombotičnim delovanjem za doseganje boljše hemokompatibilnosti oz. krvne skladnosti.** Z namenom čim boljše posneti površinske lastnosti endotelija naravnih žil je bila tako izvedena obširna analiza površinskih lastnosti nemodificiranih in modificiranih PET površin v smislu boljšega razumevanja soodvisnosti med fizikalno-kemičnimi lastnostmi biomaterialov in njihovo biološko kompatibilnostjo.

Med **najobetavnejši polisaharidi**, so bili izbrani hitozan, fukoidan, dekstran in galaktoglukomanani ter njihovi derivati. Hitozan je zelo pomemben biopolimer s specifičnimi fizikalno-kemijskimi lastnostmi. Poseduje primarne amino skupine s pKa vrednostjo 6.3 - 6.5. Protitrombotične lastnosti so bile odkrite predvsem pri hitozan sulfatu. Fukoidan je kompleksni sulfatirani polisaharid, pridobljen iz rjavih morskih alg (*Fucus vesiculosus*) in ehinoderme morskih živali. Predvsem za fukoidan iz rjavih morskih alg so bili ugotovljeni številni biološki efekti na celice sesalcev. Dekstran sulfat je na farmacevtskem področju že dobro uveljavljena substanca, ki deluje kot antikoagulant, s številnimi funkcijami v imunskem sistemu, s sposobnostjo tvorbe netopnih kompleksov z lipoproteini, itd. Galaktoglukomanani pridobljeni iz lesa in njihovi derivati za uporabo v medicini še niso raziskani, je pa na osnovi nekaterih študij glukomananov pridobljenih iz drugih virov mogoče sklepati na uspešno uporabo galaktoglukomanan-sulfatov kot protitrombotičnih sredstev. Z namenom pridobitve izbranih polisaharidov s specifičnimi protitrombotičnimi lastnostmi, so bili raziskani različni pristopi kemijske modifikacije omenjenih polisaharidov. Razvit in vpeljan je bil postopek **sulfatiranja polisaharidov**. Analizirana so bila različna topila (dimetil formamid, dimetilacetamid, mešanica klorožveplene kisline in žveplene kisline, očetna kislina) kakor tudi dodatki ($\text{NaHCO}_3(\text{s})$, $\text{LiCl}(\text{s})$, anhidrid ftalne kisline, etilenglikol), volumen dodanega topila in dodatkov, vpliv temperature in časa sulfatiranja kakor tudi vpliv postopka hlajenja in pogojev sušenja sulfatiranega produkta. Pripravljenih je bilo preko 17 različno derivatiziranih produktov hitozan sulfata in 2 različno sulfatirana galaktoglukomanana. Poleg uporabe opisanih sulfatiranih polisaharidov, smo preučili možnost sulfatacije različnih drugih v naravi zelo razširjenih polisaharidov kot npr. celuloze. Sulfat celuloze je bil sintetiziran iz homogene raztopine ionske tekočine. Izvedene so bile kemijske analize vseh izdelanih produktov: masna spektroskopija, NMR, FT-IR, viskozimetrija. Za analizo polisaharidov je bila uvedena in optimirana tehnika kapilarne elektroforeze.

V nadaljnjem sklopu raziskav so bile raziskane možnosti **povečanja kemične aktivnosti površine polietilentereftalata**, in sicer z alkalno hidrolizo (pridobitev karboksilnih skupin) in z obdelavami s plazmo. Uporabljeni sta bili kisikova in dušikova plazma pri različnih pogojih in časih obdelav. Vplivi obdelav so bili analizirani z rentgensko fotoelektronsko spektroskopijo. Rezultati so bili primerjani s sestavo neaktivirane PET površine. Uvedli smo postopek priprave tankega sloja PET z vrtenjem (spin coating). Kakovost in enakomernost sloja smo preverjali z AFM in z analizo nabrekanja med QCM analizo. Izvedene so bile uvodne študije vpliva pH vrednosti in ionske jakosti raztopine

polimera na količino adsorbirane substance in na strukturo in debelino adsorbiranega sloja. Opravljene so bile raziskave možnih postopkov izdelave tankih plasti polisaharidov na PET folijah.

Za modifikacijo PET površin so bili uporabljeni, z vidika **kemizma interakcije med polisaharidi in PET**, optimirani vzorci. Pred fizisorpcijo sulfatiranih polisaharidov je bila površina PET obdelana z različnimi polisaharidi z aaminskimi skupinami. PET površine, obdelane s sulfatiranimi polisaharidi so bile analizirane z vidika vsebnosti žvepla kot pokazatelja prisotnosti sulfatnih skupin. Rezultati so bili primerjani s PET površino obdelano s heparinom. Za površine s vsebnostjo žvepla nad 10 % se pričakuje visoka hemokompatibilnost. Študij vpliva adsorpcijskih parametrov na kinetiko adsorpcije polisaharidov: izvedena je bila študija adsorpcije biopolimerov na PET in modificirane PET površine z uporabo kremenove mikrotehtnice. Resonančna frekvenca in disipacija kremenovega kristala v stiku z vodnim medijem sta odvisni od gostote in viskoznosti medija. Zato je bila opravljena študija vpliva pH, ionske jakosti in koncentracije polisaharida na spremembe frekvence in disipacije. S stopenjskim višanjem pH se je frekvenca zniževala, disipacija pa povečevala, čeprav ni bilo dodane nobene mase. Veliko znižanje disipacije v primerjavi z majhnim zvišanjem frekvence kaže na sproščanje molekul vode iz adsorbiranega sloja polisaharida. PET folije, obdelane z večplastnimi nanosi uporabljenih polisaharidov kažejo znatno izboljšanje protitrombogenih lastnosti v primerjavi z neobdelanimi PET materiali. Tako sintetizirani kot komercialno dostopni polisaharidi, kot so heparin in dekstran sulfat so bili nanešeni na površino PET folij, katerih površine so po obdelavi izkazale visoko protitrombogenost. Sulfatirani hitozan z visoko vsebnostjo žvepla, dekstran sulfat in sulfat celuloze so kazali enako stopnjo protitrombogenosti kot heparin. Dokazana je bila povezava med vsebnostjo žvepla in antitrombogenim učinkom.

Z a študij trombogenosti polimernih površin modificiranih z opisanimi derivatiziranimi polisaharidi so bile uporabljene in razvite različne tehnike kot; Določanje časa strjevanja krvi: raziskane so bile možnosti izvedbe metode v laboratoriju in najpomembnejši dejavniki, ki vplivajo na rezultat. Izvedeni so bili postopki optimizacije metode z vidika pH inkubacijske raztopine. Analiza adhezije in oblike krvnih ploščic: opravljeni so bili poizkusi inkubacije folij v različnih plazmah ter fiksiranja in priprave vzorcev za SEM analizo. Spremljanje adsorpcije proteinov krvne plazme: Kot modelni sistem za analizo je bila izbrana raztopina albumina (HSA) v fosfatnem pufru pri 7.4. Ugotovljeno je bilo, da se večje količine proteina adsorbirajo na hidrofobno površino nemodificiranega PET v primerjavi s hidrofilno površino hidroliziranega PET. Adsorbiran sloj proteina na hidrolizirani površini PET kaže višjo disipacijo, kar priča o bolj voluminoznem sloju zaradi večjih količin ujete vode. Sulfatirani polisaharidi, adsorbirani na površini PET vplivajo na slabšo adsorpcijo proteina, kar je v skladu z drugimi in-vitro študijami hemokompatibilnosti. Določanje časa strjevanja krvi: Opravljena je bila študija obstoječih metod za analizo bioaktivnih lastnosti materialov, predvsem krvne skladnosti. Ugotovljeno je bilo, da so bile metode do sedaj v glavnem uporabljene na kemično zelo različnih materialih in da bo za uporabo na kemično tako podobnih površinah, kot so PET površine obdelane z različnimi polisaharidi, potrebno metode prirediti in optimirati. Na osnovi izvedbe laboratorijskih postopkov adsorpcije polisaharidov na PET folije pri različnih pogojih obdelav. V študiji optimiranja metode določanja sproščenega hemoglobina smo se posvetili preučevanju dejavnikov, za katere smo predvidevali, da imajo največji vpliv na standardno odstopanje rezultatov (vpliv pH na konformacijo hemoglobina, disperzija prostega hemoglobina v raztopini, vpliv obdelave krvi z antikoagulantni in ohlajanje krvi po njenem odvzemu). S pomočjo optimizacije metode določanja sproščenega hemoglobina smo dosegli zmanjšanje odstopanja rezultatov in tako dobili evidentno razliko v trombogenosti med vzorci z nanešenimi sulfatiranimi polisaharidi in vzorci z nanešenimi nesulfatiranimi polisaharidi. S pomočjo metode SEM mikroskopije smo primerjali vzorce glede na število trombocitov na vidno polje in opazovali trombocite skozi faze aktivacije na različno obdelanih vzorcih.

Poleg omenjenih metod za spremljanje trombogenosti oz krvne skladnosti polimernih površin, sta bili vpeljeni še dve in-vitro metodi, in sicer: metoda določanja števila in oblike

trombocitov ter spremljanje adsorpcije krvnih proteinov s kremenovo mikrotehniko z disipacijsko enoto (QCM-D). Ugotovljeno je bilo, da je metoda določanja števila in oblike trombocitov zaenkrat primerna le kot podpora vrednotenju trombogenosti z drugimi metodami, saj se v tej fazi še vedno pojavljajo številne težave predvsem pri statističnem vrednotenju rezultatov štetja trombocitov in določanja števila oblikovanih filopodov oz. stopnje »razlitosti« trombocitov na površini. Na izbranih vzorcih smo s to metodo ugotovili podoben trend glede trombogenosti vzorcev, kot z metodo določanja prostega hemoglobina. Kremenova mikrotehnika z disipacijsko enoto (QCM-D) je bila uporabljena za spremljanje adsorpcije krvnih proteinov (fibrinogena) na PET površino in za spremljanje koagulacijske kaskade krvne plazme na neobdelanih PET površinah in površinah z adsorbiranim heparinom. Iz tako pridobljenih eksperimentalnih podatkov s pomočjo QCM-D so pridobljene koristne informacije glede kinetike koagulacije, depozicije fibrina in viskoelastičnih lastnosti novonastalega strdka na površini. QCM-D se je izkazala kot zelo uporabno orodje za testiranje hemokompatibilnosti PET površin.

Vzorci PET folij, obdelani s sulfatiranimi polisaharidi, v primerjavi z ostalimi izkazujejo izrazito netrombogene lastnosti, primerljive z vzorcem, obdelanim s heparinom. Rezultati so še posebej razveseljujoči, če vemo, da te naravne substance posedujejo tudi druge pozitivne lastnosti, npr. protimikrobno delovanje.

Rezultati raziskave, jasno kažejo, da bi lahko naravni sulfatirani polisaharidi v prihodnosti zadovoljivo nadomestili heparinske nanose na površinah implantatov s čemer smo potrdili delavno hipotezo projekta.

4. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev⁴

Vse zastavljene naloge in cilji 1. leta izvajanja projekta so bile uspešno zaključene. Izbrani so bili najprimernejši naravni polisaharidi, ki so bili primerno derivatizirani in so pokazali dobre protitrombogene učinke tudi po adsorpciji na PET površino. Izbrani so bili pogoji in metode sulfatiranja, ki so prilagojene za izbrane biopolimere. Metoda za analizo adsorpcije biopolimerov na PET površine je bila uspešno uporabljena za analizo vplivnih dejavnikov. Definiran je bil način in pogoji aktivacije z alkalno hidrolizo kakor tudi s kisikovo in dušikovo plazmo. Izvedeni so bili prvi poizkusi določanja časa strjevanja krvi in priprava vzorcev za določanje števila in oblike trombocitov.

Vse aktivnosti predvidene v okviru 2. leta projekta so bile izvedene in uspešno zaključene. Izbrani so bili postopki sulfatacije polisaharidov in izdelani so bili vzorci polisaharidov z vsebnostmi žvepla, ki so primerljive s konvencionalnim protitrombogenim sredstvom heparinom. Izvedena je bila obširna študija adsorpcije polisaharidov na površine PET, s čimer so bile pridobljene dragocene informacije o obnašanju polisaharidov v raztopinah in na površini nemodificiranih in modificiranih PET filmov. Izvedene so bile analize adsorpcije proteinov na nemodificirane in modificirane PET površine s pomočjo QCM tehnike in s tem uvedena še ena možnost in-vitro ocenjevanja protitrombogenosti. Eden od vzrokov za težave pri razvoju biomaterialov z ustreznimi hemokompatibilnimi lastnostmi so tudi težave pri izvedbi in-vitro metod določanja hemokompatibilnosti, saj še vedno ni standarda, ki bi natančno določal velikost, obliko in vrsto in-vitro sistemov. Na področju razvoja novih materialov za biomedicinsko uporabo je zato trenutno v uporabi cela vrsta najrazličnejših sistemov testiranja hemokompatibilnosti in-vitro. Uvedena in optimirana je bila metoda določanja sproščenega hemoglobina z vidika vpliva pH na konformacijo hemoglobina, disperzije prostega hemoglobina v raztopini, vpliva obdelave krvi z antikoagulantni in ohlajanje krvi po njenem odvzemu.

Vse aktivnosti, predvidene v okviru 3. leta projekta so bile izvedene in uspešno zaključene. Potrdili smo hipotezo, da različni sulfatirani polisaharidi nanešeni na PET površino signifikantno izboljšajo njeno hemokompatibilnost. Ugotovili smo, da je stopnja protitrombogenosti tako pripravljene površine odvisna od količine sulfatnih skupin na površini.

Poleg tega smo uspešno uvedli dve in-vitro metodi določanja hemokompatibilnosti površin biomaterialov.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine⁵

V času trajanja projekta ni prišlo do odstopanj od predlaganega in načrtovanega programa

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁶

Znanstveni rezultat		
1.	Naslov	<i>SLO</i> Adsorpcija fukoidana in chitozan sulfata na chitozansko modificirane PET filme določena s pomočjo QCM
		<i>ANG</i> Adsorption of fucoidan and chitosan sulfate on chitosan modified PET films monitored by QCM-D.
Opis	<i>SLO</i>	Adsorpcija fukoidana in derivatov hitozana (hitozan sulfat) na modelne površine – filme polietilenteraftalata (PET) je bila preučena s pomočjo kvarčne tehcnice – QCM. Površinska morfologija in kemijska zgradba hitozansko/fukoidanskih in hitozansko/hitozansko sulfatnih filmov na PET podlagah je bila analizirana s pomočjo XPS in AFM. Določili smo razlike v gostoti in urejenosti posameznega sloja. Hitozansko/fukoidanski filmi – sloji so tanjši in bolj urejeni; chitozansko/hitozansko sulfatni filmi – so debelejši, manj urejeni, kar kaže na boljšo vezavo hitozan sulfata na hitozanski sloj.
	<i>ANG</i>	The adsorption behavior of fucoidan as well as chitosan derivatives (chitosan sulfate) on PET model film surface was studied using the quartz crystal microbalance technique. Model PET films were prepared by the spin coating technique. The surface chemistry and morphology of the PET-H films was analyzed using XPS and AFM. It was found that chitosan/fucoidan films were thinner and more compressed, while in the case of chitosan/chitosan sulfate, large amounts of chitosan sulfate were adsorbed, indicating a loose and thick adsorbed film.
	Objavljeno v	Biomacromolecules, 2009, vol. 10, no. 3, str. 629-637.
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID	13016086
2.	Naslov	<i>SLO</i> Analiza adsorpcije hitozana na PET filme s pomočjo kvarčne mikrotehcnice
		<i>ANG</i> Adsorption of chitosan on PET films monitored by quartz crystal microbalance
Opis	<i>SLO</i>	S pomočjo kvarčne mikrotehcnice z možnostjo spremljanja disipacije (QCM-D) je bila analizirana adsorpcija hitozana na PET modelne površine. Z namenom povečanja njihove hidrofilitnosti, so bile PET folije aktivirane z alkalno hidrolizo. Modelne površine (filmi) so bili pripravljene iz PET folij s tehcniko priprave tankih filmov »spin-cating«. Kemična sestava filmov je bila analizirana s XPS in površinska morfologija s pomočjo mikroskopa na atomsko silo (AFM). Adsorpcija hitozana na modelne površine PET je bila študirana kot funkcija pH, ionske jakosti in koncentracije.
	<i>ANG</i>	The adsorption behavior of chitosan on PET model film surface was studied using the quartz crystal microbalance (QCM) technique. PET foils were activated by alkaline hydrolysis in order to increase their hydrophilicity. Model thin films were prepared from PET foils by the spin coating technique. The chemical composition of the obtained model PET films was analyzed using XPS and their morphology was characterized by AFM. The adsorption behavior of chitosan and the influence of adsorption parameters (pH, ionic strength and chitosan solution concentration) were investigated in detail.
	Objavljeno v	Biomacromolecules, 2008, vol. 9, no. 8, str. 2207-2214.
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID	12368918
3.	Naslov	<i>SLO</i> Elektrokinetične lastnosti žilnih vsadkov
		<i>ANG</i> Electrokinetic properties of commercial vascular grafts
		Analizirane so bile površinska morfologija in fizikalne lastnosti komercialnih žilnih vsadkov in primerjane z njihovimi elektrokinetičnimi in adsorpcijskimi

	Opis	SLO	lastnostmi. Rezultati SEM analize površin vsadkov so pokazale, da imajo tkani PET vsadki gostejšo in bolj urejeno strukturo v primerjavi s pletenimi. Zeta potencial vseh žilnih vsadkov je močno odvisen od časa izpostavljenosti raztopini elektrolita, prav tako pa se zeta potencial posameznih vrst žilnih vsadkov močno razlikuje.
		ANG	Surface morphology and some physical properties of commercial vascular grafts were analysed and correlated with the electrokinetic properties of different grafts, and studied regarding their adsorption characteristics. The SEM images of graft surfaces show that woven PET has more densely packed and more-ordered structure than knitted PET. The strong dependence of zeta potential can be observed from the exposure time to the electrolyte solution. The ZP-pH functions (pH of electrolyte solution) show significant differences between different grafts.
	Objavljeno v	Colloids surf., A Physicochem. eng. asp.. [Print ed.], 2006, vol. 275, iss. 1/3, str. 17-26.	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
	COBISS.SI-ID	10025494	
4.	Naslov	SLO	Analiza galaktoglukomananov iz smrekovega lesa s pomočjo kalpilarnе elektroforeze
		ANG	Analysis of galactoglucomannans from spruce wood by capillary electrophoresis.
	Opis	SLO	Namen študije je bil, uvajanje metode za kvantitativno in kvalitativno detekcijo monosaharidov v tehničnem galaktoglukomananu pridobljenem iz smrekovega lesa z uporabo kapilarnе conske elektroforeze (CZE). Tehniko smo optimirali glede na koncentracijo boratnega pufra, modifikatorja elektroosmoznege toka in pH sistema. Na osnovi raziskave lahko zaključimo, da je kapilarna conska elektroforeza učinkovita metoda za karakterizacijo galaktoglukomananov pridobljenih iz lesa.
		ANG	The aim of this study was to setup a method for detection and quantification of mono saccharide components in technical galactoglucomannans from spruce wood using capillary zone electrophoresis (CZE). CZE technique was optimised regarding borate buffer concentrations, EOF modifier application, and system pH. On the basis of this research, it was concluded that the capillary zone electrophoresis is an efficient analytical procedure for the characterisation of galactoglucomannans derived from softwoods.
	Objavljeno v	Cellulose (Lond.), 2009, issue 6, vol. 16, str. 1089-1097, doi: 10.1007/s10570-009-9328-7.	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
COBISS.SI-ID	13313046		
5.	Naslov	SLO	Izboljšava hemokompatibilnosti PET površin z nanosi iz različnih sulfatiranih polisaharidov.
		ANG	Improvement of the hemocompatibility of PET surfaces using different sulphated polysaccharides as coating materials.
	Opis	SLO	Preiskovana je bila hemokompatibilnost različnih sulfatiranih polisaharidov. Tako sintetično sintetizirani in komercialno dostopni polisaharidi so bili nanešeni na površino PET folij, katerih površine so po obdelavi izkazale veliko antitrombogeno aktivnost. Za uspešnost nanosa in preskus antitrombogenosti je bila uporabljena metoda določanja prostega hemoglobina. Sulfatirani hitozan z visoko vsebnostjo žvepla in sulfatirani dekstran sta kazala enako antirombogeno aktivnost kot heparin. Dokazana je bila povezava med vsebnostjo žvepla in antitrombogenim učinkom.
		ANG	Sulphated polysaccharides were investigated in respect to their blood compatibility. Sulphated polysaccharides, were coated onto PET foils. This treatment lead to better blood compatibility properties of PET materials for medical applications. The free hemoglobin method was applied to determine the antithrombotic activity of these surfaces. The experiments showed that dextran Sulfate and sulphated chitosan with high concentrations of sulfur demonstrated the same antithrombotic activity as heparin. The relationship between the sulfur content and antithrombotic properties was demonstrated.
	Objavljeno v	Biomacromolecules, 2010, 11, 2, str. 377-381, doi: 10.1021/bm9010084	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
COBISS.SI-ID	13863958		

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine⁶

Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat			
1.	Naslov	SLO	Poliestrski biomaterial s površino, ki ima antitrombotične lastnosti, in postopek njegove izdelave
		ANG	Polyester biomaterial with the antithrombogenic properties surface and it's working out procedure
	Opis	SLO	Predmet izuma je poliestrski, prednostno polietilen tereftalatni material, ki je obdelan tako, da je na poliestrski biomaterial, prednostno polietilen tereftalatni material, nanesena obloga, ki v bistvu sestoji iz dveh plasti, in sicer prve plasti, katero tvori hitozan in ki služi kot podplast za vezavo na njo nanesene druge plasti, in druge plasti, katero tvori sulfoniran polisaharid, ki ima antikoagulative lastnosti, prednostno fukoidan.
		ANG	The patents' objective is a polyester, preferentially polyethylene (terephthalate) biomaterial, treated in the way, which enables coating with two layers. The first layer consists from chitosan and serves as a basic layer for the second layer. Second layer is made from sulphated polysaccharide, which has anticoagulative properties, preferentially fucoidan.
	Šifra	F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka
	Objavljeno v	Patent št. 22467, št. prijave 200700097 z dne 19.04.2007, podeljen dne 31.10.2008. Ljubljana: Urad Republike Slovenije za intelektualno lastnino, 2008. 1 f.	
	Tipologija	2.25 Druge monografije in druga zaključena dela	
	COBISS.SI-ID	11320854	
2.	Naslov	SLO	Krvno skladni filmi na sintetičnih polimerih
		ANG	Antithrombotic coating of synthetic polymers
	Opis	SLO	Adsorpcija naravnih polimerov (chitozana, derivatov chitozana (chitozan sulfat), sulfatiranega fukoidana in sulfatiran galaktozoglukomanan) na aktivirane PET filme je bila spremljana z uporabo QCM. Lastnosti modificiranih površin so bile določene s pomočjo elektrokinetičnih meritev, XPS in AFM. Rezultati in vitro testiranja s pomočjo APTT metode, metode določanja prostega hemoglobina, RBC metode, adsorpcije proteinov kažejo na izboljšanje biokompatibilnosti s pomočjo polisaharidov modificiranih PET filmov.
		ANG	The adsorption of biopolymers (onto the activated PET surface under different conditions) was monitored using QCM; the properties gained by biopolymer adsorption were investigated using XPS, electrokinetic measurements and AFM. The results of in-vitro measurements: thromboplastine time (APTT), clotting time, RBC clothing, protein adsorption, endothelial cell seeding showed that PET surface modification using sulphated polysaccharides significantly improve their biocompatibility.
	Šifra	B.04	Vabljen predavanje
	Objavljeno v	Polymer Congress APA-2009 "Polymer science and technology: vision and scenario", December 17-20, 2009, New Delhi, India COBISS.SI-ID 13863702	
	Tipologija	2.31 Zbornik recenziranih znanstvenih prispevkov na mednarodni ali tuji konferenci	
	COBISS.SI-ID	13863702	
3.	Naslov	SLO	EPNOE Znanstveno poslovno srečanje , Maj 2009, Utrecht, Nizozemska
		ANG	EPNOE Scientific Meeting & 2nd Business and Industry Club Meeting, May 2009, Utrecht, Netherlands
	Opis	SLO	Karin Stana-Kleinschek je bila predsednica organizatorskega in znanstvenega odbora konference: EPNOE Scientific Meeting & 2nd Business and Industry Club Meeting, Maj, 2009, Utrecht, Nizozemska. Na znanstvenem posvetovanju so bili predstavljeni najnovejši izsledki s področja polisaharidov. Znanstveno srečanje je bilo namenjeno predstavitvi znanstvenih rezultatov evropski industriji. Na srečanju so predstavili svoja doktorska dela tudi študentje, kar je bilo zanimivo s stališča prenosa znanja iz znanstvenih sfer v industrijsko prakso.
			Karin Stana-Kleinschek was the president of the organisation and scientific board of the: EPNOE Scientific Meeting & 2nd Business and

		ANG	Industry Club Meeting, May, 2009, Utrecht, Netherlands. On the meeting the newest research activities on the field of polysaccharides were presented. The meeting was dedicated to presentation of the newest research trends to the European industry. The young researcher presented their PhD thesis, what was interesting for the transformation of the knowledge from the scientific sphere to the industrial one.	
	Šifra		C.01 Uredništvo tujega/mednarodnega zbornika/knjige	
	Objavljeno v		[COBISS.SI-ID 63074049]	
	Tipologija		2.31 Zbornik recenziranih znanstvenih prispevkov na mednarodni ali tuji konferenci	
	COBISS.SI-ID		63074049	
4.	Naslov	SLO	EPNOE Projektni načrt 2010-2020.	
		ANG	EPNOE Road map 2010-2020.	
	Opis	SLO	Evropska mreža odličnosti polisaharidnih materialov EPNOE ima dve pomembni nalogi na področju uporabe polisaharidov na področju materialov, prehrane in farmacije/medicine in sicer je to organizacija izobraževanj iz področja polisaharidov in pa izvedba bazičnih in uporabnih znanstvenih raziskav pri proizvodnji novih produktov iz polisaharidov. Projektni načrt je pripravljen na osnovi različnih socialnih, političnih, industrijskih in znanstvenih vidikov. Nov vpogled v strukturo in funkcijo polisaharidov v naravi odpira nove možnosti uporabe in razvoja le teh s pomočjo inženiringa polisaharidov.	
		ANG	The European Polysaccharide Network of Excellence (EPNOE) has two main missions in the field of polysaccharide applications in materials, food, and pharmacy/medicine, which are to organise education in polysaccharide science and to perform basic and applied research for the development of new products derived from polysaccharides. The research road map was prepared from various social, political, industrial and scientific inputs. EPNOE. New insights in the structure and functions of polysaccharides in Nature open new ways for application developments through polysaccharide engineering.	
		Šifra		D.08 Upravljanje in razvoj raziskovalnega dela
		Objavljeno v		Paris: EPNOE Association, 2010. 25 str.
		Tipologija		2.13 Elaborat, predštudija, študija
		COBISS.SI-ID		13864214
5.	Naslov	SLO	In vitro določanje emokompatibilnosti z uporabo kremenove mikrotehnice z disipacijsko enoto (QCM-D).	
		ANG	In vitro hemocompatibility assessment using quartz crystal microbalance with dissipation (QCM-D).	
	Opis	SLO	Kremenova mikrotehnica z disipacijsko enoto je bila uporabljena za spremljanje adsorpcije krvnih proteinov (fibrinogena) na PET površino in za spremljanje koagulacijske kaskade krvne plazme na neobdelanih PET površinah in površinah z adsorbiranim heparinom. Iz tako pridobljenih eksperimentalnih podatkov s pomočjo QCM-D so pridobljene koristne informacije glede kinetike koagulacije, depozicije fibrina in viskoelastičnih lastnosti novonastalega strdka na površini. QCM-D se je izkazala kot zelo uporabno orodje za testiranje hemokompatibilnosti PET površin.	
		ANG	The Poly(ethylene terephthalate) (PET) model surface was prepared by spin coating technique. The quartz crystal microbalance with dissipation unit (QCM-D) were used for fibrin adsorption studies and for the online measurements of blood coagulation on the model PET surfaces treated with a conventional anticoagulant heparin and non-treated PET surfaces. From the QCM-D experimental data valuable information about clotting kinetics, fibrin deposition rate and viscoelastic properties of the clot were derived, which make the QCM-D very useful and helpful technique.	
		Šifra		B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci
		Objavljeno v		Proceedings of Autex 2010. Kaunas: Kaunas University of Technology, Faculty of Design and Technologies, Department of Textile Technology, 2010, 4 f
	Tipologija		1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
	COBISS.SI-ID		14233878	

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁸

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁹

9.1. Pomen za razvoj znanosti¹⁰

SLO

Preučene so bile možnosti uporabe alternativnih (naravnih) protitrombotskih substanc v smislu obdelav sintetičnih površin, predvsem polietilentereftalata, ki se večinoma uporablja za izdelavo sintetičnih vsadkov, kakor tudi v pomožnih napravah in aparatih, skozi katere je potrebno občasno speljati pacientovo kri.

Uporaba hitozana, fukoidana, dekstrana in galaktoglukomanana ter njihovih derivatov predstavlja novost v razvoju protitrombogenih površin. Bistven pomen za razvoj znanosti imajo, v okviru tega projekta pridobljena znanja s področja uporabe in kemične modifikacije alternativnih polisaharidov za izdelavo protitrombogenih površin. Poleg zgoraj naštetih polisaharidov smo preiskali še sulfatiran hitozan, sulfatirani galaktoglukomanani in sulfatirano celulozo. Ugotovljeno je bilo, da so njihovi protitrombogeni učinki sorazmerni z vsebnostjo sulfatnih skupin. Izbrani polisaharidi so bili ustrezno kemično modificirani (sulfatirani) tako, da njihove protitrombogene lastnosti in-vitro dosegajo lastnosti heparina. Ti znanstveni rezultati bistveno prispevajo k napredku na področju iskanja rešitev za zvišanje hemokompatibilnosti biomaterialov.

Izvedene so bile obširne študije uporabe kremenove mikrotehnice za in-vitro določanje hemokompatibilnosti s pomočjo analize adsorpcije proteinov na površine sintetičnih polimerov. Metoda določanja sproščenega hemoglobina je bila optimirana z vidika vpliva pH na konformacijo hemoglobina, disperzije prostega hemoglobina v raztopini, vpliva obdelave krvi z antikoagulantmi in ohlajanje krvi po njenem odvzemu, kar omogoča uporabo te tehnike za in-vitro analizo hemokompatibilnosti kemično podobnih biomaterialov.

Največ nejasnosti pa še vedno obstaja pri in-vitro vrednotenju protitrombogenosti realnih polimernih površin. Rezultati projekta so bistveno doprinesli k razvoju teh metod, saj je bila uspešno uvedena metoda določanja hemokompatibilnosti modelnih površin s pomočjo analize adsorpcije proteinov in spremljanja procesa strjevanja adsorbirane plasti s pomočjo kremenove tehnice. Poleg tega je bila uvedena in optimirana metoda določanja sproščenega hemoglobina, ki se izvaja na realnih vzorcih. Opravljena pa je bila tudi študija uporabnosti metode določanja števila in oblike trombocitov po kontaktu z relano površino. Rezultati pridobljeni v okviru tega projekta so bistveno doprinesli k boljšemu razumevanju procesov, ki se sprožijo ob kontaktu biomateriala s krvjo.

ANG

The usability of the alternative (natural) antithrombogenic substances for the synthetic materials surfaces modification, i.e. poly(ethylene terephthalate; PET) was studied. PET is frequently used material for production of synthetic vascular grafts as well as for medical devices, which are used for the external blood circulation.

The most important knowledge for the scientific development achieved in this project is the knowledge about the application and chemical modification of different alternative polysaccharides for production of antithrombotic surfaces. The use of chitosan, fucoidan, dextran and galactoglucomannan for the development of antithrombogenic surfaces represents a new approach. Beside above mentioned substances sulphated chitosan, sulphated galactoglucomannan and cellulose were studied. It was established that the amount of sulphated groups is proportional to the antithrombogenic effects. Chemically modified (sulphated) PS were modified in the way, that their antithrombogenic properties reach that ones of heparin. These scientific achievements contribute to the progress in searching for new solutions in biomaterials' hemocompatibility improvement.

QCM technique was studied in order to its application for in-vitro determination of hemocompatibility with the protein adsorption onto synthetic polymers' surfaces.

The "released haemoglobin method" was optimised regarding pH of incubation solution, haemoglobin dispersion in solution, anticoagulant addition and blood cooling. This optimization procedure enabled application of the method for in-vitro testing of hemocompatibility of chemically similar surfaces.

The main problem in the field of biomaterials hemocompatibility is still the in-vitro evaluation of the real surfaces. The project results essentially contributed to the development of these methods. The method of hemocompatibility determination of model surfaces with the analysis of protein adsorption and investigation of the coagulation process of adsorbed layer using quartz crystal microbalance with dissipation unit was successfully introduced. Furthermore, the "haemoglobin free method", which is suitable for real surfaces was introduced and optimised. Beside this the study of the applicability of the determination of the form and number of adhered thrombocytes onto real polymer surface was performed.

The results achieved in this project essentially contributed to better understanding of the processes, which are triggered after the contact of real biomaterials' surfaces with blood.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹¹

SLO

Možnost uporabe polisaharidov za doseganje protitrombogenosti PET površin predstavlja potencialno možnost za razvoj novih tehnoloških postopkov. Razvoj oz. uporaba alternativnih polisaharidov za izdelavo hemokompatibilnih (protitrombogenih) PET površin sodi v področje prioritete, definiranih v nacionalnem programu RS. Oporaba v tem projektu modificiranih polisaharidov in tehnik za njihovo fiksacijo na PET površine lahko bistveno prispeva k zmanjšanju števila pooperativnih komplikacij, s tem pa k zmanjšanju števila bolnišničnih dni in tako k izboljšanju splošne kvalitete življenja pacientov tako v Sloveniji kot v svetu. Rezultati projekta predstavljajo obširno bazo informacij o protitrombogeni učinkovitosti novih alternativnih sulfatiranih polisaharidih. To je lahko osnova za razvoj novih obnovljivih biomaterialov in ustanavljanje majhnih podjetij za njihovo proizvodnjo v Sloveniji.

Razvoj in-vitro metod za spremljanje protitrombogenosti realnih površin biomaterialov predstavlja dragoceno platformo za nadaljnje raziskovanje materialov in substanc, ki bi v bodočnosti lahko nadomestile konvencionalna sredstva proti strjevanju krvi živalskega izvora in predstavlja v slovenskem prostoru novost.

ANG

Ability to use polysaccharides for achievement of antithrombogenic characteristics of PET surfaces shows potential development of new technology. Development of procedures for preparation of alternative polysaccharides for hemocompatible (antithrombogenic) PET surfaces preparation is among the priorities defined in Slovenian national research program. The application of the polysaccharides and techniques prepared and modified in this project, will significantly contribute to the decrease of post-surgical complications and will consequently lower the time spent in the hospital and markedly improve overall quality of a patient's life. Rehabilitation of patients will be better and quicker and they will be returned to their private care. This will result in the disburdening of the health care system. The results of the project represent large information database about the antithrombotic effects of new alternative sulphated polysaccharides. This will be the basis for the development of new sustainable biomaterials and establishment of SMEs for their production in Slovenia.

The development of the methods for the determination of the antithrombotic properties of real surfaces represent the precious platform for further research of materials and substances, which could in the future replace conventional antithrombotic drugs based on animal sources and is a novelty in Slovenia area.

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	L2-9493
Naslov projekta	Razvoj optičnega senzorskega sistema za nedestruktivno kontrolo kvalitete embaliranih mesnih izdelkov
Vodja projekta	1407 Aleksandra Lobnik
Tip projekta	L Aplikativni projekt
Obseg raziskovalnih ur	3.150
Cenovni razred	C
Trajanje projekta	07.2007 - 06.2010
Nosilna raziskovalna organizacija	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	
Družbeno-ekonomski cilj	06. Industrijska proizvodnja in tehnologija

1.1. Družbeno-ekonomski cilj¹

Šifra	06.
Naziv	Industrijska proizvodnja in tehnologija

2. Sofinancerji²

1.	Naziv	Messer Slovenija, d.o.o.
	Naslov	Jugova 20, 2342 Ruše
2.	Naziv	Perutnina ptuj, d.d.
	Naslov	Potrčeva c. 10, 2250 Ptuj
3.	Naziv	
	Naslov	

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega projekta³

V zadnjem času narašča pritisk na proizvajalce prehrane v smislu zagotavljanja njene varnosti, kvalitete in zasledovanja. Pakiranje svežega mesa se izvršuje, da se prepreči njegova okužba, da se podaljša čas obstojnosti, encimatski procesi izboljšujejo mehkobo, znižuje se izguba na teži ter zagotavlja se obarvanost mesa na trgovskem ali potrošniškem nivoju. Mikroorganizmi povzročajo kvar hrane preko njihovega razmnoževanja ali indirektno s pridelavo metabolnih produktov, ki so lahko toksični. Medtem ko je pri nepakirani hrani bakterijska dekompozicija enostavno zaznana preko vonjav, pa njena detekcija v primeru pakiranih živil ni zaradi onemogočenega prodiranja plinskih produktov bakterijske dekompozicije, ki povzročajo vonj, skozi embalažo. Spremljajoči učinki pokvarjene hrane so produkcija plinov, kot so amonijak, vodikov sulfid, organski amini ali zaznane spremembe v O_2 ali CO_2 parcialnem tlaku. Cilj projekta je bil razviti optični kemijski senzorski sistem, za določevanje amonijaka, kisika in aminov, ki bo preko zaznavanja teh parametrov dal informacijo o kvaliteti mesnega proizvoda, kvaliteti in poškodbi pakirnega materiala in bo obenem zadovoljil vsem zahtevam aplikacij prehranskega pakiranja: (a) delovno območje senzorja (prilagoditev vrsti pakiranja zaradi različnih produktov, ki morajo biti pakirani v različnih modificiranih atmosferah), (b) temperaturna odvisnost (delovanje senzorja v širokem temperaturnem območju, od -20 do $+30^\circ C$), (c) hiter odzivni čas (pomemben za trenutno, kontinuirano kontrolo kvalitete), (d) stabilnost (senzorji, ki so vgrajeni v mesna pakiranja, morajo delovati in biti zanesljivi do več tednov, od časa pakiranja do časa odprtja; izpostavljenost vidni svetlobi, kakor tudi UV razstavnici svetlobi v trgovini lahko povzroči postopno degradacijo nekaterih barvil in staranje polimerov) in (e) netoksičnost senzorskih elementov (ki bi lahko zaradi direktnega stika s pakirano hrano le-to zastrupili).

V okviru prve faze projekta smo naredili obširen pregled literature in primerna indikatorska barvila, ki bi jih lahko uporabili za nadaljnji razvoj senzorjev. Sama indikatorska barvila so bila izbrana na podlagi njihovih spektralnih lastnosti, reaktivnosti, fotostabilnosti in združljivost z preprosto in cenovno ugodno optoelektronsko merilno napravo (LED, fotodiode, itd). Barvilo aminofluorescein (AF) smo izbrali, ker je komercialno dostopno, relativno poceni in ima močno fluorescenco. AF je kompatibilen z cenovno ugodno optoelektronsko merilno napravo, ker ima vzbujanje pri valovni dolžini 490 nm. Barvilo za amine smo izbrali 4-N,N-dioctilamino 4'-trifluoroacetil azobenzen, ki se odziva na amine in ne na amonijak. Za določevanje kisika smo izbrali rutenijev kompleks, ki ima dolgi čas vzbujenega stanja in velik Stokesov premik.

V okviru faze 2 smo posamezna testiranja odzivnosti indikatorskih barvil v raztopinah na tarčne analite izvedli na spektrofotometru in spektrofluorometru. Vsa indikatorska barvila so pokazala dobro občutljivost na izbran analit. V nadaljevanju smo posamezna indikatorska barvila imobilizirali v različne hibridne sol-gel materiale (faza 3). Ti materiali so lahko po svoji naravi hidrofilni ali hidrofobni. Sol-gel proces omogoča pripravo steklu podobnih poroznih materialov pri sobni temperaturi. Sol-gel mreža se oblikuje preko reakcij

hidrolize in kondenzacije. S kontrolo procesnih parametrov (pH, tip in koncentracija sol-gel prekursorja, količina vode, pogoji sušenja, vrsta topila) in staranjem sola in sol-gela lahko vplivamo na mikroporoznost in polarnost sol-gela ter posledično tudi na senzorske karakteristike. Za izdelavo sol-gel membran smo uporabili tako kislino kot bazično kataliziran sol-gel postopek. Preučevali smo tudi vpliv razmerja med vodo in prekursorjem ter vpliv vsebnosti organsko modificiranih sol-gel prekursorjev na mikrostrukturo membrane. Priprava primerne nosilca indikatorja je ključnega pomena, saj izbira primerne matrike signifikantno vpliva na delovanje sensorja. Namen je bil izdelati stabilne, transparentne in homogene sol-gel membrane. Izkazalo se je, da ima poleg prej navedenih parametrov (pH, topilo, čas staranja, temperatura, R) močan vpliv na tvorbo membran tudi samo indikatorsko barvilo.

V okviru faze 4 je potekala validacija senzorskih membran. Validacija je zajemala določanje meja zaznave, občutljivosti, odzivnega časa, selektivnosti, izpiranje in fotostabilnost barvila. Meritve so potekale na spektrofluorometru in spektrofotometru. Z imobilizacijo indikatorjev v sol-gel mrežo se je fotostabilnost indikatorjev izboljšala. Testirali smo odzivnost membrane dopirane z rutenijevim kompleksom na kisik v plinski fazi, kjer smo merili intenziteto fluorescence. Membrana ima odličen odzivni čas (2 s) v delovnem območju od 0-100% O₂. Prav tako so se membrane izkazale za stabilne. Senzorska membrana z imobiliziranim AF je uporabna v delovnem območju od 1 do 20 ppm. Odzivni čas membrane na prisotnost amonijaka je 150 s in je obstojna dlje kot 6 mesecev. Razvili smo tudi sol-gel membrane za določevanje propilamina, ki temeljijo na reverzibilnem kemijskem zaznavanju. Odzivni čas membrane je 20-30 s. Meja detekcije je 0,1 mmol/L ter delovno območje od 0,003- 0,3 mol/L. Senzorska membrana je uporabna več kot 9 mesecev.

V okviru faze 5 smo preučevali postopke za pripravo seta senzorskih čipov na raznovrstnih polimernih nosilcih, ki omogočajo večjo robustnost seta senzorskih čipov in pocenitev postopka priprave. Preizkusili smo različne tehnike (tiskanje, premazovanje) nanašanja sensorjev na folijo tako brez aktivacije kot z aktivacijo PET površine po hidroliznem, redukcijskem in glikoliznem postopku. Izkazalo se je, da se pri postopku tiskanja senzorska raztopina prehitro strjuje zaradi povišane temperature, zato smo za nanašanje senzorske raztopine na folije uporabili premazovanje. Folijo smo pred tem površinsko obdelali po hidroliznem postopku, ki je cenovno ugoden in eno stopenjski, ter zahteva majhno količino kemikalij.

Po pripravi nanosov senzorskih čipov na polimerne nosilce smo testirali senzorski sistem v laboratoriju. Testirali smo karakteristike senzorskega sistema kot so občutljivost, mejo zaznave, delovno področje, odzivni čas ter stabilnost. V tem primeru smo dali večji poudarek na stabilnost senzorskih čipov kot so izpiranje indikatorja iz polimerne mreže, saj regulativa EC 1935/2004 namreč zahteva, da komponente materiala, ki so v kontaktu s hrano, ne prehajajo vanjo v takšnih količinah, da bi ogrožale človeško zdravje in povzročale organoleptične spremembe hrane. Z uporabo belega mikroporoznega politetrafluoroetilena (PTFE), ni prišlo do izpiranja indikatorja iz

polimerne osnove pri namakanju senzorskih čipov 3 dni v destilirani vodi. Karakteristike senzorskega sistema z uporabo PTFE niso spremenile.

V okviru faze 7 smo testirali kvalitete različnih komercialnih materialov za pakiranje. Pakirni materiali, ki jih uporablja prehrambena industrija, so lahko enokomponentni (polietilen ali polivinil klorid) ali večkomponentni (laminirani ali koekstrudirani različni polimeri). Prepustnost materiala za pline lahko variira in ima signifikanten vpliv na rok uporabe in kvar embaliranega produkta. Testirali smo embalarne material kot so biaksialno orientirani poliamid z polietilenskim premazom (PA/PE), večkomponentno folijo iz poliestra, polivinilalkohola in polietilena (PET/PVA/PE) ter amorfni poliester z polietilenskim premazom (PET/PE) na prepustnost na kisik, amonijak in propilamin. Testiranje embalirnih folij na prepustnosti posameznih parametrov kot so kisik, propilamin in amonijak je pomembno, saj lahko vdor ali izhajanje teh plinov vpliva na lažni pozitivni oz. negativni rezultat. Folija PA/PE ima prepustnost na kisik do $25 \text{ cm}^3/\text{m}^2$ 24 h bar ter prepustnost na propilamin in amonijak do $15 \text{ cm}^3/\text{m}^2$ 24 h bar. Folija PET/PVA/PE ima prepustnost na kisik do $1,5 \text{ cm}^3/\text{m}^2$ 24 h bar, na propilamin manj kot $0,2 \text{ cm}^3/\text{m}^2$ 24 h bar in na amonijak manj kot $0,1 \text{ cm}^3/\text{m}^2$ 24 h bar. Folija PET/PE ima prepustnost na kisik do $14 \text{ cm}^3/\text{m}^2$ 24 h bar in na amonijak ter propilamin do $2,3 \text{ cm}^3/\text{m}^2$ 24 h bar.

Pred samo integracijo senzorjev v izdelke pakirane z modificirano atmosfero (MAP) smo skupaj z investitorjem preučevali posamezne faze avtomatizirane pakirne linije. Na podlagi tega smo želeli določiti fazo, v kateri bi bilo najbolj optimalno integrirati senzor v MAP pakiranje ter možnost priprave senzorjev po in-situ postopku. Izkazalo se je, da priprava senzorjev po in-situ postopku in možna zaradi same priprave senzorskih raztopin in nanašanja le teh na folijo. Senzorje bi bilo potrebno nanašati na folijo pred samim postopkom pakiranja. Obstoječi avtomatiziran pakirni sistem bi bilo potrebno v ta namen modificirati, za kar bi bile potrebne dodatne investicije. Posamezne senzorje smo v laboratoriju integrirali v MAP pakiranje. Senzorji z zunanjo detekcijsko enoto so se odzivali v skladu s pričakovanji. Prihajalo je le do manjših odstopanj (do 3 %), kar je lahko vpliv prehajanja posameznih plinov preko folije in nizke temperature.

Razvili smo optične kemijske senzorje za merjenja kisika, amonijaka in aminov. Pri samem razvoju senzorjev smo upoštevali zahteve prehrabnega pakiranja. Kisikov senzor ima odzivni čas 2 s in prekriva delovno območje od 0-100% O₂. Senzor za amonijak ima odzivni čas 150 s in delovno območje od 1 do 20 ppm. Senzor za določanje aminov ima mejo zaznave 0,1 mmol/L, delovno območje od 0,003- 0,3 mol/L in odzivni čas 20 s. Vsi senzorji so se izkazali kot stabilni.

Z integracijo the senzorjev v pakirani mesni izdelek v modificirani atmosferi lahko senzorji podajo informacijo o svežosti oz. kakovosti pakiranega mesnega izdelka brez, da pri tem odpremo izdelek. Optični kemijski senzorji, ki zadostijo pogojem prehrabne industrije, predstavlja nov in aktualen prispevek tako k uporabni strani znanosti kot tudi potrošnikom. Poleg tega optični kemijski

senzorski sistem sledi novim smernicam Evropskih in drugih direktiv na področju sledljivosti kvalitete živil in varnosti živil.

4. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev⁴

Cilj raziskav je bil razvoj senzorjev za določanje kisika, aminov in amonijaka, preko katerih lahko pridobimo informacijo o kvaliteti mesnega proizvoda, kvaliteti in poškodbi pakirnega materiala. Največji poudarek je bil na doseganju visokih standardov prehranske industrije. Senzorji z zunanjo detekcijsko enoto so se odzivali v skladu s pričakovanji. Izkazalo se je, da jih je možno uporabiti v predvidene namene. Da bi to pridobljeno znanje lahko spravili v produkt in na tržišče, je potrebno še izdelati detekcijsko enoto z visoko občutljivostjo in ki bo primerna za uporabo nestrokovno usposobljenih uporabnikov. Prav tako je potrebno izvesti še testiranje teh senzorjev v skladu z regulativa EC 1935/2004, ki namreč zahteva, da komponente materiala, ki so v kontaktu s hrano ne prehajajo vanjo v takšnih količinah, da bi ogrožale človeško zdravje in povzročale organoleptične spremembe hrane ter postaviti masovno proizvodnjo in izdelati marketinško strategijo.

5. 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 zaradi odhoda dr. Matejke Turel na porodniški dopust. V letu 2010 smo za dr. Turelovo obračunali 204 ure od predvidenih 304 ur. Preostalih 100 ur je izvedel dr. Aljoša Košak, ki smo ga vključili v projektno skupino in to tudi javili na ARRS.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁶

Znanstveni rezultat			
1.	Naslov	SLO	Direct UV-LED lifetime pH sensor based on a semi-permeable sol-gel membrane immobilized luminescent Eu ³⁺ chelate complex
		ANG	Direct UV-LED lifetime pH sensor based on a semi-permeable sol-gel membrane immobilized luminescent Eu ³⁺ chelate complex
	Opis	SLO	Razvili smo nov optični kemijski senzor za detektiranje pH z uporabo europijevega kompleksa imobiliziranega v sol-gel matriks.
		ANG	A new optical luminescent-lifetime pH sensor based on the sol-gel doped europium chelate has been developed.
	Objavljeno v	Sensors and Actuators B: Chemical 131(1): 247-253, 14 Apr. 2008	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
	COBISS.SI-ID	12228374	
2.	Naslov	SLO	Nanostructured materials use in sensors: their benefits and drawbacks
		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 materialu. Opisane so prednosti in slabosti uporabljenih nanomaterialov, ki so bili uporabljeni v optični detekciji ter nedavno razviti optični kemijski senzorji 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. Our presentation 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	Objavljen samostojen znanstveni sestavek v monografiji; Springer 2011 http://cobiss6.izum.si/scripts/cobiss?ukaz=DISP&id=1357121182050860&rec=-14514198&sid=0&fmt=10
	Tipologija	1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji
	COBISS.SI-ID	14514454
3.	Naslov	SLO pH responsive sol-gel hybrid material doped with colorimetric sulfonephthalein pH indicators
		ANG pH responsive sol-gel hybrid material doped with colorimetric sulfonephthalein pH indicators
	Opis	SLO Optično zaznavanje pH sprememb nudi številne prednosti pred konvencionalnimi metodami, in sicer občutljivost na električne interference, enostavnost imobilizacije in zmožnost zaznavanja na daljavo ter in vivo. V tej raziskavi smo testirali funkcionalni anorgansko-organiki hibridni materiali ter vplive epoksi-modificiranih silikatnih matric z ujetim pH sulfonftaleinskim kolorimetričnim indikatorjem. Razviti senzori na osnovi hibridnih sol-gel matric imajo dinamična pH območja, ki ustrezajo naši aplikaciji, kot sta okoljsko inženirstvo in bioprosesiranje.
		ANG Optical pH sensing offers numerous advantages over conventional references, ease of miniaturization and the possibility of remote electrochemical techniques, for example, immunity to electrical insensing and in vivo measurement. In this work, we have studied the effects of epoxy-modification of silicate matrices containing entrapped pH sulfonephthalein colorimetric indicators as functional inorganic-organic hybrid materials. The developed sensors based on the hybrid sol-gel matrixes have dynamic pH ranges that are amenable to applications, such as environmental monitoring and bioprocessing.
	Objavljeno v	10th European Conference on Optical Chemical Sensors and Biosensors, Europt(r)ode X, Prague 2010, March 28-31 Book of abstracts. Prague: Institute of Photonics and Electronics, 2010, str. 163
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
COBISS.SI-ID	14002710	
4.	Naslov	SLO Nano-based optical chemical sensors
		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 features they can help to improve sensitivity, response time and detection limit of sensors. Recently developed photoluminescence-based optical chemical nanosensors are presented.
	Objavljeno v	J. nano res. (Print). [Print ed.], 2011, vol. 13, str. 99-110
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID	14803990	
5.	Naslov	SLO Microtiterplate phosphate assay based on luminescence quenching of a terbium complex amenable to decay time detection
		ANG Microtiterplate phosphate assay based on luminescence quenching of a terbium complex amenable to decay time detection
		V članku je predstavljen nov luminescentni evropijev kompleks za

Opis	SLO	določevanje fosfatnih ionov v mikroploščah. V primerjavi z drugimi razvitimi metodami za določevanje anorganskega fosfata, je EuTc v prednosti, saj deluje v nevtralnem pH 7 območju in je zato primeren za določevanje fosfatov v bioloških in biokemijskih sistemih. Meja zaznave fosfatnih ionov je bila 3 µmol/L. Ta senzorski sistem je hiter, enostaven, specifičen in občutljiv in tako predstavlja prednostno alternativo pred ostalimi razvitimi metodami za določevanje fosfatov.
	ANG	In this paper, a new luminescent europium probe is presented for the determination of phosphate (P) in microtiter plate format. Compared to other developed methods for inorganic phosphate determination, the present assay is advantageous since it works best at a neutral pH 7 range and is therefore suitable for phosphate determination in biological and biochemical systems. The limit of detection was 3 µmol/L of P. This sensor system is fast, easy, specific and sensitive and thus presents an advantageous alternative to other developed methods for phosphate detection.
Objavljeno v	Anal. chim. acta. [Print ed.], 2010, vol. 675, iss. 1, str. 42-48, doi: 10.1016/j.aca.2010.06.034.	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
COBISS.SI-ID	14268694	

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine⁶

Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat		
1.	Naslov	SLO Optični kemijski senzorji in njihova uporaba
		ANG Optical chemical sensors and their applications
Opis	SLO	Predavanja na Chemistry Department seminars, Buenos Aires, Gerencia de Química, CNEA Centro Atómico Constituyentes, Avda. Gral. Paz 1499, (B1650KNA) San Martín, Pcia. de Buenos Aires, Argentina. Buenos Aires, 2009
	ANG	Lecture, presented in the Framework of the Chemistry Department seminars, Buenos Aires, Gerencia de Química, CNEA Centro Atómico Constituyentes, Avda. Gral. Paz 1499, (B1650KNA) San Martín, Pcia. de Buenos Aires, Argentina. Buenos Aires, 2009
Šifra	B.05 Gostujoči profesor na inštitutu/univerzi	
Objavljeno v	Buenos Aires, 2009	
Tipologija	3.14 Predavanje na tuji univerzi	
COBISS.SI-ID	13414678	
2.	Naslov	SLO Optični kemijski senzorji in njihova uporaba
		ANG Optical chemical sensors and their applications
Opis	SLO	Predavanja na Electrical and Electronics Engineering Department, Universiti Teknologi Petronas, Bandar Seri Iskandar, Tronoh, Perak, Malaysia, 22. September 2008
	ANG	Lecture delivered at the Electrical and Electronics Engineering Department, Universiti Teknologi Petronas, Bandar Seri Iskandar, Tronoh, Perak, Malaysia, 22. September 2008
Šifra	B.05 Gostujoči profesor na inštitutu/univerzi	
Objavljeno v	Bandar Seri Iskandar, Tronoh, Perak, Malaysia, 2008	
Tipologija	3.14 Predavanje na tuji univerzi	
COBISS.SI-ID	12712470	
3.	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
COBISS.SI-ID		66598401
4.	Naslov	SLO Optični senzorji za varno hrano
		ANG Optical sensors for food safety
	Opis	SLO 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
		ANG Content/Chapters: Optical sensors and their use Use of spectroscopic methods for optical sensors Optical temperature measurement 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		FRANČIČ, Nina, KORENT UREK, Špela, BAJSIČ, Ivan, NAHBERGER MARČIČ, Vida, LOBNIK, Aleksandra, SENICA, Heda, TUREL, Matejka, KRIŽAN, Janez, MOŽINA, Janez, LOBNIK, Aleksandra (ur.), TUREL, Matejka (ur.), BAUMAN, Maja (ur.). Optični senzorji za varno hrano : strokovna monografija. Maribor: IOS - Inštitut za okoljevarstvo in senzorje, 2010. III
Tipologija		2.02 Strokovna monografija
COBISS.SI-ID		251412480
5.	Naslov	SLO Vlaknasti optični kemijski senzorji
		ANG Fiber optic chemical sensors
	Opis	SLO Predavanje na Faculty of Textile Science and Technology, Shinshu University as part of global COE program "International Center of Excellence on Fiber Engineering", October 25th-October 28th, 2010, Tokida, Ueda-city, Nagano, Japan
		ANG Lecture, presented at the Faculty of Textile Science and Technology, Shinshu University as part of global COE program "International Center of Excellence on Fiber Engineering", October 25th-October 28th, 2010, Tokida, Ueda-city, Nagano, Japan
Šifra		B.05 Gostujoči profesor na inštitutu/univerzi
Objavljeno v		Nagano, Japan, 2010
Tipologija		3.14 Predavanje na tuji univerzi
COBISS.SI-ID		14542358

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁸

1.25 Drugi članki ali sestavki:
Testing food safety with optical sensors [Elektronski vir] / Špela Mojca Korent, Aleksandra Lobnik, and Gerhard J. Mohr
<http://dx.doi.org/10.1117/2.1200810.1295>

TI=SPIE newsroom [Elektronski vir] ISSN: 1818-2259 (2008).- [2] str.
COBISS.SI-ID 12760598

1.06 objavljen znanstveni prispevek na konferenci (vabljen predavanje)
Optical sensors incorporated into textile materials [Elektronski vir] / A. Lobnik, Š.M. Korent,
M. Turel (2008)

TI=Futurotextiel 08 [Elektronski vir].- [5] str.
COBISS.SI-ID 12880406

Doktorska disertacija/ Mentor pri doktorski disertaciji
Razvoj novih optičnih kemijskih senzorjev za določevanje aminov in organofosfatov :
doktorska disertacija / Špela Korent Urek; mentor: Aleksandra Lobnik
Ljubljana : [Š. Korent Urek], 2010
COBISS.SI-ID 253817344

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁹

9.1. Pomen za razvoj znanosti¹⁰

SLO

Razvili smo optične kemijske senzorje za merjenja kisika, amonijaka in aminov. Pri samem razvoju senzorjev smo upoštevali zahteve prehrabnega pakiranja. Kisikov senzor ima odzivni čas 2 s in prekriva delovno območje od 0-100% O₂. Senzor za amonijak ima odzivni čas 150 s in delovno območje od 1 do 20 ppm. Senzor za določanje aminov ima mejo zaznave 0,1 mmol/L, delovno območje od 0,003- 0,3 mol/L in odzivni čas 20 s. Vsi senzorji so se izkazali kot stabilni.

Z integracijo teh senzorjev v pakirani mesni izdelek v modificirani atmosferi lahko senzorji podajo informacijo o svežosti oz. kakovosti pakiranega mesnega izdelka brez, da pri tem odpremo izdelek. Optični kemijski senzorji, ki zadostijo pogojem prehrabne industrije, predstavljajo popolnoma nov znanstveni izziv in aktualen prispevek k znanosti na področju razvoja novih optičnih kemijskih senzorjev. Po drugi strani pa so ti senzorji zanimivi tudi za potrošnika, proizvajalca mesnih izdelkov, kar pa kaže na njihovo uporabno vrednost. Ocenjujemo, da prav ta dvojnost, ki jo projekt izraža s stališča znanosti kot tudi uporabnosti, je velika kvaliteta zaključenega projekta.

ANG

We have developed an optical chemical sensors for measuring of oxygen, ammonia and amines. For the development of sensors, we took into account the requirements of food packaging. Oxygen sensor has a response time of 2 s and covers the operating range from 0 to 100% of O₂. Ammonia sensor has a response time of 150 s and the operating range of 1 to 20 ppm. Sensor for amines has a limit of detection of 0.1 mmol/L, working range from 0.003 to 0.3 mol/L and response time of 20 s. All sensors have proven to be stable. By integrating the sensors in packaged meat products in modified atmosphere sensors can give information about the freshness or quality of packed meat product without opening the product. Optical chemical sensors that satisfy the requirements of the food industry, represent a new and up-to-date contribution to the science dealing with the development of optical chemical sensors. On the other hand, they are highly interesting a for consumers as well as for producers, which points out their aplicability. A great quality of the completed project is precisely because of the duality in which the project reflects the views of the science as well as the utility.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹¹

SLO

Za Slovenijo imajo rezultati projekta predvsem uporabno vrednost, saj so kot sofinancerji bili v projekt vključeni tako PP kot mesni proizvajalec in Messer, ki je proizvajalec plinov, ki se uporabljajo za modificirano atmosfero pri pakiranju perutnine.

Proizvajalcem mesnih embaliranih proizvodov bo senzorski sistem omogočil optimizacijo in kontrolo pogojev pakiranja, skladiščenja in transportiranja. Senzorski sistem jim bo prav tako omogočil natančnejšo določitev efektivnega časa uporabnosti proizvoda preko vizualnih meritev svežosti vzporedno z rokom uporabnosti in s tem znižanja možnosti napak. Znižanje odpadkov (skozi mnogo bolj natančno oceno roka uporabnosti) in zaupanje proizvodu je velikega pomena za preprodajalce in proizvajalce, saj morajo biti proizvodi po roku trajanja odstranjeni ne glede na to ali so še vedno primerni za uživanje ali ne. Bolj učinkovito zasledovanje kvalitete hrane vpliva na višjo dodano vrednost proizvoda, večji ekonomski učinek in s tem večji proizvajalčev ugled. Proizvajalci bodo lahko z uporabo optičnega kemijskega senzorskega sistema sledili na novo in v prihodnosti izdanim Evropskim in drugim direktivam na področju sledljivosti kvalitete živil in varnosti živil.

For Slovenia, the findings of the project are of particular practical value, because the co-financiers involved in the project were PP, a meat producer, and Messer, a producer of gas which was used for modified atmosphere packaging of poultry. The sensor system will enable optimization and control of the conditions of packaging, storage and transport for the producers of packaged meat products. Sensor system will also enable more precise determination of the effective time use of the product by visual measurement of freshness in parallel with the shelf life and thus reducing the likelihood of errors. Reduction of waste (through a much more accurate estimation of the shelf life) and the confidence in the product is of great interest to dealers and manufacturers, as the products must be removed from the shelves after the date of expiration regardless of whether they are still suitable for consumption or not. More effective pursuit of food quality has a higher added value of the product, a greater economic impact and consequently better reputation of the manufacturer. Manufacturers will be able to use an optical chemical sensor system to follow the new and future European and other directives on traceability, food quality and food safety.

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	L2-0032
Naslov projekta	Obdelava odpadnih voda iz pralnic v membranskem bioreaktorju
Vodja projekta	6095 Sonja Šostar - Turk
Tip projekta	L Aplikativni projekt
Obseg raziskovalnih ur	4.650
Cenovni razred	C
Trajanje projekta	02.2008 - 01.2011
Nosilna raziskovalna organizacija	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	104 Kemijski inštitut
Družbeno-ekonomski cilj	

1.1. Družbeno-ekonomski cilj¹

Šifra	13.02
Naziv	Tehnološke vede - RiR financiran iz drugih virov (ne iz SUF)

2. Sofinancerji²

1.	Naziv	Salesianer Miettex Periteks, Negovanje in izposoja tekstila, d.o.o.
	Naslov	Blatnica 2, 1236 Trzin
2.	Naziv	Pralnica Lucija d.o.o.
	Naslov	Liminjanska cesta 102, 6320 Portorož
3.	Naziv	
	Naslov	

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega projekta³

Glavna cilja raziskovalnega projekta «Obdelava odpadnih voda iz pralnic v membranskem bioreaktorju» sta bila uvedba primerne kemijsko-termičnega postopka pranja v industrijski pralnici, ki bi bil po učinkovitosti primerljiv konvencionalnemu termičnemu procesu pranja in preučitev možnosti uvajanja čiščenja odpadnih pralnih vod s pomočjo pilotne naprave membranskega bioreaktorja.

V prvem delu raziskovalnega projekta smo v industrijski pralnici uvajali kemijsko-termični postopek pranja bolnišničnih tekstilij, in sicer s perocetno kislino kot učinkovitim belilnim, razkuževalnim in nevtralizacijskim sredstvom, z namenom zmanjšanja porabe kemikalij tekom procesa pranja. Z nižjimi temperaturami pranja (t.j. 70 °C) smo želeli doseči manjšo porabo električne energije, skrajšati postopke pranja glede na konvencionalni termični postopek pranja (t.j. 90 °C) in doseči primerljivo čistost, razkuženost in neoporečnost opranih tekstilij.

Najprej smo izvedli optimizacijo kemijsko-termičnega postopka pranja bolnišničnih tekstilij, in sicer najprej s simulacijo v laboratorijskem pralnem stroju, nato pa preizkušen proces pranja prenesli v obe industrijski pralnici. Pri tem smo spremljali razkuževalni učinek postopka pranja z uporabo standardnih bioindikatorjev *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 in *Enterococcus faecium* ATCC 6057, spremljali kakovost pranja s standardno bombažno tkanino v skladu s kakovostnimi in kontrolnimi določili po RAL-GZ 992 in spremljali morebitne negativne vplive odpadne pralne vode v skladu z Uredbo o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz naprav za pranje in kemično čiščenje tekstilij (U.I. RS 41/07). S spremljanjem uvedenega kemijsko-termičnega postopka pranja v industrijski pralnici smo ugotovili, da uveden postopek pranja zadosti vsem predhodno postavljenim zahtevam, saj je bilo z analizami preživetja standardnih bioindikatorjev, analizo testnih tkanin in odpadne vode ugotovljeno, da ima uveden postopek pranja razkuževalni učinek, saj postopka pranja ni preživel noben bioindikator, zagotavlja primerno kakovost opranih tekstilij v skladu z zahtevami po RAL-GZ 992 in nima negativnih vplivov na okolje, saj so bile vrednosti odpadne vode nižje od predpisanih mejnih vrednosti.

V drugem delu raziskovanja smo proučevali delovanje membranskega bioreaktorja (MBR) in možnost vpeljave tehnologije v industrijsko okolje, z namenom zmanjšanja porabe sveže vode in ponovno uporabo reciklirane odpadne vode v procesih pranja. Pralnice namreč za pranje tekstilij porabijo povprečno 5 L vode/kg suhega perila, za celoten proces pranja pa povprečno 8 L vode/kg suhega perila. Glede na to, da obe proučevani industrijski pralnici pereta do 10 ton perila dnevno, je poraba vode in s tem kemikalij enormna. Sestava odpadne pralne vode je pri tem zelo kompleksna, saj so v njej prisotne nečistoče, ki izvirajo z umazanih tekstilij, in sicer v obliki vodotopnih nečistoč, v vodi emulgiranih in nabreklih nečistoč ter v vodi netopnih nečistoč. Poleg nečistoč se v pralni kopeli nahajajo tudi ostanki pralnih in pomožnih sredstev, kot npr. tenzidov, alkalij, encimov, kompleksantov, belilnih/razkuževalnih sredstev in ostalih pomožnih sredstev, z nalogo pospeševanja procesa pranja. Te spojine bolj ali manj negativno vplivajo na mikrobiološko razgradljivost v odpadni vodi prisotnih organskih in anorganskih spojin. Določene spojine, ki izvirajo iz pralnih sredstev, lahko pomembno vplivajo na mikrobiološko razgradljivost, in sicer v obliki aktiviranja organskih onesnaževalcev in zaviranja bioloških procesov ter na ta način povzročajo toksičen učinek na vodne organizme.

Najprej smo izvedli preliminarne raziskave vpeljave tehnologije membranskega bioreaktorja (MBR) s potopljeno membrano, in sicer v laboratorijski pilotni napravi. Delovanje naprave smo dnevno spremljali z določevanjem osnovnih parametrov odpadne vode pred in po čiščenju ter spremljali delovanje bioreaktorja. V prvi fazi smo najprej izvedli čiščenje sintetične pralne vode, ki je bila simulacija odpadne pralne vode iz pralnic. Nato smo postopek čiščenja optimirali, saj smo morali doseči optimalne pogoje delovanja reaktorja. Tekom raziskave se je tudi večkrat izkazalo, da se koncentrat akumulira na površini membrane in s tem povzroča zmanjšan pretok vode skozi membrano pri danem transmembranskem tlaku (TMP) oziroma povzroči obratno povečanje TMP, kar je občasno vodilo do zmanjšanja permeabilnosti oziroma pretoka skozi membrano. S povratnim pretokom smo pore zopet odmašili.

V MBR čiščenje odpadne vode poteka kot kombinacija biološke razgradnje odpadne vode z aktivnim muljem in fizikalnega procesa filtracije skozi membrano. V praksi to poteka tako, da odpadna voda priteče v aerobni del bioreaktorja, kjer poteče oksidacija organskih snovi z aktivnim

muljem, nato pa se tako prečiščena voda vodi skozi membrano, kjer se zadržijo flokule aktivnega mulja in vse suspendirane snovi. Za učinkovito delovanje MBR morajo biti zagotovljene naslednje zahteve: dobra oskrba aktivnega blata s kisikom, mešanje v bazenu z aktivnim blatom, tlak za potek membranske filtracije (transmembranski tlak) in konstantni pretok na membrano (crossflow). Postopek čiščenja odpadne vode z aktivnim blatom je metoda s suspendirano biomaso v aerobnih pogojih, pri čemer se pri metaboličnih reakcijah mikroorganizmov, s pretvorbo in odstranjevanjem različnih snovi v vodi porablja kisik. Pomemben vpliv na okolje ima odpadna voda iz postopkov pranja, saj poleg nečistoč vsebuje tudi ostanke pralnih in pomožnih sredstev, ki po eni strani pospešijo postopek pranja, po drugi strani pa bolj ali manj negativno vplivajo na mikrobiološko razgradljivost v odpadni vodi prisotnih organskih in anorganskih snovi. Določene spojine, ki izvirajo iz pralnih sredstev, npr. površinsko aktivne substance (tenzidi), natrijev perborat tetrahidrat in natrijev silikat, pa pomembno vplivajo na razgradljivost v odpadni vodi prisotnih organskih in anorganskih snovi. Zaradi tega je zelo pomembna dobra mikrobiološka razgradljivost posameznih komponent, saj te prehajajo v čistilne naprave in so posledično prisotne tudi v iztoku iz čistilne naprave, zaradi česar prispevajo svoj delež k celotni toksičnosti iztoka. V projektu uporabljena MBR tehnologija je vsebovala kombinacijo reaktorja, v katerem je potekal proces biološkega čiščenja in membransko enoto, v kateri je potekal proces ločevanja aktivnega blata (biomase) od čiščene vode. Pri tem procesu je odpadna voda pritekala v sistem za biološko čiščenje, mešanica aktivnega blata in vode pa nato v filtracijsko celico z membranami za mikro- oziroma ultrafiltracijo. Po filtraciji, se je aktivno blato vračalo nazaj v proces biološkega čiščenja, očiščeno vodo pa se je lahko ponovno uporabilo kot tehnološka voda, brez suspendiranih delcev oziroma je bila tako pripravljena primerna za izpust v vodotok. Bioreaktor v katerem smo določali stopnjo eliminacije komponent odpadne vode je bil sestavljen iz aerobnega in anoksičnega dela. Odpadna voda se je najprej filtrirala preko membranske enote, ki je vsebovala mikrofiltracijsko membrano z velikostjo por 0,4 μm . Vtok odpadne vode in filtriranje permeata smo dosegli z uporabo dveh Masterflex L/S digitalnih črpalk. V aerobnem delu je bila nameščena klorirana polietilenska mikrofiltracijska membrana, z velikostjo por 0,4 μm in efektivno površino 0,1 m^2 . V prvem delu MBR so aerobni pogoji omogočili mikroorganizmom, da so ob prisotnosti raztopljenega kisika pretvorili organsko razgradljive snovi v vodo, ogljikov dioksid in biomaso, v anaerobnih pogojih pa se je izvedlo biološko odstranjevanje dušikovih (nitrifikacija/denitrifikacija) in fosforjevih spojin. Za zagotavljanje optimalnih pogojev delovanja bioreaktorja smo dnevno spremljali osnovne parametre odpadne vode pred in po čiščenju (pH, temperaturo, KPK, BPK₅, dušikove in fosforjeve spojine) ter obratovalne parametre MBR (koncentracijo in usedljivost aktivnega blata, volumski indeks blata, volumsko obremenitev čistilne naprave, obremenitev blata, zadrževalni čas in aktivnost blata). Pri tem je bilo ugotovljeno, da na razgradnjo vplivajo številni dejavniki: fizikalno-kemijski pogoji, biološki in kemijski parametri. Tako je bilo ugotovljeno, da MBR deluje tudi pri višjih koncentracijah aktivnega blata ($\gamma = 6-8 \text{ g/L}$) oziroma pri višji starosti blata. To je ugodno vplivalo na samo kinetiko bioloških procesov in razvoj specifičnih mikroorganizmov, ki pospešijo proces nitrifikacije, hkrati pa se je zmanjšala količina priraslega (odvečnega) blata. Zaradi ločevanja trdnih delcev od tekočine, se je dosegla dobra kakovost izhodne vode, pod 2 mg/L, saj so se v vodi suspendirani delci zadržali na membrani v reaktorju. V zadnjem delu raziskave smo optimizirali delovanje MBR sistema, in sicer pod tistimi pogoji delovanja, ki so se izkazali za najoptimalnejši glede na sestavo odpadnih voda iz pralnic in pri katerih smo dosegli najboljše rezultate v aerobnem delu in pretvorbo organskih snovi ob dovajanju zadostne koncentracije zraka (večje od 0,5 mg/L) in anaerobne pogoje za proces denitrifikacije in odstranitve fosforja. Pri izvajanju analiz smo dnevno spremljali skupni dušik (N-skupni), skupni fosfor (P-skupni), KPK na vhodu v sistem in iztoku iz sistema ter koncentracijo nitrata (NO_3^-) in amonijevega dušika (N-NH_4^+) na iztoku iz sistema. Z meritvami so se tako dnevno spremljala morebitna nihanja in spremembe pogojev v MBR sistemu. Pri tem smo ugotovili, da višja koncentracija aktivnega blata pomeni daljši zadrževalni čas blata pri določenem hidravličnem zadrževalnem času, kar pomeni, da starost blata (SRT) omogoči bolj stabilen biološki proces, ki se je izkazala z nižjo porabo kisika pri iztočni odpadni vodi, ki smo jo spremljali s pomočjo BPK₅. Višji SRT tako zagotavlja zadostno odstranjevanje organskih snovi, popolno nitrifikacijo, razmnoževanje mikroorganizmov, ki odstranijo tudi tiste organske snovi, ki težje in počasneje razpadejo. Med delovanjem naprave smo redno spremljali tudi ostale parametre, ki so pomembni za rast mikroorganizmov: koncentracijo aktivnega blata (g/L), usedljivost blata-VU in volumski indeks

blata-VIB (mL/g).

S predhodnimi analizami odpadnih pralnih vod iz pralnic smo ugotavljali onesnaženost odpadnih vod z razgradljivimi in nerazgradljivimi organskimi spojinami (KPK) in biološko razgradljivimi organskimi in/ali anorganskimi spojinami (BPK₅). Pri tem smo ugotovili, da so vrednosti dokaj visoke, kar je pomenilo, da je v odpadnih pralnih vodah prisotnih veliko snovi, ki so se tekom procesa oksidirale oziroma so bile pokazatelj, da so v odpadni vodi prisotne snovi dobro biološko razgradljive. Žal pa na biološko razgradljivost vplivajo v vodi prisotni ostanki pralnih in pomožnih sredstev, ki lahko bolj ali manj zavirajo sam proces oksidacije snovi oziroma proces biološke razgradnje celo zavirajo. V naslednji fazi smo določevali vsebnost neionskih/anionskih tenzidov v pralnem sredstvu, in sicer s potenciometrično metodo, z avtomatskim titratorjem 794 Basic Tetrino, proizvajalca Methrom. S spremljanjem razgradljivosti tenzidov je bilo ugotovljeno, da so v pralnem sredstvu prisotni anionski in neionski tenzidi, kar je pomembno vplivalo na samo razgradljivost odpadne pralne vode. Pri tem je bilo ugotovljeno, da na razgradnjo tenzidov vpliva koncentracija prisotnega kisika, dolžina alkilne verige pri anionskih tenzidih oziroma število etoksiliranih skupin pri neionskih tenzidih. Ostanek tenzidov se je absorbiral na aktivno blato, saj imajo tenzidi (neionski>anionski) relativno visoko sposobnost vezanja na blato, sediment in nečistoče. Pri tem je bilo ugotovljeno, da na razgradljivost tenzidov vplivajo koncentracija prisotnega kisika, dolžina alkilne verige pri anionskih tenzidih oziroma število etoksiliranih skupin pri neionskih tenzidih. Toksičnost nerionskih tenzidov se povečuje z zmanjševanjem stopnje etoksilacije in podaljševanjem hidrofobne alkilne verige, kar pomembno vpliva na biološko razgradljivost komponent v odpadni pralni vodi. Rezultati so pokazali, da sta potencial biorazgradljivosti tenzidov in kinetika razgradnje zelo odvisna od koncentracije tenzidov, kar pomembno vpliva na rast mikroorganizmov (celične mase v stacionarni masi in stopnji rasti).

Tekom raziskave je bilo ugotovljeno, da je pomembna prednost MBR tehnologije v primerjavi s klasičnimi postopki predvsem nižja količina po čiščenju nastalega odvečnega blata, višja kakovost očiščene odpadne vode, višja stopnja razgradnje raztopljenih organskih substanc in odstranjevanje morebiti prisotnih virusov in bakterij (kar je posebej pomembno pri obdelavi odpadne pralne vode bolnišničnih tekstilij) ter dopušča večjo koncentracijo biomase v reaktorju. MBR sistemi omogočajo tudi nižjo stopnjo rasti biomase pri višji starosti blata, krajši zadrževalni čas, visoko odstranitev trdnih in organskih snovi, dobro zadrževanje aktivnega blata, zaradi česar je delovanje sistema bolj fleksibilno v primerjavi s klasičnimi čistilnimi napravami.

4. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev⁴

V prvem delu raziskovalnega projekta smo v industrijski pralnici vpeljali kemijsko-termični postopek pranja, ki omogoča doseganje optimalnih rezultatov pranja, primerljivih termičnim postopkom in hkrati dosegli zmanjšanje stroškov pralnih pomožnih sredstev z vpeljavo perocetne kisline kot kombiniranega belilnega, razkuževalnega in nevtralizacijskega sredstva. Pri optimizaciji postopka smo ugotovili, da se z zniževanjem temperature pranja in sočasnim povečevanjem koncentracije razkuževalnega sredstva doseže primerna čistost in razkuženost tekstilij, nižja poraba električne energije in manjše poškodbe tekstilij, kar pomembno vpliva na njihovo življenjsko dobo.

V drugem delu raziskovalnega projekta smo izvedli simulacijo čiščenja odpadne pralne vode v membranskem bioreaktorju (MBR) s potopljeno membrano, in sicer v laboratorijskem merilu. Z uvajanjem nove tehnologije obdelave odpadnih vod smo želeli zmanjšati stroške pralnic pri dobavi sveže vode za pranje in zmanjšati stroške pri odvajanju odpadnih pralnih vod v kanalizacijo ter na ta način vzpodbuditi ekološko ravnanje z vodo. Pri proučevanju MBR tehnologije je bilo ugotovljeno, da je glavna prednost tega sistema malo ali skoraj nič suspendiranih snovi v očiščeni vodi in s tem posledično nižje KPK-vrednosti, očiščena voda skoraj ne vsebuje mikroorganizmov in virusov, kar je obetavno predvsem za čiščenje odpadnih pralnih vod iz zdravstvenih ustanov in domov za ostarele, zaradi daljšega zadrževalnega časa v procesu pa poteka boljša biološka razgradnja spojin. Sam sistem pa ima tudi slabosti, predvsem pogosto mašenje membran, kar pomembno vpliva na kroženje blata in dobro aeracijo sistema, pri čemer preprečevanje in nadzor nad zamažitvijo zahtevata veliko energije in časa ter visoke cene membran.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb,

povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine⁵

Pri izvajanju aplikativnega raziskovalnega projekta ni bilo bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega projekta.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁶

Znanstveni rezultat		
1.	Naslov	<i>SLO</i> Obdelava pralne odpadne vode v reaktorju z uporabo pritrjene biomase
		<i>ANG</i> Laundry wastewater treatment in a moving bed biofilm reactor
	Opis	<i>SLO</i> Onesnaženost odpadne vode iz pralnic je odvisna od izvora tekstilij, stopnje umazanosti in procesa pranja. Onesnaženje povzročajo raztopljene organske in anorganske spojine ter usedle in toksične spojine. V raziskavi so se preučevale možnosti obdelave pralne odpadne vode v reaktorju z uporabo pritrjene biomase (MBBR) z aktivno biomaso kolonizirano na polietilenske nosilce. Proces z uporabo pritrjelega biofilma omogoča v primerjavi s klasičnim postopkom višjo učinkovitost in stabilnost procesa, posebno pri nižjih temperaturah in višjih fluktuacijskih obremenitvah.
		<i>ANG</i> The pollution of laundry wastewater is dependant on the origin of linen, soil degree of linen and laundering process. It is caused by dissolved organic and inorganic substances, as well as sedimented and toxic substances. In this research a moving bed biofilm reactor (MBBR) was used with active biomass colonised onto polyethylene carriers. Processes using attached biofilm in comparison to classical procedures with suspended biomass enable higher efficiency and stability of the process, especially at lower temperatures and high fluctuating loads.
	Objavljeno v	ALTENBAHER, Brigita, LEVSTEK, Marjetka, NERAL, Branko, ŠOSTAR-TURK, Sonja. Laundry wastewater treatment in a moving bed biofilm reactor = Čiščenje odpadnih voda u bioreaktorju s pričvrščenom biomasom. Tekstil, Aug. 2010, vol. 59, no. 8, str. 333-347.
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID	14861078	
2.	Naslov	<i>SLO</i> Ekološki parametri in razkuževalni učinek nizko-temperaturnega postopka pranja v bolnišnicah v Sloveniji
		<i>ANG</i> Ecological parameters and disinfection effect of low-temperature laundering in hospitals in Slovenia
	Opis	<i>SLO</i> Kljub temu, da je pranje energijsko intenziven proces, lahko znižamo porabo energije z natančnim specificiranjem pogojev pranja. Namen raziskave je bil določiti vpliv procesov pranja na ekološke parametre odpadnih vod iz pralnic in opredelitev porabe električne energije. Proces pranja je bil simuliran v laboratorijskem pralnem stroju, s spreminjanjem parametrov pranja.
		<i>ANG</i> Although laundering is an energy intensive process we can minimize the energy consumption by accurately specifying washing conditions. The aim of this research was to determine the influence of laundering procedures on the ecological parameters of wastewater and the electric energy consumption. Laundering procedures were simulated in a laboratory washing machine by varied laundering conditions.
	Objavljeno v	ALTENBAHER, Brigita, ŠOSTAR-TURK, Sonja, FIJAN, Sabina. Ecological parameters and disinfection effect of low-temperature laundering in hospitals in Slovenia. J. clean. prod.. [Print ed.], 2011, vol. 19, iss. 2/3, str. 253-258, doi: 10.1016/j.jclepro.2010.10.002.
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID	14502422	
3.	Naslov	<i>SLO</i> Antimikrobiološka aktivnost izbranih razkuževalnih sredstev uporabljenih pri nizko-temperaturnem procesu pranja tekstilij
		<i>ANG</i> Antimicrobial activity of selected disinfectants used in a low temperature laundering procedure for textiles
		Glavni namen pranja tekstilij je odstranitev nečistoč in mikroorganizmov z okuženih in umazanih tekstilij in doseganje čistih, svežih in razkuženih tekstilij primernih za ponovno uporabo. Umazane tekstilije lahko

	Opis	SLO	vsebujejo različne vrste mikroorganizmov, ki so lahko tudi patogeni, in sicer glede na izvor tekstilij. Namen študije je bila izvedba primerjave razkuževalnih učinkov treh različnih razkuževalnih sredstev (natrijevega klorata (I) kombinacije peroksiocetne kisline in vodikovega peroksida ter vodikovega peroksida) v procesu pranja, pri nižjih temperaturah (30 °C).
		ANG	The main aim of washing laundry is to remove soils and microorganisms from infected as well as dirty textiles and attain clean, fresh and disinfected textiles ready for use. Dirty textiles may contain many types of microorganisms that may be pathogenic depending on the origin of textiles. The aim of this study was to compare the disinfection effect of three disinfection agents (sodium chlorate (I), a combination of peroxyacetic acid and hydrogen peroxide, and hydrogen peroxide alone) in washing procedures at low temperature (30 °C).
	Objavljeno v	FIJAN, Sabina, ŠOSTAR-TURK, Sonja. Antimicrobial activity of selected disinfectants used in a low temperature laundering procedure for textiles. <i>Fibres Text. East. Eur.</i> , 2010, vol. 18, no. 1, str. 89-92.	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
	COBISS.SI-ID	13991958	
4.	Naslov	SLO	SMILES: trajnostni ukrepi za strategije industrijskih pralnic: Pametna pralnica-2015
		ANG	SMILES: Sustainable measures for industrial laundry expansion strategies: Smart laundry-2015
	Opis	SLO	Cilj raziskovalnega projekta EU FP7 z naslovom: "Trajnostni ukrepi za strategije industrijskih pralnic: Pametna pralnica-2015", z akronimom SMILES, je oblikovati pametno pralnico in z raziskavami, nadaljnjim razvojem ter prilagoditvijo preneseti tehnologije s praktičnimi koristmi v industrijsko okolje. Raziskave vključujejo: možnost zmanjšanja porabe vode, varčevanje z energijo, zmanjšanje emisij CO ₂ , vpeljavo novih energijskih sistemov in izboljšanje zaporedja procesov ter s tem večjo higieno tekstilij.
		ANG	The research project of the EU FP7 entitled: "Sustainable Measures for Industrial Laundry EXPANSION STRATEGIES: SMART Laundry-2015 with the acronym SMILES has the aim to design a smart laundry through research, further development and adaptation of sustainable technologies with its practical utilisations (combined for green sites or individual for existing plant augmentation). These include water reduction, energy savings, green fuel substitutions for CO ₂ reductions, new energy systems and improved sequencing of the process and greater textile hygiene.
	Objavljeno v	ŠOSTAR-TURK, Sonja, FIJAN, Sabina, ALTENBAHER, Brigita, MLAKAR, Vid. SMILES : sustainable measures for industrial laundry expansion strategies : smart laundry-2015. V: DRAGČEVIĆ, Zvonko (ur.). 5th International Textile, Clothing & Design Conference [also] ITC&DC, October 3rd to October 6th, 2010, Dubrovnik, Croatia. Magic world of textiles : book of proceedings. Zagreb: Faculty of Textile Technology, University of Zagreb, 2010, str. 396-400, ilustr.	
	Tipologija	1.06 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci (vabljeni predavanja)	
	COBISS.SI-ID	14467606	
5.	Naslov	SLO	ACCEPT: Napredno CO ₂ čiščenje kot ekološka procesna tehnologija
		ANG	ACCEPT: Advanced CO ₂ cleaning as an ecological process technology
	Opis	SLO	Glavni cilj raziskovalnega projekta z naslovom: "Napredno CO ₂ čiščenje kot ekološka procesna tehnologija", z akronimom ACCEPT je izboljšanje in promocija konkurenčne, prenosljive, higienske in okoljsko prijazne tehnologije čiščenja na osnovi ogljikovega dioksida, ki bo nadomestila konvencionalna organska topila, kot so ogljikovodikova in halogenirana organska topila. V prvem delu raziskave se je raziskovanje osredotočilo na vpliv CO ₂ na preikušane bakterije in glivo. Razkuževalni učinek se je raziskoval v čistem LCO ₂ , pri različnih delovnih pogojih (tlakih, obdelavah in dekompresijskih časih).
		ANG	The research project entitled: "Advanced CO ₂ Cleaning as an Ecological Process Technology" with the acronym ACCEPT has a main aim of improving and promoting a competitive, sustainable, hygienic, environmentally and labour-friendly carbon dioxide based cleaning technology to replace the conventional hydrocarbon and halogenated organic solvents. In the first period the research focused on the impact of CO ₂ inactivation towards bacteria and fungi. The germicidal effect was

		investigated with pure LCO2 under different working conditions (pressures, treatment and decompression times).
Objavljeno v		FIJAN, Sabina, NERAL, Branko, ALTENBAHER, Brigita, ARNUŠ, Suzana, ŠTANC, Darko, ŠOSTAR-TURK, Sonja. ACCEPT : advanced CO2 cleaning as an ecological process technology. V: DRAGČEVIĆ, Zvonko (ur.). 5th International Textile, Clothing & Design Conference [also] ITC&DC, October 3rd to October 6th, 2010, Dubrovnik, Croatia. Magic world of textiles : book of proceedings. Zagreb: Faculty of Textile Technology, University of Zagreb, 2010, str. 915-919, ilustr.
Tipologija	1.06	Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci (vabljeni predavanja)
COBISS.SI-ID	14468374	

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine⁶

Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat		
1.	Naslov	<i>SLO</i> EU FP7-SME projekt "ACCEPT"
		<i>ANG</i> EU FP7-SME project "ACCEPT"
Opis	<i>SLO</i>	Cilj projekta "ACCEPT- Napredno čiščenje s CO2 kot ekološka procesna tehnologija" z LCO2 je doseči izboljšane učinke čiščenja prepustnih (tekstil in usnje) in neprepustnih trdnih površin (medicinske naprave, implantanti in fini kovinski deli), doseganje višje kakovosti končnih produktov, večje varnosti nizkotemperaturne higijene produktov (razkuževanja), sterilizacije in doseganje nižjih stroškov.
	<i>ANG</i>	The first goal of the EU FP7-SME 222051 project "ACCEPT- Advanced CO2 Cleaning as an Ecological Process Technology" is to achieve an improved LCO2 cleaning performance of pliable (textiles and leathers) and hard surfaces (medical devices, implants and fine metal parts), and reach a higher end-product quality, more secure cold temperature hygiene (disinfection) sterilisation and lower economic costs, at the full-scale level.
Šifra	B.04	Vabljeni predavanja
Objavljeno v		NERAL, Branko, ŠOSTAR-TURK, Sonja, FIJAN, Sabina, ARNUŠ, Suzana, ALTENBAHER, Brigita, ŠTANC, Darko. EU FP7-SME project "ACCEPT" = EU FP7-SME projekt "ACCEPT". V: SAVANOVIĆ, Goran (ur.). Drugi naučno-stručni skup sa međunarodnim učeščem "Tendencije razvoja u tekstilnoj industriji - Dizajn, Tehnologija, Menadžment", Beograd, 4-5. 06. 2010. Zbornik radova. Beograd: Visoka tekstilna strukovna škola za dizajn, tehnologiju i menadžment, 2010, str. 237-240.
Tipologija	1.06	Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci (vabljeni predavanja)
COBISS.SI-ID	14186006	
2.	Naslov	<i>SLO</i> Higienično pranje tekstilij
		<i>ANG</i> Hygienically textile laundering
Opis	<i>SLO</i>	Higienski menedžment pranja tekstilij vključuje: dovoz opranih tekstilij iz pralnice, prenos in skladiščenje tekstilij v ustrezne oddelke vrtca, uporaba tekstilij in nato pravilno zbiranje umazanih tekstilij na posameznih mestih uporabe, odvoz tekstilij do pralnice in pranje tekstilij. Umazane in čiste tekstilije morajo biti strogo ločene, pri čemer se poti ne smejo križati. V primeru, da se v istem prostoru zbirajo umazanetextilije pred prevozom v pralnico in odlagajo čiste tekstilije po prihodu iz pralnice, je treba zagotoviti časovni odmik in vmesno temeljito čiščenje prostora.
	<i>ANG</i>	Hygienic management of textile laundry includes: washed textiles supplying from laundry to departments, textiles storage in suitable nursery school departments, usage and collecting the dirty cloths in the place of usage, dirty textile transporting to the laundry and laundering. Dirty and clean textiles must be strict separated and crossing the ways is not allowed. In case of collecting of dirty and clean textiles in the same storage place, must be assured a intermediate time and perfectly area cleaning.
Šifra	B.04	Vabljeni predavanja
Objavljeno v		FIJAN, Sabina, ŠOSTAR-TURK, Sonja. Higienično pranje tekstilij. V: Posvetovanje o negi tekstilij v otroških vrtcih v okviru EU projekta SMILES : Terme Ptuj, 16. april 2010. Ljubljana: Obrtno-podjetniška

		zbornica Slovenije, 2010, str. [1-7], ilustr.
	Tipologija	1.07 Objavljeni strokovni prispevek na konferenci (vabljeni predavanja)
	COBISS.SI-ID	1602468
3.	Naslov	SLO EU projekt SMILES-razkuževalni učinek pri nizko-temperaturnem pranju
		ANG EU Project SMILES-disinfection effect at a low temperature laundering procedure
	Opis	SLO V okviru projekta SMILES ("Sustainable Measures for industrial Laundry Expansion Strategies: Smart Laundry-2015") so se s pomočjo bioindikatorjev določali pogoji nizko-temperaturnega pranja, ki bi omogočal primerno stopnjo razkuževanja tekstilij pri različnih temperaturah pranja (40 °C, 50 °C in 60 °C) in s tem istočasno doprinesli k znižanju porabe energije, zmanjšanju onesnaževanja okolja ter s tem prihranek.
		ANG In framework of Project SMILES ("Sustainable Measures for industrial Laundry Expansion Strategies: Smart Laundry-2015") were determined low-temperature laundering conditions, degree of textile disinfection at different laundering temperatures (40 °C, 50 °C and 60 °C), reduced energy consumption, decreased the environment pollution and increased the savings.
	Šifra	B.04 Vabljeni predavanja
	Objavljeno v	FIJAN, Sabina, ŠOSTAR-TURK, Sonja, ALTENBAHER, Brigita. EU projekt SMILES - rezultati : razkuževalni učinek pri nizko temperaturnem pranju. V: Strokovno srečanje vzdrževalcev tekstilij, Otočec, 10. in 11. december 2010. Zbornik predavanj. Ljubljana: Obrtno-podjetniška zbornica Slovenije, Sekcija vzdrževalcev tekstilij, 2010, [41] pros.
Tipologija	1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci	
	COBISS.SI-ID	14732310
4.	Naslov	SLO Določevanje razkuževalnega učinka postopka pranja bolnišničnih tekstilij z uporabo indikatorske bakterije <i>Mycobacterium terrae</i>
		ANG Determining the disinfection effect of a laundering procedure for hospital textiles using the indicator bacteria <i>Mycobacterium terrae</i>
	Opis	SLO V raziskavi smo določevali razkuževalni učinek pranja bolnišničnih tekstilij s simulacijo procesa pranja pri različnih temperaturah pranja in z uporabo indikatorske bakterije <i>Mycobacterium terrae</i> kot reprezentativne bakterije iz družine <i>Mycobacterium</i> . Pri tem je bilo ugotovljeno, daje bakterija <i>M. terrae</i> preživela proces pranja pri temperaturi 35 °C in 45 °C, inaktiviranje bakterije pa se je doseglo pri temperaturi 60 °C. Izbrani postopek pranja je imel, glede na termični postopek, tako razkuževalni kot ekološki in ekonomski učinek.
		ANG In our research we determined the antimicrobial effect of laundering hospital textiles by simulating a common laundering procedure for hospital textiles in the laboratory washing machine at different temperatures by the use of the indicator bacteria: <i>Mycobacterium terrae</i> as a representative of <i>Mycobacterium</i> family. It was found that <i>M. terrae</i> survived laundering at 35° and 45°C but was completely inactivated at 60°C. The chosen laundering procedure has an effective disinfection effect and at the same is more ecological and economical than thermal laundering procedures.
	Šifra	B.04 Vabljeni predavanja
	Objavljeno v	Determining the disinfection effect of a laundering procedure for hospital textiles using the indicator bacteria <i>Mycobacterium terrae</i> . V: KUŠAR, Darja (ur.), BIDOVEC, Urška (ur.). 31st Annual Congress of the European Society of Mycobacteriology, 4-7 July, 2010, Bled, Slovenia. Abstract book. Golnik: Bolnišnica - Klinični oddelek za pljučne bolezni in alergijo; Ljubljana: Veterinarska fakulteta, 2010, str. 186, PP-94.
Tipologija	1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci	
	COBISS.SI-ID	14244374
5.	Naslov	SLO Higienični in ekološki postopki pranja tekstilij iz živilske industrije
		ANG Hygienic and ecological laundering procedures for textiles from the food-processing industry
		Stopnja higijene tekstilij iz živilske industrije je bila določena v Slovenskih pralnicah v skladu z nemškimi priporočili po RAL-GZ 992 za kontrolo kakovosti, evropskem standardu RABC in HACCP-sistemu (Hazard Analysis

Opis	SLO	Critical Control Points) ter v Norveških pralnicah s štejem aerobnih, koliformnih in Escherichia coli bakterij na kritičnih kontrolnih točkah (CCP). Z upoštevanjem ukrepov razkuževanja in rednega čiščenja naprav in površin s strani vseh zaposlenih ter doseganje razkuževalnega učinka pralnih postopkov, lahko dosežemo ustrezno stopnjo higiene.
	ANG	The hygiene level of textiles from the food-processing industry were evaluated using German RAL-GZ 992 quality assurance system, European standard RABC and HACCP-systems (Hazard Analysis Critical Control Points) in Slovenian laundries and aerobic, coliform and Escherichia coli count at critical control points (CCP) in Norwegian laundries. Using regular cleaning and disinfecting devices and surfaces measures by all staff members and achieving a disinfection effect of laundering procedures are most important in achieving an appropriate hygiene level in laundries.
Šifra	D.06	Zaključno poročilo o tujem/mednarodnem projektu
Objavljeno v	FIJAN, Sabina, GUNNARSEN, Jan Tore H., ŠOSTAR-TURK, Sonja, ALTENBAHER, Brigita. Higijenski in ekološki postopki pranja tekstilij iz živilske industrije, projektno poročilo 2007-2009 = Hygienic and ecological laundering procedures for textiles from the food-processing industry, project report for 2007-2009. Maribor: Faculty of Mechanical Engineering; Fredrikstad, Norway: Norske Vaskeriers Kvalitetstilsyn, 2010. 3 f., ilustr.	
Tipologija	2.12	Končno poročilo o rezultatih raziskav
COBISS.SI-ID	13997846	

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁸

--

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁹

9.1. Pomen za razvoj znanosti¹⁰

SLO

Z uvajanjem kemijsko-termičnega postopka pranja bolnišničnih tekstilij v industrijski pralnici smo:

- uvedli postopek pranja pri nižjih temperaturah (t.j. 70 °C),
- dosegli ekološke učinke, saj parametri pralnih odpadnih vod niso presegli predpisanih vrednosti po Uredbi (U.I. RS 41/07),
- dosegli ekonomske učinke, saj se je uveden postopek pranja izkazal kot varčnejši glede na konvencionalni termični postopek pranja pri 90 °C,
- dosegli primerno čistost in razkuženost opranih tekstilij, kar pomeni, da uveden postopek pranja zagotavlja primerno kakovost in higieničnost.

S preučevanjem delovanja in možnostjo uporabe membranskega bioreaktorja s potopljeno membrano v industrijske pralnice smo ugotovili, da:

- so pri načrtovanju reaktorja pomembni: membrana, njena konstrukcija in vzdrževanje permeabilnosti, vhodna odpadna voda, njene značilnosti in njena predobdelava, aeracija membrane in aktivnega blata, zadrževalni čas blata in izpust iz sistema ter biološka aktivnost in narava biomase, pri čemer so elementi medsebojno odvisni,
- zadrževalni čas določa koncentracijo biomase, kar vpliva na karakteristiko biologije, kot je biološka aktivnost in mikrobiološka sestava blata, fizikalne lastnosti kot sta viskoznost in snovni prenos kisika,
- sestava vhodne odpadne vode prispeva največji delež za delovanje bioreaktorja oziroma nagnjenosti k mašenju membrane,
- očiščena odpadna voda vsebuje zelo malo suspendiranih snovi, posledica česar so nižje KPK vrednosti,
- očiščena voda ne vsebuje mikroorganizmov
- zaradi daljšega zadrževalnega časa je biološka razgradnja spojin boljša.

ANG

With chemo-thermal washing procedure in industrial laundries we are:

- introduced washing procedure at a low-temperature (70 °C),
- reached the ecological effects of waste water treatment according to the Slovenian Official Gazette, No. 41/07,
- reached the economical effects with saving system of washing procedure at low-temperature in comparison with thermal washing procedure,

- reached the sufficiently cleaned and disinfected textiles that means that introduced washing procedure provides appropriate quality and textile hygiene.

With research work of activity and application possibility treatment in membrane bioreactor with submerged membrane we are established that:

- in the membrane bioreactor projecting are important: construction and keeping the membrane, waste water input, characteristic of waste water, aeration of membrane and active sludge, loading rate of active sludge, release from system and biological activity and nature of biomass, where are elements interdependent,
- loading rate provides a concentration of biomass and impacts on biological characteristic like biology activity and microbiological composition of sludge and physical properties like viscosity and oxygen transferring,
- composition of waste water input contributes to operation of membrane bioreactor and tendency to membrane blocking,
- cleaned waste water contains a very little suspended substances and result is low chemical oxygen demand (COD),
- cleaned waste water contains no microorganism,
- because of long loading rate is biological degradation of substance better.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹¹

SLO

Z raziskavami na področju vpeljave kemijsko-termičnega postopka pranja in obdelave odpadnih voda iz pralnic v membranskem bioreaktorju smo:

- prispevali k znanju na področju nizkotemperaturnega pranja in pomenu obdelave odpadne pralne vode, in sicer v obliki znanstvenih člankov in prispevkov na domačih ter mednarodnih konferencah, kjer smo spoznanja predstavili širši strokovni javnosti,
- rezultate smo aplicirali v dve industrijski pralnici in s tem povečali konkurenčnost malih ter srednje velikih industrijskih pralnic.

ANG

With chemo-thermal washing procedure and treatment of waste waters from laundries in membrane bioreactor we are:

- contributed to the knowledge in the field of low-temperature laundering and importance of waste water treatment in the form of scientific articles and contributions at local and international conferences where were findings presented to the broad public,
- the results were applied in two industrial laundries and thus increased the competitiveness of small and medium industrial laundries.

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

Številka raziskovalnega projekta: **L2-2269 – 0795 (aplikativni)**
Trajanje raziskovalnega projekta: **1.5.2009 do 30.4.2011**
Vodja raziskovalnega projekta: **Dr. Primož MRVAR ; vodja na FS dr. Tonica BONČINA**
Naslov raziskovalnega projekta: **Izdelava in karakterizacija inovativnih, litih, lahkih in sestavljenih kompozitnih materialov**

Številka raziskovalnega projekta: **L3 – 0361 – 0795 (aplikativni)**
Trajanje raziskovalnega projekta: **1.2.2008 do 31.01.2011**
Vodja raziskovalnega projekta: **Dr. Igor BUT ; vodja na FS izr.prof.dr. Lidija FRAS ZEMLJIČ**
Naslov raziskovalnega projekta: **Razvoj funkcionalnih medicinskih celuloznih tamponov za ginekološko uporabo**

***LETNA POROČILA O REZULTATIH RAZISKOVALNIH
PROJEKTOV V LETU 2011***

LETNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA V LETU 2011

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 2011:1405
Cenovni razred	C	
Trajanje projekta	07.2011 - 06.2014	
Nosilna raziskovalna organizacija	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo	
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	106 223	Institut "Jožef Stefan" BIOMED raziskovanje in strokovno svetovanje d.o.o., Ljubljana, Tugomerjeva 2
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 2.10 2.10.01	TEHNIKA Proizvodne tehnologije in sistemi Proizvodna kibernetika
Družbeno-ekonomski cilj	13.02	Tehnološke vede - RiR financiran iz drugih virov (ne iz SUF)

2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS¹

Šifra	2.11	
- Veda	2	Tehniške in tehnološke vede
- Področje	2.11	Druge tehniške in tehnološke vede

3. Sofinancerji²

	Sofinancerji	
1.	Naziv	BIOMED raziskave in strokovno svetovanje d.o.o.

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu³

Izvajala se je koordinacija vseh tehničnih aktivnosti projekta in izmenjava informacij med vsemi udeleženci. Opravljali se je nadzor znanstvenih tem, ki se nanašajo na raziskovalne dejavnosti, izpeljane znotraj projekta.

Glede na zastavljene cilje v raziskovalnem projektu je v okviru DP2 izveden pregled obstoječe literature in s tem povezano zbiranje podatkov za določanje toplotne in vlažnostne občutljivosti človeškega telesa. Na oba omenjena parametra vplivajo fiziološke lastnosti ljudi, delovna aktivnost, ki jo opravljajo ter mikro (pogojeno z oblačilnimi sistemi) in makrookolje (pogojeno z okoljskimi pogoji). Podatki (temperatura, relativna vlažnost, srčni utrip, morfološki podatki ljudi, toplotne lastnosti uporabljenih oblačilnih sistemov) so zbrani iz študij že izvedenih projektov za različne okoljske pogoje (hladno in zmerno toplo okolje) in različne delovne aktivnosti (hoja, mirovanje) ter glede na različna področja človeškega telesa (glava, trup spredaj in zadaj, noge in roke). Zbrani podatki se pripravljajo v primeren zapis za nadaljnje analize s pomočjo nevronske mreže.

V okviru DP3 so bile izvedene študije temperaturnih in termoregulacijskih odzivov za hladno in zmerno toplo okolje. Izvedenih je bilo nekaj začetnih simulacij, ki so temeljile na zbranih zgoraj omenjenih podatkih že izvedenih projektov. Za zmerno toplo okolje je v simulacijah proučevano 10 ljudi, ki so med testiranjem izvajali različno dolge periode pohoda in mirovanja. V okviru izvedenih simulacij je poudarek na opisu modela človeškega telesa ob upoštevanju njegove mase, površine telesa, vsebnosti telesne maščobe, metabolizma, evaporacije skozi kožo. Človeško telo je v modelu opisano preko 21 segmentov telesa. Rezultati dobljenih simulacij kažejo na uporabnost termoregulacijskega modela in pravilno optimizacijo glede na proučevane podatke. Glede na dobljene rezultate sledi izvajanje dodatnih simulacij s čim širšo množico podatkov ter preverjanje izbranega termoregulacijskega modela.

V okviru DP4 se je pričelo konstruiranje toplotnega manikina s sistemom CAD/CAM. Zunanje ogrodje manikina omogoča gibanje okončin, kar olajša oblačenje in prestavljanje manikina. Rezultat je bil izdelan 3D model celotnega manikina (priloga 2: 3D model manikina) z izvedenimi posameznimi detajli (sklepi, vrat, glava, uvodnice za dovod napajanja in izmenjavo signalov). Določeni so bili segmenti manikina, ki temeljijo na delu iz delovnega paketa »DP2«.

Pričelo se je tudi s programiranjem in simuliranjem 3D izdelave manikina na 3-osno krmiljenem obdelovalnem centru (Priloga 2: simulacija CNC obdelave segmenta manikina).

Za izvajanje optimalnih simulacij termoregulacijskih odzivov je na področju vzpostavljeno tesno sodelovanje s tujimi partnerji, s prof. Eugene Wisslerjem iz Univerze v Teksasu pri Austinu, ki ima s svojimi dolgoletnimi strokovnimi izkušnjami in nasveti s področja termoregulacije človeka pomemben doprinos k nadaljnjemu razvoju. Prav tako je vzpostavljeno sodelovanje s strokovnjaki iz podjetja ErgonSim (dr. Fiala Dusan) Nemčija.

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

Delo na raziskovalnem projektu, ki se je pričel izvajati 1.7.2011, poteka v skladu z zastavljenimi cilji. Raziskovalna skupina delo na projektu združuje z interdisciplinarnimi znanji, ki jo člani

skupine pokrivajo. Ocenjujemo, da je realizacija raziskovalnega programa že prešla od faze teoretične analize stanja in potreb v fazo dejanske realizacije (izdelava računalniškega 3D modela manikina, programiranje izdelave kalupov, izvedene študije temperaturnih in termoregulacijskih modelov).

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

Sprememb programa ni bilo.

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine v letu 2011⁶

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	15550486	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Toplotni manikini kot učinkovito orodje za določanje toplotnega udobja
		ANG	Thermal manikins as effective tools for assessment of thermal comfort
	Opis	SLO	V članku je opisan poteči se toplotni manikin. Ta predstavlja anatomski model človeškega telesa. Opisana je uporaba toplotnega manikina za optimizacijo konstruiranja vojaških zaščitnih oblačil.
		ANG	Sweating thermal manikins represent the anatomical shape of the human body, and are used to assess heat exchange between the clothing microenvironment and surrounding ambient. In the field of textiles they are commonly used to evaluate the thermal and evaporative resistances of clothing ensembles, while in the automotive and construction industries they are used for the evaluation of the efficiency of environmental control systems for vehicles, living and working environments. The present study reports the use of a whole body thermal manikin in the process of optimization of existing combat ensembles of the Slovene Armed Forces. Results obtained during field trials conducted with human subjects are compared to results obtained with a thermal manikin.
	Objavljeno v	DAAAM International; Annals of DAAAM for 2011 & proceedings of the 22nd International DAAAM symposium "Intelligent manufacturing & Automation: "Power of knowledge and creativity", 23-26th November 2011, Vienna, Austria; Annals of DAAAM for ... & proceedings of the ... International DAAAM Symposium ..; 2011; Str. 161-162; Avtorji / Authors: Zavec Pavlinič Daniela, Balič Jože, Mekjavić Igor B.	
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci		
2.	COBISS ID	15554326	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Določanje termoregulacijskih lastnosti za toplotne manikine
		ANG	Determination of the thermoregulatory specifications for thermal manikins
	Opis	SLO	Triada človek-oblačilo-okolje postavlja v razvoju in optimizaciji izdelkov na področju tekstilstva in osebne zaščitne opreme posebne zahteve, ki se integrirajo tudi v druga industrijska okolja, kot so prevozna sredstva ter delovna in bivalna okolja. To pomeni, da za optimalno ravnovesje v triadi ni dovolj poznati zaščitni oblačilni sistem in okoljske pogoje v katerih se delavci med opravljanjem svojih aktivnosti nahajajo, ampak je učinkovitost relacije odvisna tudi od psihofizične sposobnosti delavca v danem okolju. Kakorkoli, poleg optimalnega oblačilnega sistema je potrebno poznati usposobljenost delavcev za različne klimatske razmere, razmišljati o aklimatizaciji delavca na predvidene okoljske razmere vključno s prehrano in hidracijo, ki jih določeni okoljski pogoji zahtevajo ter vnaprej predvideti termoregulacijske odzive delavcev za

		<p>najbolj ekstremne delovne in okoljske pogoje. Le z upoštevanjem vseh zahtev znotraj razvoja in optimizacije osebne zaščitne opreme ter bivalnih in delovnih okolij je možno izboljšati varnost pri delu. Gre za dolgotrajen proces, ki zahteva drago testiranje z ljudmi, kar pa vedno ni izvedljivo.</p>	
	ANG	<p>Triad person-clothing-environments set specific requirements in the development and optimization of products in the field of personal protective equipment that integrates into the transportation, living and working environments. The optimal balance in the triad as well the effectiveness of its relationship depends on the clothing, environments to which workers are exposed while performing their activities and on their performance. The aim of the present study was to determine the optimal combat clothing ensembles conducting hikes and guard duty during winter and summer months. During the trials, the subjects were instrumented to obtain skin and core temperatures, clothing microenvironment temperatures and humidity, as well as oxygen uptake and heart rate. In addition to providing data regarding thermal and evaporative resistances, the manikins also provided data for a numerical model of human temperature regulation, which was used to simulate the field trials. According to the given facts the relationship discussed in the paper is man-clothing-environment triad in terms of thermal comfort, requirements for the simulation of thermoregulation and the use of heat manikin.</p>	
	Objavljeno v	<p>DAAAM International Publishing; DAAAM International scientific book 2011; 2011; Str. 31-44; Avtorji / Authors: Zavec Pavlinič Daniela, Balič Jože, Mekjavić Igor B.</p>	
	Tipologija	<p>1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji</p>	
3.	COBISS ID	25114919	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Uporaba matematičnega modela toplotne regulacije pri človeku za ovrednotenje zaščitnih oblačil
		ANG	Using a mathematical model of human temperature regulation to evaluate the impact of protective clothing on wearer thermal balance.
	Opis	SLO	V prispevku so opisani pomembni toplotni faktorji, ki vplivajo na to, ali je neko oblačilo primerno za uporabo v določenem okolju. Opisana je uporaba toplotnega manikina s katerim lahko napovemo počutje človeka.
		ANG	Thermal factors are often important in determining whether a given clothing ensemble is suitable for use under specified conditions. Although final approval of a particular ensemble often involves field trials, the need for such trials can be minimized by measuring the thermal properties of the garment using a heated manikin and then predicting human behavior using a mathematical human thermal model. While many laboratories are capable of measuring the properties of garments using manikins and several mathematical models exist, there have been very few published comparisons of actual human behavior with model predictions. Agreement between predicted and actual behavior was reasonable, although there were significant differences which could be attributed both to deficiencies in the model and to difficulties inherent in conducting field trials of this kind.
	Objavljeno v	<p>Sage Publications; Textile research journal; 2011; 6 str.; Impact Factor: 1.102; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.788; A': 1; WoS: QJ; Avtorji / Authors: Zavec Pavlinič Daniela, Wissler Eugene H., Mekjavić Igor B.</p>	
	Tipologija	<p>1.01 Izvirni znanstveni članek</p>	

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine v letu 2011⁷

Družbenoekonomsko relevantni dosežki			
1.	COBISS ID	15572246	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Tekstilije in oblačila vplivajo na počutje in sposobnost posameznika v bivalnih in delovnih okoljih
		ANG	Influence of textile and clothes on human comfort
	Opis	SLO	Kvaliteto življenja si lahko izboljšamo s tekstilijami, ki nas vsakodnevno obkrožajo v naših bivalnih in delovnih okoljih in z oblačili, ki neposredno vplivajo na zaznavo našega toplotnega in ergonomskega udobja. Udobje pogojuje naše počutje in posledično sposobnost opravljanja določenih aktivnosti. Počutje lahko izboljšamo s subjektivno zaznavo naše osebnosti izražene z videzom oblačil, ki jih v danem trenutku nosimo. Od oblačil v katera smo oblečeni je odvisna tudi sposobnost opravljanja določenega dela, ki je seveda pogojena še z intenziteto dela, okoljskimi pogoji v delovnem prostoru, ter psihofizično sposobnostjo posameznika. V oblačilih oz. v oblačilnem sistemu osebne zaščitne opreme, se lahko počutimo dobro. Lahko pa oblačila zaradi neustreznega toplotnega ravnovesja v mikrookolju med sloji oblačil in človeško kožo in zaradi oviranja normalnega gibanja zaznavamo kot neudobna. Seveda obstajajo še drugi faktorji, ki omejujejo in vplivajo na izbiro tekstilij in oblačil za zagotovitev optimalnega udobja. Različna delovna okolja kot tudi različne populacije ljudi imajo različne zahteve, medtem ko so možnosti za dostopnost do njih in nabavo, kljub poplavi tekstilij na tržišču, še precej omejene. Nezadovoljstvo se še posebej izraža s strani starejše populacije, ljudi s posebnimi potrebami in invalidov.
		ANG	In this paper influence of textile and clothes on human is described.
	Šifra	F.08	Razvoj in izdelava prototipa
	Objavljeno v	Združenje Pomurska akademsko znanstvena unija; PAZU - prava ideja; 2011; Str. 8-10; Avtorji / Authors: Zavec Pavlinič Daniela	
	Tipologija	1.08	Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci

9. Drugi pomembni rezultati projektne skupine v letu 2011⁸

<p>Predstavitev koncepta manikina na mednarodni DAAAM konferenci, Dunaj, 2011</p> <p>Intervju ZAVEC PAVLINIČ, Daniela. Znanstvena spoznanja naravnost v tujino. Večer (Marib.). [Tiskana izd.], 15. dec. 2011, letn. 67, št. 290, str. 13. [COBISS.SI-ID 25446695]</p> <p>Predavanje na tuji univerzi ZAVEC PAVLINIČ, Daniela. Ergonomsko oblikovanje delovnih mest : vabljen predavanje. Maribor: Štajerska gospodarska zbornica, 3. mar. 2011. [COBISS.SI-ID 24607015]</p> <p>Druga izvedena dela ZAVEC PAVLINIČ, Daniela. Množica tekstilij : kjer se funkcionalnost sreča z (ne)udobjem : predavanje v okviru seminarja Out of the box. Maribor: Univerza v Mariboru, 29. nov. 2011. http://seminar.outofthebox.si/program-1/30-11-2011-b. [COBISS.SI-ID 25446439]</p>

**LETNO POROČILO
O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA
V LETU 2011**

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 2011:1405
Cenovni razred	C
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	2.11
- Veda	2 Tehniške in tehnološke vede
- Področje	2.11 Druge tehniške in tehnološke vede

3. Sofinancerji²

Sofinancerji		
1.	Naziv	CIMOS d.d.
	Naslov	Cesta Marežganskega upora 2

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu³

Numerične raziskave

Izvedli smo pregled literature, kjer je opisano reševanje podobnih problemov.

Raziskali smo vpliv robnih in začetnih pogojev in poiskali robne pogoje, ki dajejo najbolj stabilne in zanesljive rezultate. V tem primeru smo disk obravnavali kot ventilator in nismo upoštevali temperaturnih razlik.

Raziskali smo vpliv velikosti območja okoli diska (od približno 3 polmere v radialni in 1,5 polmera v aksialni smeri do približno 4 polmere v radialni in 2 v aksialni) in analizirali njegov vpliv na rezultate.

Izvedli smo tudi analizo vpliva gostote mreže na rezultate. Mrežo smo zgostili okoli področij s pričakovanimi večjimi gradienti hitrosti (notranjost diska). Uporabili smo mreže z gostoto od približno 1,13 milijona elementov do približno 5,83 milijona elementov.

Dodatno smo testirali vpliv turbulentnega modela. Uporabili smo $k-\epsilon$, SST in BST model. Primerjali smo numerične rezultate na primeru zavornega diska. Dodatno smo primerjali numerične in eksperimentalne (PIV) rezultate iz podobnega primera (ventilator z dušenim pretokom).

Trenutno se približujemo realnim pogojem delovanja. Začenjamo s simulacijami primerov, kjer upoštevamo dovod toplote na torne površine diska.

Eksperimentalni del:

Cimos: Preskuševališče je v funkciji, deluje in omogoča meritve, ki se izvajajo.

UM-FS: Sistem PIV je operativen. V sklopu priprav na meritve vezane na projekt je bil razvit sistem za nastavljanje časovnega zamika med prožilnim signalom in sproženjem sistema PIV. Sistem bazira na sistemu cRIO in omogoča nastavitve časovnega zamika z natančnostjo večjo od $1 \mu s$. Poleg tega omogoča tudi sinhronizacijo sistema PIV in zajemanja analognih ali digitalnih signalov (tlaki). Sistem PIV smo namestili na koordinatni merilni sistem, ki omogoča krajevno pozicioniranje. V primeru rotacijskih elementov (diski) je potrebno tudi pozicioniranje po času (kotna pozicija diska-kanal). Sistem se trenutno testira na ventilatorju, ki je nekoliko enostavnejši saj ima 10 lopatic v primerjavi z diskom, ki jih ima 41, ki so tudi manj ugodne oblike. Razvili smo tudi programe, ki omogočajo sestavljanje parcialnih slik.

Rezultati

Pokazalo se je da je najbolj robusten robni pogoj »Opening pressure and direction« Cimos uporablja avtomatsko generiranje mreže in redkejšo mrežo. Glede na to, da simulirajo disk med delovanjem (dovod toplote in povišana temperatura) bodo direktne primerjave mogoče na koncu drugega polletja. Dodatno uporabljajo $k-\epsilon$ model, ki je računsko manj zahteven ampak po literaturi in izkušnjah ni najbolj primeren za takšno vrsto toka.

Primerjava eksperimentalnih (PIV) rezultatov in numeričnih simulacij na ventilatorju (gladke lopatice pravih oblik) je pokazala, da $k-\epsilon$ model slabo napoveduje mesto odcepljanja toka od lopatice. Nekoliko boljše napovedi daje SST model.

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

Delo poteka v skladu s cilji. Pokazalo se je, da ima gostota mreže in velikost polja vpliv na rezultate in da je z optimiranjem gostote mreže (na območjih z večjimi gradienti hitrosti) mogoče izboljšati natančnost napovedi numeričnih simulacij. Potrdili smo tudi domnevo, da $k-\epsilon$ model, ki so ga do sedaj uporabljali v Cimos-u ni najbolj primeren za takšno vrsto toka in da tudi drugi medli samo delno dobro

popišejo pojave v ozkih kanalih, kjer lahko pride tudi do odcepljanj toka in tvorbe vrtincev. Potrdila se je potreba po uporabi zahtevnejših numeričnih postopkov kot so LES, URANS in hibridnih modelov.

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

/

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine v letu 2011⁶

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	15259158	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Izbira turbulentnega modela za vtočne bazene črpalk
		ANG	Choice of a turbulence model for pump intakes
	Opis	SLO	Članek je osredotočen na izbiro ustreznega turbulentnega modela za numerične simulacije industrijskih primerov vtočnih bazenov vertikalnih črpalk, in sicer z vidika natančnosti ter delno tudi porabljenega CPU časa. Narejenih je bilo dvanajst stacionarnih in nestacionarnih simulacij na gosti računski mreži. Uporabljeni so bili naslednji turbulentni modeli: model transporta strižne napetosti (shear stress transport, SST), model s prilagajanjem skal (scale-adaptive simulation, SAS), model Reynoldsovih napetosti (Reynolds stress model, RSM), eksplicitni algebrski model Reynoldsovih napetosti (Explicit algebraic Reynolds-stress model, EARSM), simulacija odlepljenih vrtincev (detached eddy simulation, DES) ter simulacija velikih vrtincev (large eddy simulation, LES). Ocenjena je bila uporaba korekcije ukrivljenosti (curvature correction, CC) v povezavi z modeloma SST in SAS. Rezultati so bili primerjani z LES in z razpoložljivimi eksperimentalnimi podatki za obravnavani primer. Čeprav so vsi obravnavani turbulentni modeli napovedali pojavljanje talnega vrtinca, so nekatere napovedi precej odstopale od drugih. Na podlagi izračunov lahko zaključimo, da se za tovrstne izračune lahko uporabi model SST-CC zaradi majhnega računskega časa in bolj točnih rezultatov, kot so bili dobljeni z modelom SST, ali pa model SAS-CC zaradi rezultatov, ki so primerljivi z LES. V drugem delu članka je prikazano dobro ujemanje daljšega izračuna z modelom SAS-CC z eksperimentalnimi rezultati.
		ANG	This article is focused on the choice of a suitable turbulence model for simulations of an industrial pump's intake, from the perspective of accuracy and, partially, also the CPU time. Twelve steady-state and transient simulations were made on a fine computational mesh, using turbulence models such as: the shear stress transport (SST), the scale-adaptive simulation (SAS), the Reynolds stress model, the explicit algebraic Reynolds-stress model, the detached eddy simulation and the large eddy simulation (LES). The curvature-correction (CC) option was assessed for the SST and SAS turbulence models. The results were compared with the LES and with published experimental results. Although all the models could predict the main floor vortex, there were still some substantial differences. It can be able to conclude that it is better to use either the SST-CC turbulence model, due to its low-computational resources and far better results than the SST model, or the SAS-CC turbulence model, since its predictions are quite similar to the LES results. In the final step, good agreement with experimental results was shown for a longer simulation with the SAS-CC turbulence model.
			Mechanical Engineering Publications; Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers; 2011; Vol. 225, iss. 6; str. 764-778; Impact

Objavljeno v	Factor: 0.792;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.909; WoS: IU; Avtorji / Authors: Škerlavaj Aljaž, Škerget Leopold, Ravnik Jure, Lipej Andrej
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek

8.Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine v letu 2011⁷

Družbenoekonomsko relevantni dosežki			
1.	COBISS ID	5605380	Vir: vpis v poročilo
	Naslov	<i>SLO</i>	Uredništvo mednarodne revije Engineering analysis with boundary elements
		<i>ANG</i>	Editorship of international journal Engineering analysis with boundary elements
	Opis	<i>SLO</i>	Prof. Škerget je eden izmed urednikov mednarodne revije Engineering Analysis with Boundary elements ki ga izdaja založba Elsevier. Prof. Škerget je odgovoren za članke iz področja mehanike tekočin
		<i>ANG</i>	Prof. Škerget is one the editors of an international journal Engineering Analysis with Boundary elements, which is published by Elsevier. Prof. Škerget edits papers dealing with the field of fluid mechanics.
	Šifra	C.04 Uredništvo mednarodne revije	
	Objavljeno v	ISSN 0955-7997 [COBISS.SI-ID 5605380]	
	Tipologija	4.00 Sekundarno avtorstvo	

9.Drugi pomembni rezultati projektne skupine v letu 2011⁸

/

LETNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA V LETU 2011

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 2011:1405
Cenovni razred	C	
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	2.11	
- Veda	2 Tehniške in tehnološke vede	
- Področje	2.11 Druge tehniške in tehnološke vede	

3. Sofinancerji²

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

2.	Naziv	Talum d.d.	
	Naslov	Kidričevo, Tovarniška c. 10, 2325 Kidričevo	

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu³

V letu 2011 je projektna skupina v splošnem izpolnila cilje, ki si jih je zastavila pri prijavi projekta. Takoj po sprejetju projekta v financiranje se je projektna skupina sestala v razširjeni sestavi. Na uvodnem sestanku je vodja projekta red. prof. dr. Jože Flašker še enkrat razložil temeljne cilje projekta, posamezni udeleženci na projektu pa so izpostavili svoja stališča in predloge, na kak način bi lahko sami prispevali k uspešni realizaciji ciljev projekta.

V prvi fazi projekta se je projektna skupina v ožji sestavi sestala s predstavniki podjetja Unior-Sinter. Skupaj smo se lotili analize uporabe ustreznih praškastih materialov pri izdelavi sintranih izdelkov v podjetju Unior. Raziskave so bile predvsem usmerjene v kvaliteto jeklenega prahu za stiskanje in kasnejše sintranje izdelkov, ki se največ uporabljajo v velikoserijski proizvodnji. Po podrobnejši strokovni študiji je projektna skupina prišla do zaključka, da bi bilo za doseg kvalitetejši izdelkov smiselno jekleni prah ustrezno presejati in na ta način izboljšati njegovo kvaliteto. V tem kontekstu smo predlagali izdelavo ustreznih sintranih preskušancev, ki bi jih izdelali na dva načina, in sicer:

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

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

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

V letu 2011 je projektna skupina namenila del raziskav tudi na področje kontruiranja izdelkov iz umetnih snovi. Predvsem želimo ugotoviti prednosti in slabosti le-teh v primerjavi s sintranimi izdelki iz jeklenega in aluminijevega prahu ter možnost takšne aplikacije v podjetjih, ki sodeluta pri projektu.

V letu 2011 je projektna skupina veliko analizirala tudi možnost uporabe obstoječih programskih orodij za simulacijo stiskanja kovinskih prahov. Ugotovili smo, da obstaja razmeroma malo specifične programske opreme za tovrstne simulacije. Ena izmed možnosti je v okviru programskega paketa Abaqus, kar bomo bolj podrobno analizirali v prihodnje. Če bo treba, bomo v okviru paketa Abaqus razvili tudi potrebne programske vmesnike.

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

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

Glede na opisano realizacijo programa v prejšnji točki ocenjujemo, da je stopnja realizacije projekta zadovoljiva. Postavili smo osnovne temelje tako na eksperimentalnem področju kot tudi na področju računskih analiz. Na tej osnovi pričakujemo, da bomo v tekočem letu zelo aktivno delali na omenjenih področjih ter na ta način prišli že do konkretnih rezultatov, na osnovi katerih bomo lahko predlagali določene tehnološke spremembe, ki bi jih naj vključeni podjetji vnesli v prakso. Prav tako pričakujemo v tekočem letu dokončanje preskuševališča za testiranje zobnikov.

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

V letu 2011 ni prišlo do bistvenih sprememb pri izvajanju programa.

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine v letu 2011⁶

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	18575368	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Numerično modeliranje rasti razpoke v korenu zoba zobnika
		ANG	Numerical modelling of crack growth in a gear tooth root
	Opis	SLO	V članku je predstavljen računski model za določitev rasti razpoke v korenu zoba zobnika. Za opis pirjenja razpoke je uporabljena Parisova enačba. Funkcijska odvisnost med faktorjem intenzivnosti napetosti in dolžino razpoke je določena numerično po metodi končnih elementov, pri čemer je upoštevan tudi efekt zapertja razpoke.
		ANG	A computational model for determination of crack growth in a gear tooth root is presented. The simple Paris equation is then used for a further simulation of the fatigue crack growth. The functional relationship between the stress intensity factor and crack length $K=f(a)$, which is needed for determining the required number of loading cycles N for a crack propagation from the initial to the critical length, is obtained using a displacement correlation method in the framework of the FEM-method considering the effect of crack closure.
	Objavljeno v	Zveza strojnih inženirjev in tehnikov Slovenije [et al.] = Association of Mechanical Engineers and Technicians of Slovenia [et al.]; Strojniški vestnik; 2011; Vol. 57, no. 7/8; str. 579-586; Impact Factor: 0.466; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.909; WoS: IU; Avtorji / Authors: Podrug Srđan, Glodež Srečko, Jelaska Damir	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
2.	COBISS ID	14289430	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Zasnova in analiza fMRI haptičnega robota
		ANG	Design and analysis of an fMRI compatible haptic robot
	Opis	SLO	V članku je predstavljen model za analizo manipulativnosti 3 DOF MR haptičnega mehanizma z upoštevanjem omejitvenega prostora mehanizma in njegovo vizualizacijo. Za določitev ustreznih manipulativnih karakteristik je uporabljena 3D vizualizacijska metoda.
		ANG	This paper deals with the manipulability problem of a novel 3 DOF MR compatible haptic mechanism, considering limited space and its visualisation. An appropriate 3D visualisation method has been developed for analysing the manipulability characteristics of a haptic mechanism within an MR environment.
	Objavljeno v	Pergamon; Robotics and computer-integrated manufacturing; 2011; Vol. 27, iss. 2; str. 267-275; Impact Factor: 1.254; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.019; WoS: EV, IK, RB; Avtorji / Authors: Rajh Matej, Glodež Srečko, Flašker Jože, Gotlih Karl, Kostanjevec Tomaž	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
3.	COBISS ID	14672406	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Intelligentno podprto strukturno konstruiranje
		ANG	Intelligent decision support for structural design analysis
		V članku je predstavljen model inteligentnega strukturnega	

Opis	SLO	konstruiranja ob uporabi metode končnih elementov. Model upošteva številne modelu baz znanja, na osnovi katerih dobimo kot končni rezultat izboljšane konstrukcijske rešitve obravnavanih problemov.
	ANG	This paper discusses a framework for intelligent decision support for structural design analysis using a finite element method. The intelligent environment presented is composed of several knowledge-based modules in order to address some major bottlenecks within the analysis-based design improvement process.
Objavljeno v	Elsevier Science; Advanced engineering informatics; 2011; Vol. 25, iss. 2; str. 330-340; Impact Factor: 1.400; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.826; A': 1; WoS: EP, IF; Avtorji / Authors: Dolšak Bojan, Novak Marina	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine v letu 2011^z

Družbenoekonomsko relevantni dosežki		
1.	COBISS ID	67604225 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Strojni elementi
	ANG	Machine elements
Opis	SLO	Učbenik podaja osnove za konstruiranje in preračun standardnih strojnih elementov.
	ANG	The book describes the basis for design and calculation of standardised machine elements.
Šifra	D.10 Pedagoško delo	
Objavljeno v	Fakulteta za strojništvo; 2011; III, 422 str.; Avtorji / Authors: Ren Zoran, Glodež Srečko	
Tipologija	2.03 Univerzitetni ali visokošolski učbenik z recenzijo	
2.	COBISS ID	18469128 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Nosilnost velikih trorednih valjčnih aksialnih ležajev
	ANG	Load capacity of a three-row roller slewing bearing raceway
Opis	SLO	V članku je predstavljen računski model za določitev nosilnosti velikih aksialnih trirednih valjčnih ležajev. Najprej je na osnovi geometrije ležaja in zunanjih obremenitev določena največja obremenitev med valjčkom in tečino ležaja. Nato je z numeričnim postopkom po MKE določeno napetostno in deformacijsko polje v kontaktnem območju med valjčkom in tečino. Na koncu je analiziran vpliv geometrije valjčka na nosilnost in življenjsko dobo ležaja.
	ANG	A calculation model for fatigue lifetime determination of a three-row roller slewing bearing raceway is presented. First, the contact force distribution between the roller and the raceway is analytically determined from the basic bearing geometry and the external loads acting on the bearing assembly. Then a numerical model is employed to calculate subsurface stress distribution in the raceway as a result of the contact force between the roller and the raceway. Finally, the influence of the roller geometry on the fatigue life is pointed out.
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. 1196-1201; Avtorji / Authors: Göncz Péter, Potočnik Rok, Glodež Srečko	

	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
3.	COBISS ID	18469896	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Analiza utrujanja kromanitne litine za valje
		<i>ANG</i>	Fatigue behavior of high chromium steel for rolls
	Opis	<i>SLO</i>	V članku je predstavljena določitev parametrov utrujanja kromanitne litine HCS. Testni preskušanci so izdelani pod enakimi pogoji kot dejanski valji za valjanje pločevine in nato obremenjeni z obremenitvenim razmerjem R=0 v tlaku. Na ta način je določena S-N krivulja in na osnovi le te tipični parametri visokocikličnega utrujanja omenjene litine.
		<i>ANG</i>	Fatigue behaviour of high chromium steel (HCS) for rolls is presented. The tested specimens are manufactured under similar conditions as real rolls. The tests specimens have been loaded with pure pulsating compression load (load ratio R = 0 in compression) at different load levels. Therefore, a typical S-N curve and appropriate fatigue parameters are determined.
	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. 1202-1207; Avtorji / Authors: Drobne Matej, Göncz Péter, Glodež Srečko	
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	

**LETNO POROČILO
O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA
V LETU 2011**

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 2011:1405
Cenovni razred	C	
Trajanje projekta	07.2011 - 06.2014	
Nosilna raziskovalna organizacija	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo	
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	206	Inštitut za kovinske materiale in tehnologije
	1716	ZLATARNA CELJE družba za proizvodnjo in promet s plemenitimi kovinami d.d.
	2334	UNIVERZA V MARIBORU, Medicinska fakulteta
	3063	TERNIK PRIMOZ - zasebni raziskovalec
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2	TEHNIKA
	2.10	Proizvodne tehnologije in sistemi
	2.10.02	Izdelovalna tehnologija
Družbeno-ekonomski cilj	06.	Industrijska proizvodnja in tehnologija

2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS¹

Šifra	2.11	
- Veda	2	Tehniške in tehnološke vede
- Področje	2.11	Druge tehniške in tehnološke vede

3. Sofinancerji²

	Sofinancerji		
1.	Naziv	Zlatarna Celje d.d.	
	Naslov	Kersnikova 19, 3000 Celje	
2.	Naziv	Ternik Primož - zasebni raziskovalec	

	Naslov	Brestrniška ulica 163, 2354 Brestrnica	
3.	Naziv	Tren d.o.o.	
	Naslov	Vodovodna ulica 30B, 2000 Maribor	

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu³

Aktivnost 1: Izdelava zlatih nanodelcev iz ostankov zlata s pirolizo z ultrazvočnim naprševanjem (USP)

Zlato zlitino s kemijsko sestavo v m%: 58.5% Au; 8.11% Ni; 24.35% Cu, 8.37% Zn; 0.67% - nečistoče proizvajalca Zlatarna Celje, Slovenija, smo uporabili kot izhodni material za sintezo zlatih nanodelcev. Le-te smo izdelali z UPS metodo z uporabo ultrazvočnega razprševalca (Gapusol 9001, RBI/Francija), ki vsebuje reaktor s tremi ločenimi ogrevalnimi območji in elektrostatičnim precipitatom. Pri tem postopku je bil ostanek zlate zlitine najprej raztopljen v vodni raztopini klorove in dušikove kisline zato, da se pri pripravi raztopina ne bi razpršila. Raztopina je stala čez noč, potem je bila prenesena v ultrazvočni razprševalec. Temperatura in tlak sta bila prilagojena z uporabo termostata in vakuumske črpalke. Razpršilo, ki je bilo podvrženo frekvenci 2.5 MHz, je potovalo z dušikovim/vodikovim plinom v vroč reaktor, kjer so bile kapljice razpršila podvržene sušenju, krčenju kapljic, topljeni precipitaciji, termolizi in sintranju. Na ta način so se oblikovali nanodelci. Termični razkroj nastale raztopine je bil izveden pri 300°C oz. 800°C. Nanodelci so bili zbrani v reakcijsko cevko in steklenico z vodo in alkoholom

Aktivnost 2: Karakterizacija Au nanodelcev

V letu 2011 smo z več inovativnimi rešitvami optimizirali metode za označevanje Au nanodelcev, kompleksnih bioloških tkiv z označevalci za meritve dinamike znotrajceličnega kalcija in sledenje teh označevalcev s klasično konfokalno in multifotonsko mikroskopijo. Poleg možnosti opazovanja Au nanodelcev in dendritskih celic in limfocitov, smo metodo prilagodili opazovanju celic v tkivu trebušne slinavke

Za karakterizacijo pridobljenega Au nanoprahu je bil uporabljen vrstični elektronski mikroskop, Quanta 200 3D opremljen s fokusiranim ionskim curkom (FIB) in sistemom za naprševanje s Pt. Za kvantitativno kemijsko analizo je bil uporabljen mikro-analizni EDX sistem (EDS) – sistem INCA 350. SEM posnetki so bili uporabljeni za opazovanje površinske morfologije delcev, ki so bili izdelani pri različnih serijah parametrov. V zaključni fazi smo izvedli še TEM preiskave in ICP analize.

Aktivnost 3: Biokompatibilnost Au nanodelcev

Glavni cilj naših raziskav v letu 2011 je bila preiskava biokompatibilnosti Au nanodelcev. Namen tega dela projekta je bil namreč razviti sistem za transport zdravilnih učinkovin oziroma diagnosticiranje z uporabo funkcionaliziranih Au nanodelcev. Majhnost teh nanodelcev, ki je enakega reda kot velikost virusov in makromolekul, omogoča njihovo enostavno uporabo za ugotavljanje bioloških struktur in sistemov, kakor tudi manipulacijo celičnih funkcij. Ugotovljeno je bilo, da je zaradi majhnosti delcev njihova površina veliko bolj reaktivna od primerljivih makro delcev. Preiskave so pokazale, da Au nanodelci reagirajo z različnimi makromolekulami in spreminjajo celično proliferacijo (intenzivno rast celic), njihovo oksidacijsko stanje ter sposobnost za življenje. Ti rezultati nakazujejo morebitno nevarnost pri uporabi Au nanodelcev za nosilce zdravilnih učinkovin. V našem raziskavah smo pokazali, da se lahko z USP tehnologijo izdelajo tudi ne-citotoksični zlati nanodelci. S specifičnimi raziskavami tega dela naših raziskav smo obsežno proučili njihov imunomodulatorni potencial. Izkazalo se je, da Au nanodelci premera 10 in 50 nm zavirajo diferenciacijo dendritnih celic pridobljenih iz monocitov. Poleg tega smo pokazali, da je zmogljivost internalizacije zlatih nanodelcev večja v primerjavi z dendritnimi celicami monocitov, ki kažejo na morebiten višji biološki učinek v dendritnih celicah.

Aktivnost 4: Numerično modeliranje tokovnih in toplotnih razmer v nanotekočinah

Numerično smo analizirali značilnosti prenosa toplote v koloidnih disperzijah Au, Cu, Al₂O₃ in TiO₂ nanodelcev v vodi. Pri tem smo obravnavali dvodimenzionalno kotanjo z različno gretima stranicama in adiabatnima trdnima stenama (pogoji naravne konvekcije) za izbrane vrednosti Rayleighovega števila in volumske koncentracije nanodelcev.

Pokazali smo, da je srednje Nusseltovo število naraščajoča funkcija obeh, tako Rayleighovega števila kot volumskega deleža nanodelcev. Prikazani rezultati nakazujejo, da prenos toplote izboljšamo z uporabo nanotekočin namesto običajnih tekočin. Pri tem pa je pozitiven učinek na prenos toplote izrazitejši pri nižjih vrednostih Rayleighovega števila.

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

Na podlagi analiz narejenega raziskovalnega dela v okviru projekta lahko zaključimo, da delo poteka skladno s predvideno časovno razporeditvijo in programom. V Zlatarni Celje smo tako konec oktobra 2011 s pomočjo kolegov iz Inštituta RWTH Aachen (Nemčija) že uspeli izdelati prvo poskusno serijo Au nanodelcev, s katero smo dobili 5 različnih velikostnih frakcij. V mesecu decembru 2011 je bila izdelana že druga serija Au nanodelcev na osnovi bio-prekursorja.

Realizacija zastavljenih ciljev se tako kaže v preliminarni sintezi Au nanodelcev, v raziskavah njihove sestave, funkcionalnih lastnosti (imunomodularni potencial, oblika, morfologija), biokompatibilnosti z različnimi celičnimi sistemi (citotoksičnost, apoptoza, nekroza, idr). Pri tem je bila citotoksičnost frakcij zlatih nanodelcev testirana s standardno metodo za merjenje aktivnosti sukcinatne dehidrogenaze (SDH) v timocitih podgan in mišjih fibroblastih L929. Timociti so bili ločeni od timusev Albino Oxford (AO) miši, samcev, starih 10 tednov, gojenih na Inštitutu za medicinske raziskave, MMA, Beograd, Srbija. Vse raziskave so sledile stroгим Navodilom evropske skupnosti (EEC direktiva iz leta 2007; 86/609/EEC).

Rezultati raziskav tega projekta so omogočili razširitev temeljnih spoznanj na področjih razvoja nanotehnologij, sinteze nanodelcev, karakterizacije in določitev funkcionalnih lastnosti Au nanodelcev, kakor tudi s področja numeričnih analiz. S primerjavo rezultatov s tujimi avtorji smo potrdili pravilnost uporabljene numerične metode, z uporabo primernih računskih mrež pa smo zagotovili zelo natančne numerične rezultate (diskretizacijska napaka < 0,01%).

Za izvedbo raziskav je bila uporabljena najsodobnejša raziskovalna oprema: visoko-ločljivostni vrstični elektronski mikroskop Sirion NC 400, Augerjev elektronski mikroskop AES-Microlab 310F opremljen s SEM in XPS spektrometroma (X-ray Photoelectron Spectrometer), Quanta 200 3D okoljski vrstični elektronski mikroskop s sistemom dvojnih curkov – elektronskim in ionskim (dual beam), transmisijski elektronski mikroskop Philips CM20 200 kV z LaB6 katodo. Na podlagi pridobljenih znanj v okviru tega projekta so bili postavljeni temelji tehnologije izdelave Au nanodelcev v Zlatarni Celje d.d., kar posredno predstavlja prenos znanja na industrijski nivo.

Na podlagi rezultatov v okviru raziskovalnega projekta smo v letu 2011 kandidirali tudi na razpis za dodelitev mesta mladega raziskovalca na temo projekta in le-tega dobili potrjenega s strani MVZT julija 2011 za enovit doktorski študij do leta (začetek 2012).

Rezultate dosedanjega raziskovalnega dela bomo v letošnjem letu (2012) ovrednotili tudi s prijavo patenta "Tehnologija izdelave Au nanodelcev s USP metodo".

Skladno z oceno o stopnji realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev prilagamo tudi pisno pozitivno mnenje sofinancerjev projekta t.j. Zlatarna Celje d.d., Tren d.o.o. Maribor ter Primož Ternik, zasebni raziskovalec.

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

Pri izvedbi projekta ni prišlo do morebitnih sprememb.

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine v letu 2011⁶

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	14359830	Vir: vpis v poročilo
	Naslov	<i>SLO</i>	Citotoksičnost zlatih nanodelcev izdelanih z ultrazvočno razpršilno pirolizo
		<i>ANG</i>	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 (USP) 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	RUDOLF, Rebeka, FRIEDRICH, Bernd, STOPIĆ, Srečko, ANŽEL, Ivan, TOMIĆ, Sergej, ČOLIĆ, Miodrag. J. biomater. appl., J. biomater. appl., Jan. 2012, vol. 26, no. 5, str. 595-611. [JCR: 2010: 2.246]	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
2.	COBISS ID	15353878	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Au-nano-delci in njihova uporaba
		ANG	Au nanoparticles and their use
	Opis	SLO	Razvoj tehnik za sintezo Au-nano delcev z določeno velikostjo, obliko in sestavo je izziv in pomembno področje raziskav v nanotehnologiji. Zlati nanodelci so namreč atraktivni zaradi potencialne uporabe v elektrokemiji in medicini, kot tudi za proizvodnjo različnih nano-naprav.
		ANG	The development of synthesis technology for the production of Au nanoparticles with defined size, shape and composition, is a challenge and an important research field in nano-technology. Namely, gold nanoparticles are very attractive because of their potential use in electro-chemistry and medicine, and also for the production of different nano-devices.
Objavljeno v	PAZU; Anali PAZU; 2011; Letn. 1, št. 1; str. 48-53; Avtorji / Authors: Rudolf Rebeka, Zorko Lidija, Anžel Ivan		
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
3.	COBISS ID	15839510	Vir: vpis v poročilo

Naslov	SLO	Povečanje prenosa toplote pri naravni konvekciji toka nanofluidov na osnovi vode v kvadratni kotanji
	ANG	Heat transfer enhancement for natural convection flow of water-based nanofluids in a square enclosure
Opis	SLO	<p>V prispevku smo numerično analizirali prenos toplote v koloidnih disperzijah Au, Al₂O₃, Cu in TiO₂ nanodelcev v vodi. Pri tem smo obravnavali dvodimenzionalno kotanjo pod pogoji naravne konvekcije za izbrane vrednosti Rayleighovega števila in volumske koncentracije nanodelcev.</p> <p>Vodilne enačbe smo rešili z metodo končnih prostornin, pri čemer sta hitrostno in temperaturno polje povezana z Boussinesqovo aproksimacijo. Prikazani so izredno natančni rezultati za povprečno Nusseltovo število in povečan prenos toplote.</p> <p>Rezultati analize kažejo, da je srednje Nusseltovo število naraščajoča funkcija obeh, tako Rayleighovega števila kot volumskega deleža nanodelcev. Prikazani rezultati nakazujejo, da lahko prenos toplote izboljšamo z uporabo nanotekočin namesto običajnih tekočin, kar void do kompaktnejših (manjših) prenosnikov toplote. Pri tem pa je pozitiven učinek na prenos toplote izrazitejši pri nižjih vrednostih Rayleighovega števila.</p>
	ANG	<p>Numerical analysis is performed to examine the heat transfer enhancement of Au, Al₂O₃, Cu and TiO₂ water-based nanofluids. The analysis uses a two-dimensional enclosure under natural convection heat transfer conditions and has been carried out for the Rayleigh number range $103 \leq Ra \leq 105$, and for the nanoparticles' volume fraction range $0 \leq \phi \leq 0,10$.</p> <p>The governing equations were solved with the standard finite-volume method and the hydrodynamic and thermal fields were coupled together using the Boussinesq approximation. Highly accurate numerical results are presented in the form of average Nusselt number and heat transfer enhancement. The results indicate clearly that the average Nusselt number is an increasing function of both, Rayleigh number and volume fraction of nanoparticles. The results also indicate that heat transfer enhancement is possible using nanofluids in comparison to conventional fluids, resulting in the compactness of many industrial devices. However, low Rayleigh numbers show more enhancement compared to high Rayleigh numbers.</p>
Objavljeno v	Int. j. simul. model., 2012, vol. 11, iss. 1, str. 29-39.	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine v letu 2011⁷

Družbenoekonomsko relevantni dosežki			
1.	COBISS ID	15322902	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Tehnologija izdelave nanodelcev iz starega zlata	
	ANG	Gold scrap processing technology for nanoparticles	
Opis	SLO	<p>Namen prispevka je predstaviti izdelavo zlatih nanodelcev iz starega zlata s postopkom ultra zvočne pirolize (UZP). UZP je inovativna in uspešna tehnologija za sintezo delcev s kontrolirano in enotno velikostjo. Mehanizem sinteze nastanka Au nanodelcev z UZP metodo je bil raziskan z določitvijo reakcijskih parametrov in morfoloških karakteristik nastalih zlatih nanodelcev. Eksperimenti so bili izvedeni z ultrazvočnim izvorom 0,8 in 2,5 MHz v mešanici klorovodikove in dušične kisline, kjer je prišlo do nastanka aerosolov s konstantno velikostjo kapljic. Velikost le-teh je odvisna od karakteristik nastale raztopine in</p>	

		<p>frekvenc ultra zvoka. Kasnejši toplotni razkroj kapljic aerosola je bil izveden v vodikovi in dušikovi atmosferi med 300 in 800 °C. Z eksperimentalno izdelavo smo dobili pet različnih frakcij Au nanodelcev. Za mikrostrukturno karakterizacijo Au nanodelcev smo uporabili naslednje tehnike: SEM in TEM mikroskopiji ter EDX analizo.</p>
	ANG	<p>The aim of this work was to prepare gold nanoparticles from gold scrap by using Ultrasonic Spray Pyrolysis (USP). USP is an innovative and powerful tool for the synthesis of particles with controlled and uniform particle size. The mechanism of gold nanoparticles` synthesis by USP was realized by an investigation of the reactions parameters and morphological characteristics of obtained Au nanoparticles. The experimental investigations were performed by an ultrasonic source of 0.8 and 2.5 MHz, acting in a mixture of chloric/nitric acid and by forming aerosols with constant droplet sizes. The droplet's size depends on the characteristics of the formatted solution and the frequencies of the ultrasound. Subsequent thermal decomposition of the aerosol droplet was performed in a hydrogen and nitrogen atmosphere between 300 and 800 °C. With the experimental production five different fractions of gold nanoparticles were obtained. For the microstructure characterisation of Au nanoparticles the following techniques were used: SEM and TEM microscopies, and EDX analysis.</p>
	Šifra	B.04 Vabljeno predavanje
	Objavljeno v	Društvo livarjev Slovenije; Zbornik referatov 51. mednarodnega livarskega posvetovanja, Portorož 2011; 2011; [12] str.; Avtorji / Authors: Rudolf Rebeka, Zorko Lidija, Anžel Ivan, Stopić Srečko, Friedrich Bernd
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
2.	COBISS ID	15537686 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<p>SLO Numerična analiza povečanja prenosa toplote homogene nanotekočine Au-voda pri pogojih naravne konvekcije</p> <p>ANG Numerical study of heat transfer enhancement of homogeneous water-Au nanofluids under natural convection</p>
	Opis	<p>SLO V prispevku smo numerično analizirali prenos toplote v koloidnih disperzijah nanodelcev zlata v vodi (Au nanotekočine). Pri tem smo obravnavali dvodimenzionalno kotanjo pod pogoji naravne konvekcije za vrednosti Rayleighevega števila $10(\exp 3) < Ra < 10(\exp 5)$ in volumnske koncentracije Au nanodelcev $0 < \phi < 0.10$. Rezultati analize kažejo, da je srednje Nusseltovo število naraščajoča funkcija obeh, tako Rayleighevega števila kot volumnskega deleža Au nanodelcev. Prikazani rezultati nakazujejo, da lahko prenos toplote izboljšamo z uporabo Au nanotekočin namesto običajnih tekočin. Pri tem pa je pozitiven učinek na prenos toplote izrazitejši pri nižjih vrednostih Rayleighevega števila.</p> <p>ANG Numerical analysis is performed to examine the heat transfer of colloidal dispersions of Au nanoparticles in water (Au nanofluids). The analysis used a two-dimensional enclosure under natural convection heat transfer conditions and has been carried out for the Rayleigh number in the range $10(\exp 3) < Ra < 10(\exp 5)$, and for the Au nanoparticles` volume fraction range $0 < \phi < 0.10$. We report highly accurate numerical results which indicate clearly that the mean Nusselt number is an increasing function of both, Rayleigh number and volume fraction of Au nanoparticles. The results also indicate that heat transfer enhancement is possible using nanofluids in comparison to conventional fluids. However, low Rayleigh numbers show more enhancement compared to high Rayleigh numbers.</p>
	Šifra	B.04 Vabljeno predavanje

	Objavljeno v	Inštitut za kovinske materiale in tehnologije; Program in knjiga povzetkov; 2011; Str. 46; Avtorji / Authors: Ternik Primož, Rudolf Rebeka, Žunič Zoran	
	Tipologija	1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci	
3.	COBISS ID	14940694	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Po sledih napredka - Rebeka Rudolf
		ANG	On the development trace - Rebeka Rudolf
	Opis	SLO	V TV prispevku je predstavljen razvoj tehnik za sintezo Au-nanodelcev z določeno velikostjo, obliko in sestavo je izziv in pomembno področje raziskav v nanotehnologiji. Zlati nanodelci so namreč atraktivni zaradi potencialne uporabe v elektrokemiji in medicini, kot tudi za proizvodnjo različnih nano-naprav.
		ANG	On the TV evening the development of production techniques for synthesis of Au nanoparticles with well-defined size, shape and composition was presented. This science field is namely the important field in nanotechnology. Au gold nanoparticles are namely very attractive because of their potential use in electro-chemistry and medicine such like for production different nano-devices.
	Šifra	F.18 Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Objavljeno v	2011; Avtorji / Authors: Rudolf Rebeka	
	Tipologija	3.11 Radijski ali TV dogodek	

9. Drugi pomembni rezultati projektne skupine v letu 2011⁸

Vsi pomembni rezultati raziskovalcev projektne skupine so dokumentirani v sistemu COBISS, zato v tem delu navajamo druge objave in sprejete objave iz raziskovalnega dela projekta:

Predavanje na tuji univerzi- Aachen Nemčija:

1. RUDOLF, Rebeka. Bachelor and Master Courses: New technologies for producing and processing materials: 10 hours of lectures as the ERASMUS Teaching mobility 2010/2011 staff for multiple cycle students, from 22.-29. August 2011, RWTH Aachen University, IME Process Metallurgy and Metal Recycling, Germany.

Predavanje na tuji konferenci- Vrdnik Srbija:

2. RUDOLF, Rebeka. Međunarodni projekti. predavanje, okrugli sto "IV Savetovanje Transfer tehnologija i znanja iz naučno-istraživačkih organizacija u mala i srednja preduzeća; Vrdnik, 29. jun - 1. juli 2011.

Mentorstvo Rebeka Rudolf- doktorsko usposabljanje doktoranta Sergej Tomić, štipendija Javnega sklada RS za razvoj kadrov in štipendije

3. : TOMIĆ, Sergej, ĐOKIĆ, Jelena, ZORKO, Lidija. Biocompatibility and immunomodulatory properties of gold nanoparticles prepared by ultrasonic spray pyrolysis: final report 2011, Maribor: [s. n.], 2011. [20] f., ilustr. , Cobiss: 14860054

4. STOŽER, Andraž, DOLENŠEK, Jurij, KOROŠAK, Dean, RUPNIK, Marjan. Patterns of calcium dynamics in islets from pancreas tissue slices. V: Turkish - FEPS physiology congress : September 3-7, 2011 : abstracts. Yeditepe: University, 2011, [1] str. [COBISS.SI-ID 67752449]

Sprejete objave:

1. Ternik Primož, Rudolf Rebeka, Zoran Žunič. Numerical study of heat transfer enhancement of homogeneous water-Au nanofluids under natural convection, Materials and Technology, sprejeto v objavo/članek v tisku.

**LETNO POROČILO
O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA
V LETU 2011**

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	skupaj: 9302 od tega v letu 2011: 3101
Cenovni razred	C
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	2.11
- Veda	2 Tehniške in tehnološke vede
- Področje	2.11 Druge tehniške in tehnološke vede

3. Sofinancerji²

Sofinancerji					
1.	<table border="1"> <tr> <td>Naziv</td> <td>Lokateks, podjetje za zaposlovanje invalidov, d.o.o. Škofja Loka</td> </tr> <tr> <td>Naslov</td> <td>Kidričeva 75, SI-4220 Škofja Loka</td> </tr> </table>	Naziv	Lokateks, podjetje za zaposlovanje invalidov, d.o.o. Škofja Loka	Naslov	Kidričeva 75, SI-4220 Škofja Loka
Naziv	Lokateks, podjetje za zaposlovanje invalidov, d.o.o. Škofja Loka				
Naslov	Kidričeva 75, SI-4220 Škofja Loka				

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu³

V letu 2011 smo nadaljevali z raziskavami na delovnem paketu **Laboratorijski testi s pripravljenimi tekstilnimi filtri na modelnih molekulah**. Pri testiranjih adsorpcije fenola, pri sobni temperaturi je najboljše adsorpcijske sposobnosti pokazal netkan poliestrni material obdelan z CD z 20 % nanosom. Po 3 dneh se je adsorbiralo okoli 50 % fenola in po 5 dneh mešanja se je adsorbiralo 95 % fenola. Nadaljnje raziskave so pokazale, da se s povišanjem temperature na 35 °C skrajša čas adsorpcije fenola. Po 24 urah mešanja vzorca v fenolni raztopini se je adsorbiralo 50 % fenola in po 48 urah se je adsorbiralo okoli 95 % fenola. Še z nadaljnim dvigom temperature se čas adsorpcije fenola ni skrajšal.

Kot tekstilni substrat smo pripravili še PET 3D in PET 2D "spacer materiala". Ker je bil nanos CD 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 materiala". 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 materiala" 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 močeh 70 W ter 40 W. Adsorpcija fenola se z uporabo ultrazvoke ni izboljšala.

V delovnem paketu **Laboratorijski testi s pripravljenimi tekstilnimi filtri na realnih odpadnih vodah obdelanih s H₂O₂/UV** smo izvedli analize ciljnih mikropolutantov po AOP postopku na realnih odpadnih vodah. Identifikacijo mikropolutantov smo opravili z GC/MSD. Vzorce tekstilne odpadne vode po reaktivnem barvanju smo obdelali z H₂O₂/UV.

Eksperimente smo izvedli pod naslednjimi pogoji: moč UV žarnice je bila 1000 W, ter koncentracija H₂O₂ je znašala 0,7 mL/L. Vzorce odpadne vode smo v prvem primeru obdelovali samo 5 minut, v drugem primeru pa smo enak vzorec obdelovali 30 minut. Iz GC/MSD analiz je v ekstraktih vzorcev, ki so bili obdelani s H₂O₂/UV postopkom, zaznati razgradne produkte triazinskega barvila in sicer cianurne kisline. Koncentracija cianurne kisline se v vzorcih obdelanih z H₂O₂/UV postopkom povečuje s časom obdelave vzorca. V vzorcih še poleg cianurne kisline v manjših količinah zaznamo amelid, melin in v sledovih še nekatere sorodne spojine. Tudi koncentracija teh spojin se zvišuje s časom obdelave vzorca, kar dodatno nakazuje da gre za razpadne produkte triazinskega barvila.

RT (spojin)	Najverjetnejša identifikacija
13,641	Cianurna kislina
16,461	Amelid
18,726	Melin
20,835	Ogljikovi hidrati
23,001	Ogljikovi hidrati
24,604	Heksadekanojska kislina
36,728	Ogljikovi hidrati

Z GC/MSD analizo smo želi določiti še vsebnost halogeniranih organskih spojin v tekstilni odpadni vodi in v tekstilni odpadni vodi po obdelavi z H₂O₂/UV postopkom. Ugotovili smo, da že po 5 minutah obdelave z H₂O₂/UV postopkom zaznamo znatno nižje koncentracije halogeniranih organskih spojin kot so prisotne v začetnih raztopinah. Po 30 minutah H₂O₂/UV postopka pa halogeniranih organskih spojin sploh ne zaznamo več.

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

V našem dosedanjem delu smo realizirali zastavljene cilje za leto 2011. Raziskovalno delo smo izvajali glede na organizacijsko shemo projekta. Delo smo nadaljevali na delovnem paketu **Laboratorijski testi s pripravljenimi tekstilnimi filtri na modelnih molekulah**. Osredotočili smo se na fenol, ki velja za pogosto zastopano toksično spojino. Najboljše

adsorbcijske sposobnosti je pokazal netkan PES material z 20 % nanosom CD pri temperaturi 35 °C. V delovnem paketu **Laboratorijski testi s pripravljenimi tekstilnimi filtri na realnih odpadnih vodah obdelanih s H₂O₂/UV** smo z GC/MSD identificirali razgradne produkte triazinskega barvila in sicer cianurne kisline. Naše nadaljnje raziskave smo usmerili v analize ekoloških parametrov z H₂O₂/UV postopkom obdelanih relanih odpadnih tokov pred in po filtraciji z novimitekstilnim filtri.

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

V letu 2011 ni sprememb in odstopanj od predvidenega programa raziskovalnega projekta.

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine v letu 2011⁶

Znanstveni dosežek				
1.	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>	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.	
		<i>ANG</i>	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.	
	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			
2.	COBISS ID	15601174	Vir: COBISS.SI	
	Naslov	<i>SLO</i>	Uporaba ciklodekstrina pri barvanju tekstilnih materialov	
		<i>ANG</i>	Application of cyclodextrins in textile dyeing	
		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.		

Opis	SLO	<p>(3) Zaradi tolikšnega porasta proizvodnje so prej visoke cene postale sprejemljive tudi za uporabo ciklodekstrinov v večini industrijskih procesov.</p> <p>(4) Ciklodestrini lahko tvorijo komplekse z različnimi majhnimi molekulami. Tovrstna molekulska enkapsulacija se že široko uporablja v številnih industrijskih izdelkih, tehnologijah in analitičnih metodah.</p> <p>(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.</p> <p>(6) Kot rezultat točke 5 lahko dodamo, da lahko ljudje uživajo ciklodekstrine kot eno izmed sestavin zdravil, hrane ali kozmetičnih pripomočkov.</p> <p>Ciklodekstrini so ciklični oligosaharidi, makrociklične spojine sestavljene iz glukopiranoznih enot.</p> <p>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.</p>
	ANG	<p>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:</p> <p>(1) CDs are seminatural products; they are produced from a renewable natural material, starch, by a relatively simple enzymatic conversion.</p> <p>(2) They are produced in thousands of tons per year by environmentally friendly technologies.</p> <p>(3) Because of their huge production, the initially high prices of CDs have dropped to levels where they become acceptable for most industrial purposes.</p> <p>(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.</p> <p>(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.</p> <p>(6) As a result of point 5, CDs can be consumed by humans as ingredients of drugs, foods, or cosmetics.</p> <p>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.</p>
Objavljeno v	InTech; Textile dyeing; 2011; Str. [373]-392; Avtorji / Authors: Vončina Bojana	
Tipologija	1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji	

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine v letu 2011²

Družbenoekonomsko relevantni dosežki			
1.	COBISS ID	14985238	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Ekonomsko najbolj učinkoviti operacijski parametri za UV/H2O2 proces
		ANG	Finding economically the most efficient operating parameters of UV/H2O2 process

Opis	SLO	<p>Proces UV/H₂O₂ 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 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.</p> <p>This work 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.</p> <p>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>	
Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci		
Objavljeno v	Department of Chemical Engineering and Environmental technology; Water & Industry 2011; 2011; 2 str.; Avtorji / Authors: Novak Nina, Majcen Le Marechal Alenka		
Tipologija	1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci		
2.	COBISS ID	257975296	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Integracija naprednih tehnologij čiščenja obarvanih odpadnih vod iz tekstilne industrije	
	ANG	Integration of advanced technologies for colored textile wastewater treatment	
		<p>V doktorski disertaciji predstavljamo študijo določitve stroškovno optimalnih obratovalnih pogojev za razbarvanje in čiščenje vodne raztopine barvila C. I. Reactive Blue 268 z naprednimi procesi čiščenja. Najprej predstavljamo rezultate laboratorijskih eksperimentov in matematične modele procesov UV/H₂O₂ in Fe²⁺/H₂O₂. Rezultati kažejo, da lahko z uporabo metodologije odzivnih površin razvijemo ustrezna matematična modela, ki statistično zadostno opišeta odvisnost merjenih odzivov od izbranih (vplivnih) obratovalnih parametrov. Nato prikazujemo študijo optimiranja energijsko intenzivnega procesa UV/H₂O₂. Kot vplivne parametre smo upoštevali koncentracijo barvila, koncentracijo vodikovega peroksida, pH, čas obdelave in temperaturo. Stroške elektrike, stroške vodikovega peroksida in stroške vode za</p>	

Opis	SLO	uravnavanje koncentracije barvila smo upoštevali kot relevantne obratovalne stroške. Čeprav so minimalni stroški čiščenja ocenjeni na visokih 17 /m ³ , dobljeni rezultati jasno kažejo, da moramo, če želimo zagotoviti obratovalno in ekonomsko učinkovitost, proces optimirati z obeh vidikov hkrati. Ekonomsko učinkovitost lahko dodatno izboljšamo z integracijo naprednih procesov čiščenja. Kot alternative v integriranem sistemu smo upoštevali proces UV/H ₂ O ₂ , proces Fe ²⁺ /H ₂ O ₂ in membransko filtracijo. Procesno shemo integriranega procesa in vrednosti obratovalnih parametrov, pri katerih sistem obratuje pri minimalnih stroških, smo določili s pristopom, ki temelji na matematičnem programiranju. Iz rezultatov je razvidno, da lahko z ustrezno integracijo izbranih procesov znatno znižamo povprečne stroške čiščenja. V primerjavi s procesom UV/H ₂ O ₂ so ocenjeni povprečni stroški čiščenja integriranega procesa približno 75 % nižji (2,4 /m ³).
	ANG	Many processes have been proposed as an effective treatment technology for remediation of colored wastewaters. However, it has frequently been noted that some of them are economically unacceptable due to high operating cost. This thesis provides studies on approaches to determine cost-effective decoloration and mineralization of C. I. Reactive Blue 268 using advanced treatment technologies. First, the results of laboratory experiments and mathematical models of UV/H ₂ O ₂ and Fe ²⁺ /H ₂ O ₂ processes are presented. The results indicate that the processes can be modeled in a sufficient way by using the response surface methodology. Second, a study on optimization of an energy intensive UV/H ₂ O ₂ process is presented. 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. Although the minimal treatment cost were estimated to 17 /m ³ , the results obtained clearly indicate that, in order to assure effective and economically efficient operation any given process should be simultaneously optimized from the perspective of both operational and economic efficiency. The latter can, however, be improved further by integration of advanced treatment technologies. UV/H ₂ O ₂ , Fe ²⁺ /H ₂ O ₂ and membrane filtration were considered as alternatives for the integrated system. The integrated process flow sheet and values of operating parameters yielding minimal operating cost were determined. The results indicate that for the system studied significant reduction in average treatment cost can be achieved by proper integration of the denoted alternatives. Compared to the treatment cost of UV/H ₂ O ₂ , the estimated average treatment cost of an integrated system is approximately 75 % lower (2,4 /m ³).
Šifra	D.09 Mentorstvo doktorandom	
Objavljeno v	N. Novak]; 2011; XI, 99 str.; Avtorji / Authors: Novak Nina	
Tipologija	2.08 Doktorska disertacija	

9. Drugi pomembni rezultati projektne skupine v letu 2011⁸

Rezultati projektne skupine se vključujejo v izobraževalni proces.

**LETNO POROČILO
O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA
V LETU 2011**

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	skupaj:4650 od tega v letu 2011:1550
Cenovni razred	C
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

3. Sofinancerji²

	Sofinancerji	
1.	Naziv	IOS, Inštitut za okoljevarstvo in senzorje d.o.o.
	Naslov	Beloruska 7, 2000 Maribor

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu³

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 povišujejo tako vrednosti bakterij, tako za primer mesa hranjenega na zraku kot tudi za primer mesa shranjenega v MAP pakiranju; povišujejo 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 sensorja 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 sensorja, zato je bila pomembna prava namestitev sensorja, 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 sensorja ni toliko pomembna, ampak je bolj pomembno določevanje celokupnega števila biogenih aminov. Zato je celo bolje, če lahko z enim sensorjem 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 namestitev na meso, kar pomeni, da ga moramo namestiti odmaknjeno. V tem primeru detektiramo hlape BA, kar pa bistveno spremeni senzorske zahteve.

Glede na dobljene rezultate smo v okviru aktivnosti 5.2 optimizirali senzorsko membrano s spreminjanjem osnove sensorja, v katero je imobiliziran indikator. S tem smo pravzaprav dosegli le še večjo zaprtost osnove, kar še poslabša odzivnost sensorja. 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.

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

Raziskovalno delo v okviru tega projekta je v preteklem letu potekalo po načrtanih ciljih in programu. 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 sensorja. Delovanje sensorja smo ocenili glede direktive EC 1935/2004 in v zvezi s tem poskušali optimirati senzorsko membrano.

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. Pravzaprav je ostala projektna skupina v letu 2011 enaka kot v letu 2010, prav tako je ostal enak program raziskovalnega projekta.

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine v letu 2011⁶

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	15269398	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	His[_{sub}]6-OPH encimatski biohibridni material za detekcijo organofosfatov
		ANG	His[_{sub}]6-OPH enzyme-based bio-hybrid material for organophosphate detection
	Opis	SLO	Predstavljen je razvoj bio-senzorskega filma za detekcijo organofosfornih komponent z uporabo sol-gel tehnologije. Encim organofosforna hidrolaza označena s heksahistidinom (His6-OPH) je bila imobilizirana po novem sol-gel postopku v tetraetoksisilan/glycidoxypropyltrimethoxysilane/voda hibridni material. Pripravljene so bile biosenzorske membrane z enkapsuliranim His6-OPH različnih struktur (razmerje voda/silan - R, razmerje med prekursorji - P). Optimalne senzorske membrane (P=5:1, R = 188) so ohranile 90% začetne aktivnosti encima. Nadalje, tako pripravljene biosenzorske membrane so ohranile 80% ali več svoje aktivnosti v roku dveh tednov. Biohibridni film je pokazal tudi odlično ponovno uporabnost in izboljšano aktivnost pri nevtralnem pH v primerjavi z aktivnostjo encima v raztopini.
		ANG	In this work, we report on the development of a bio-sensing film for the detection of organophosphorous compounds using sol-gel technology. A novel sol-gel immobilization method employing tetraethoxysilane/3-glycidoxypropyltrimethoxysilane/water hybrid material was developed and used to immobilize the hexahistidinetagged organophosphorous hydrolase enzyme (His6-OPH). Bio-sensing layers with encapsulated His6-OPH of various structures (water/silane, precursor ratios) have been prepared. The optimal (P=5:1, R=188) bio-sensing layers retained 90% of the initial enzyme activity. Furthermore, the bio-sensing layer prepared by this method was able to maintain its activity at or above 80% of its initial activity for 2 weeks. The bio-hybrid film also showed excellent reusability and improved activity at neutral pH in comparison to the same enzyme in solution.
	Objavljeno v	Springer; Analytical and bioanalytical chemistry; 2011; Vol. 401, no. 8; str. 2631-2638; Impact Factor: 3.841; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.148; A': 1; WoS: CO, EA; Avtorji / Authors: Frančič Nina, Košak Aljoša, Lyagini Ilya V., Efremenko Elena N., Lobnik Aleksandra	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
2.	COBISS ID	15769366	Vir: vpis v poročilo
	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.
	Objavljeno v	WANG, Wen (ur.). Advances in chemical sensors. Rijeka: InTech, cop. 2012, on-line 2011, str. 3-28. Poglavlje v knjigi avtorjev LOBNIK, Aleksandra, TUREL, Matejka, KORENT UREK, Špela
	Tipologija	1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji
3.	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.
Objavljeno v		Elsevier; Journal of fluorine chemistry; 2011; Vol. 132, iss. 12; str. 1146-1151; Impact Factor: 1.719; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.276; WoS: EC, EE; 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-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine v letu 2011²

Družbenoekonomsko relevantni dosežki		
1.	COBISS ID	14927894 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Pri okoljskem monitoringu omogočajo široko uporabo <i>ANG</i> Widespread use of optical sensors in environmental monitoring
	Opis	<i>SLO</i> Vsebina strokovnega članka predstavlja optične kemijske senzorje, ki imajo veliko prednosti, kar omogoča njihovo široko uporabnost na področju okoljskega monitoringa. V nasprotju s klasičnimi instrumentalnimi metodami omogočajo OKS kontinuirano določevanje različnih parametrov na licu mesta in na oddaljenih območjih (z uporabo optičnih vlaken). <i>ANG</i> The content of the professional article presents the optical chemical sensors (OCS), which have advantages that enable their widespread use in the field of environmental monitoring. In contrast to conventional instrumental analysis the OCS enable continuous monitoring of several parameters on-site and on remote locations (using optical fibres).
	Šifra	B.06 Drugo
	Objavljeno v	Fit media; Embalaža, okolje, logistika; 2011; 57; str. 50-51; Avtorji / Authors: Lobnik Aleksandra, Korent Urek Špela
	Tipologija	1.04 Strokovni članek
2.	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://tvslslo.si/predvajaj/univerza/ava2.95444104/ RTV SLO: http://tvslslo.si/predvajaj/dobro-jutro-1-del/ava2.106217996/

	Tipologija	1.22 Intervju	
3.	COBISS ID	15141142	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Optični senzorji, ki temeljijo na kvantnih pikah
		ANG	Quantum dots based optical sensors
	Opis	SLO	Predavanje je obravnavalo tematiko uporabe kvantnih pik v senzorskenamene. 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.
		ANG	The lecture covered the filed 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 skupine v letu 2011⁸

<p>Vpetost v projekte izven ARRS:</p> <p>- Vodja projekta izkazuje veliko sodelovanje v projektih izven ARRS, kar potrjuje visoko število A3 točk za leto 2011 (10 točk) (http://izumbib.izum.si/bibliografije/A20120313105127-01407.html)</p> <p>Objavljeni znanstveni prispevki na konferenci:</p> <p>- FRANČIČ, N., LYAGINI, I. V., EFREMENKO, E. N., KOŠAK, A., LOBNIK, A. An optical biosensor based on His[_{sub}6]-OPH for organophosphate detection. Proceedings of SPIE, 18-20 April 2011, Prague, Czech Republic, (Proceedings of SPIE, 8073). [COBISS.SI-ID 15133462]</p> <p>- KORENT UREK, Š., LOBNIK, A. Fluorescent-based chemical sensor for organophosphate detection. V: BALDINI, Francesco (ur.). proceedings of SPIE, 18-20 April 2011, [COBISS.SI-ID15133974]</p> <p>- LOBNIK, A., KORENT UREK, Š., TUREL, M., FRANČIČ, N. Sol-gel based optical chemical sensors. V: BALDINI, Francesco (ur.). proceedings of SPIE, 18-20 April 2011, Prague, Czech Republic. [COBISS.SI-ID15133718]</p> <p>- TUREL, M., KORENT UREK, Š., LOBNIK, A. Imobilizacija lantanidnih kompleksov v sol-gel polimerno osnovo V: KRAVANJA, Zdravko (ur.), BRODNJAK-VONČINA, Darinka (ur.), BOGATAJ, Miloš (ur.). Slovenski kemijski dnevi 2011, Portorož, 14-16 september 2011. [COBISS.SI-ID 15338518]</p> <p>Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci</p> <p>- NEDELJKO, P., KORENT UREK, Š., LOBNIK, A., TUREL, M. Določanje biogenih aminov z uporabo optičnih kemijskih senzorjev V: KRAVANJA, Zdravko (ur.), BRODNJAK-VONČINA, Darinka (ur.), BOGATAJ, Miloš (ur.). Slovenski kemijski dnevi 2011, Portorož, 14.-16. september 2011. [COBISS.SI-ID 15343126]</p> <p>- FRANČIČ, N., KOŠAK, A., LOBNIK, A. Priprava bio-materiala z možnostjo detekcije in/ali detoksifikacije organofosfatov V: KRAVANJA, Zdravko (ur.), BRODNJAK-VONČINA, Darinka (ur.), BOGATAJ, Miloš (ur.). Slovenski kemijski dnevi 2011, Portorož, 14.-16. september 2011.</p>

LETNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA V LETU 2011

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 2011:1405
Cenovni razred	C	
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

	Sofinancerji	
1.	Naziv	Cinkarna, Metalurško kemična Industrija Celje d.d.

	Naslov	Kidričeva 26, 3001 Celje, Slovenija	
2.	Naziv	IRSPIN	
	Naslov	Kidričeva 1 1270 Litija, Slovenija	
3.	Naziv	Julon Proizvodnja poliamidnih filamentov in granulotov d.d.	
	Naslov	Letališka cesta 15, 1000 Ljubljana, Slovenija	

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu³

V letu 2011 smo izvajali predvsem aktivnosti prvega 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 pregleda relevantne znanstvene in strokovne literature ter analize obstoječega stanja na področju funkcionalizacije tekstilnih materialov s TiO₂ nanodelci, so strokovnjaki podjetja Cinkarna Celje, v sklopu **Aktivnosti 1.1**, sintetizirali TiO₂ nanodelce v rutilni kristalini obliki po sulfatnem sinteznem postopku. V nadaljevanju (**Aktivnost 1.2**) so rutilne nanodelce oplaščili z različnimi anorganskimi oksidi v različnih koncentracijah (SiO₂, Al₂O₃ in kombinacija SiO₂/Al₂O₃) po postopku mokrega obarjanja (nekoliko spremenjen postopek, kot je podan v Patentni prijavi št.: P-201000397, Veronovski, Verhovšek, Selišnik). Za modifikacijo tekstilnih materialov so tako pripravili pet različnih past (pH 7) s TiO₂ core-shell nanodelci.

Izbrane TiO₂ core-shell 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, DLS, SAXS/WAXS in meritvami Zeta potenciala v odvisnosti od pH, tako da smo pripravili 0,1% koloidne disperzije. Iz SEM in TEM posnetkov je razvidno, da so posamezni delci ovalne oblike, velikosti približno 100 do 120 nm v dolžino x 30 do 60 nm v širino, odvisno od vrste in količine delcev, ki tvorijo plašč (shell) okoli TiO₂ jedra. Velikosti delcev v vodni raztopini smo določali tudi z metodo dinamičnega sipanja svetlobe. Delci so v vodni disperziji enakomerno porazdeljeni in tudi po daljšem času ne aglomerirajo, kar nakazuje na stabilnost disperzij. Iz meritev zeta potenciala disperzij lahko razberemo, da imajo rutilni TiO₂ nanodelci oplaščeni s 3% deležem SiO₂ ali 3% Al₂O₃ ali 1% SiO₂/3% Al₂O₃ izoelektrično točko pri pH 3 do 4. Z večanjem deleža SiO₂ delcev v pasti se izoelektrična točka pomika k nižjim pH vrednostim.

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

V našem dosedanjem delu smo izvedli vse aktivnosti ter realizirali zastavljene raziskovalne cilje predvidene v okviru časovnice prvega leta projekta. Raziskovalno delo smo izvajali glede na organizacijsko shemo projekta. Delo smo pričeli s preučevanjem novejših strokovnih in znanstvenih literatur s področja nanofunkcionalizacije tekstilnih materialov s poudarkom na sintezi, karakterizaciji in aplikaciji TiO₂ nanodelcev. V

nadaljevanju so strokovnjaki iz podjetja Cinkarna Celje uspešno sintetizirali rutilne TiO₂ nanodelce ter jih naknadno oplaščili različnimi anorganskimi oksidi (SiO₂, Al₂O₃ in kombinacija SiO₂/Al₂O₃) v različnih koncentracijah za površinsko modifikacijo različnih tekstilnih materialov. Pripravljene paste z izbranimi TiO₂ core-shell nanodelci 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, DLS, SAXS/WAXS in meritvami Zeta potenciala.

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

V vsebinskem delu projekta ni odstopanj od predlaganega in načrtovanega programa, predlagamo pa spremembo raziskovalne skupine. V raziskovalno skupino Fakultete za strojništvo želimo dodatno vključiti kot raziskovalko dr. Alenko Ojstršek (šifra: 22407), ki aprila zaključuje svoj podoktorski projekt in že ves čas strokovno sodeluje pri teh raziskavah in bo s svojim delom ter znanjem pomembno prispevala k uspešnemu delu.

Prav tako predlaga spremembo partner v projektu, Cinkarna d.d in sicer želi, da se namesto gospe Vide Planinšek, ki odhaja v pokoj, v projekt vključi vodja službe kakovosti v Cinkarni, gospa Karmen Rajer Kanduč (ARRS šifra: 18917).

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine v letu 2011⁶

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	COBISS.SI-ID 15760€	Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO	Adsorpcija laponita na modelne celulozne filme
		ANG	Adsorption of laponite on a cellulose model surface
	Opis	SLO	V izvirnem znanstvenem članku je predstavljena študija adsorpcijskih lastnosti laponita na celulozne modelne površine s QCM-D metodo. Preučili smo tudi vpliv predhodne adsorpcije trihidroksisilana. Za določanje kemijske sestave površine smo uporabili XPS metodo.
		ANG	The adsorption behavior of laponite on cellulose model surfaces was studied by a quartz crystal microbalance with dissipation (QCM-D). The influence of prior adsorption of a trihydroxysilane has also been investigated. XPS was used to determine the elemental composition of the surfaces.
	Objavljeno v	Macromol. symp., Jan. 2012, vol. 311, iss. 1, str. 28-32	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
2.	COBISS ID	COBISS.SI-ID 245727	Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO	Interakcija vodikove plazme z ogljik-volframovim kompozitnim slojem
		ANG	Interaction of hydrogen plasma with carbon-tungsten composite layer
	Opis	SLO	V izvirnem znanstvenem članku je bila predstavljena interakcija nevtralnih vodikovih atomov s kompozitnim slojem hidrogeniranega ogljik-volframa. Po nanosu 1 µm sloja C and WC v mešanici plina Ar/C2-H2 je bil vzorec obdelan z vodikovo plazmo. Nato smo vzorec analizirali z AES, XPS in SEM metodami. Iz rezultatov je razvidno, da pride med plazma obdelavo do jedkanja C-W sloja in po 10 minutni obdelavi zaznamo samo še volfram z veliko poroznostjo.
		Interaction of neutral hydrogen atoms with the layer of hydrogenated carbon-tungsten composite was studied. A 1 µm thick layer was prepared by sputter deposition from C and WC-targets in Ar/C2-H2 gas mixture. After deposition the samples were treated in weakly ionized	

	ANG	highly dissociated hydrogen plasma created in a microwave discharge at a power of 1 kW. The gas flow was 13 l/h and pressure was 90 Pa. Temperature of the samples during treatment was about 850 K. After plasma treatment the samples were analyzed by AES (Auger electron spectroscopy) depth profiling, XPS (X-ray photoelectron spectroscopy) and SEM (scanning electron microscopy). It was found that during hydrogen plasma treatment selective etching of the C-W layer occurred. Carbon was preferentially removed from the C-W layer, and after about 10 min of treatment practically only tungsten with a huge porosity was detected.
Objavljeno v	Nucl.Eng. Des.. [Print ed.], 2011, vol. 241, no. 4, str. 1255-1260, doi: 10.1016/j.nucengdes.2010.03.041.	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine v letu 2011²

Družbenoekonomsko relevantni dosežki		
1.	COBISS ID	[COBISS.SI-ID 24509 ⁴ Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO Katalitična sonda za merjenje gostote nevtralnih kisikovih atomov v neravnovesni plinski plazmi ANG Catalytic probes for measuring the density of neutral oxygen atoms in non-equilibrium gaseous plasma.
	Opis	SLO Pomemben korak pri optimizaciji lastnosti naprednih tekstilij je razvoj postopka depozicije oplaščenih nanodelcev TiO ₂ . Stabilna vezava nanodelcev ni mogoča brez predhodne aktivacije. V tem prispevku na specializirani mednarodni tematski delavnici smo prikazali metodo za aktivacijo površine tekstilij, ki temelji na funkcionalizaciji s kisikovimi atomi. Razvili smo vir atomov z poljubno nastavljivim tokom atomov na površino obdelovancev, ki ga merimo s posebej izdelano katalitično sondo. ANG Stable fixation of coated TiO ₂ nanoparticles on advanced textiles requires development of suitable techniques for textile activation. A promising technique is based on functionalization with highly polar functional groups which are formed upon interaction of neutral O atoms with textiles. An adjustable source of atoms has been developed and characterized thoroughly. The results were reported at this specialized workshop.
	Šifra	B.04 Vabljen predavanje
	Objavljeno v	CVELBAR, Uroš (ur.). 2wNPI, 2nd International Workshop on Plasma Nano-Interfaces and Plasma Characterization, March 1st - March 4th 2011, Cerklje, Slovenia. Abstractbook. Ljubljana: Slovenian Society for Vacuum Technique: = DVTS - Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije, 2011, str. 32.
	Tipologija	1.10 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci (vabljen predavanje)
2.	COBISS ID	COBISS.SI-ID 686251 Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO Polisaharidni-silanski hibridni materiali - od filmov do nanodelcev ANG Polysaccharid silane hybrid materials - from films to nanoparticles
	Opis	SLO Predavanje na tuji univerzi se je nanašalo na dve temi. Najprej smo predstavili zadnje rezultate o pripravi tankih filmov iz hitozan-silan nanokompozitov. V nadaljevanju smo govorili o pripravi in karakterizaciji srebrovih nanodelcev s sulfatiranimi polisaharidi. Poudarek je bil

		predvsem na imobilizaciji na površinah in vlaknih ter o antimikrobni aktivnosti teh delcev.
	ANG	The talk consisted of two major topics. On one hand, the latest results obtained in the preparation thin films composed of chitosan-silane nanocomposites have been presented, on the other hand the preparation and characterization of silver nanoparticles by a sulfated polysaccharide was shown. In particular, the immobilization on surfaces and fibers and the antimicrobial activity of these particles have been intensively discussed.
Šifra	B.04	Vabljeno predavanje
Objavljeno v	predavanje na University of Salzburg, Department of Material Physics, 12. 12. 2011. Salzburg: University, 12. dec. 2011	
Tipologija	1.21	Polemika, diskusijski prispevek

**LETNO POROČILO
O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA
V LETU 2011**

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	skupaj:4650	od tega v letu 2011:1550
Cenovni razred	C	
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

3. Sofinancerji²

Sofinancerji		
1.	Naziv	Industrijski razvojni center slovenske predilne industrije - IRSPIN
	Naslov	Kidričeva 1, Litija

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu³

V raziskavi smo nadaljevali z razvojem celuloznih nano-kompozitnih materialov. V letu 2011 so bili poudarki na razvoju medicinskih tekstilij, hidrofobnih celuloznih materialov in pripravi funkcionalnih nanodelcev.

Razvoj medicinskih tekstilij na osnovi nanotehnologije je ena najbolj aktualnih in zahtevnih raziskovalnih tem sodobnega razvoja tekstilno tehničnih tekstilij, saj je problem medicinskih tekstilij predvsem njihova biokompatibilnost in specifična funkcionalnost. Pripravili smo biokompatibilen nanokompozit z oblikovanjem plasti nanodelcev hidroksiapatita nHAp na celuloznih vlaknih. Razvoj postopka je potekal v treh stopnjah in to študij priprave tekstilije za nanomodifikacijo, študij sinteze nanodelcev ter oplaščenje celuloznih vlaken z nanodelci nHAp.

Za raziskavo smo uporabili regenerirana celulozna vlakna, ki smo jih pred obdelavo aktivirali z različnimi postopki predobdelave (obdelava s plazmo, nabrekanje v NaOH, itd). Poleg tega smo modificirali še vlakna, ki so poleg celuloze vsebovala še hitozan, kar zagotavlja protimikroben učinek in dodatno reaktivnost vlaken.

Delce smo *in situ* oblikovali na vlaknih po postopku obarjanja nHAp. Pred oblikovanjem nanoprevlek smo proučili in optimizirali postopek sinteze nHAp. Raziskali smo vpliv procesnih parametrov na velikost delcev in porazdelitev velikosti delcev. Preskušanje nanomodificiranih vlaken je zajemalo določanje tehnološko uporabnih lastnosti ter morfološke lastnosti oplaščenih vlaken.

Nanokompozitne materiale je možno pripraviti tudi z nanomodificiranjem netradicionalnih polisaharidnih vlaken. S tem namenom smo proučevali lastnosti vlaken iz alternativnih virov, kot so travinje, quinoa, itd. Netradicionalna celulozna vlakna so navadno stranski produkt različnih kmetijskih kultur in nudijo odlične možnosti na področju naravno obnovljivih materialov trajnostnega razvoja.

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

Uspešno smo uvedli metodo priprave različnih nanoprevlek na ustrezno aktiviranih predobdelanih celuloznih vlaknih. Razvit je bil postopek modifikacije celuloznih vlaken z namenom izdelave medicinskih tekstilij. V raziskavi smo proučili vpliv procesnih parametrov na postopek oblikovanja prevlek, na funkcionalne lastnosti prevlek in na uporabne lastnosti modificiranih materialov.

Rezultati raziskave predstavljajo prispevek na področju funkcionalizacije polimernih materialov z nanotehnologijo. Z vključevanjem celuloznih in hitozanskih materialov kot naravno obnovljivih surovin pa se raziskava uvršča tudi na področje trajnostnega razvoja.

Program raziskave za leto 2011 smo uresničili, rezultate raziskave bomo predstavili strokovni javnosti v obliki znanstvenih objav (v postopku je priprava izvirnega in preglednega znanstvenega članka) ter na znanstvenih konferencah in simpozijih. Postopek predobdelave vlaken bomo tudi zaščitili s slovenskim patentom, katerega prijava je v postopku potrditve.

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

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine v letu 2011⁶

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	14756886	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Nano - obarjanje celuloznega acetata z uporabo mešanic topil/netopil kot obarjalni medij
		ANG	Nanoprecipitation of cellulose acetate using solvent/nonsolvent mixtures as dispersive media
	Opis	SLO	Razvita je bila nova učinkovita metoda nano-obarjanja za pripravo nanodelcev celuloznega acetata. Z dodatkom tetrahidrofurana THF se oblikujejo manjši delci kot nastanejo v vodi ali pri dodatku običajnih stabilizatorjev kot so površinsko aktivna sredstva ali blok kopolimeri. Proučen je bil vpliv procesnih parametrov. Z optimiranjem pogojev, kot so T, dodatek THF, pH in hitrost mešanja se manjša velikost delcev. Nastajajo sferični nanodelci velikosti 60nm, ki so uporabni za funkcionalizacijo in površinsko modifikacijo CA folij in membran.
		ANG	An efficient nanoprecipitation technique using good cellulose acetate (CA) solvents as modifier for the dispersive media (nonsolvent) was developed for the generation of CA nanoparticles. Addition of tetrahydrofuran (THF) to the nonsolvent leads to smaller particles than obtained with pure water or standard stabilizing agents like surfactants and block copolymers. Sonication, efficient agitation, and optimization of process parameters like temperature, THF content, pH value and stirrer velocity reduces nanoparticle sizes and improves substrate recoveries. With the optimized process, spherical nanoparticles of 60 nm with 87% yield can be generated reproducibly. Possible applications are seen in surface science (e.g. surface modifications and surface functionalization of CA foils and membranes).
	Objavljeno v	Elsevier; Colloids and surfaces; 2011; Vol. 375, iss. 1/3; str. 23-29; Impact Factor: 2.130; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 3.161; WoS: EI; Avtorji / Authors: Kulterer Martin R., Reischl Martin, Reichel Victoria, Hribernik Silvo, Wu Ming, Köstler Stefan, Kargl Rupert, Ribitsch Volker	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
2.	COBISS ID	15285526	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Barvalne lastnosti in določanje barve liocelnih vlaken
		ANG	Dyeing properties and evaluation of colour of lyocell fibres
	Opis	SLO	Nadmolekulska struktura liocelnih vlaken, ki so proizvedena na okolju prijazen način, pogojuje tudi barvalne lastnosti vlaken, ki se razlikujejo od barvalnih lastnosti ostalih regeneriranih celuloznih vlaken. V prispevku so podane razlike v obarvljivosti med viskozniimi, modalnimi in liocelnimi vlakni ter pojasnjene odvisnosti med strukturo vlaken in njihovimi sorpcijskimi lastnostmi. Liocelna vlakna imajo zelo podobno strukturo praznin kot viskozna vlakna; vendar pa imajo bistveno višjo kristaliničnost kot viskozna vlakna. Liocelna in viskozna vlakna imajo z najvišjim volumnom praznin največjo notranjo površino, zato je njihova sposobnost adsorpcije barvil najvišja. Pri modalnih vlaknih je koncentracija barvila v vlaknu najnižja zaradi njihovega bistveno manjšega volumna praznin kljub obsežnejši amorfni fazi, če jih primerjamo z liocelnimi vlakni.
		The supramolecular structure of environmentally friendly produced lyocell fibres is different from the classical man]made cellulosic fibres, which clarifies their different dyeing properties. The purpose of research was to	

		<p>study the differences in the dyeability of viscose, modal and lyocell fibres and define the correlation between fine structure of cellulose fibres and their adsorption ability.</p> <p>ANG Lyocell fibres are very similar to viscose fibres regarding the structure of the voids; however, they have significantly higher crystallinity index in comparison to viscose fibres. Lyocell and viscose fibres with the highest void volume have large inner surface; hence the dye adsorption ability is the greatest. Modal fibres showed the lowest dye concentration on the fibre because of their essentially smaller void volume despite of greater portion of amorphous regions when compared with lyocell fibres.</p>	
	Objavljeno v	[J. Kudlaček]; IN-TECH 2011; 2011; Str. 312-313; Avtorji / Authors: Kreže Tatjana, Sfiligoj-Smole Majda	
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
3.	COBISS ID	4607770	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Nanodelci cinkovega fosfata z reversibilno vezanimi TNF alfa analogi.	
		ANG Zinc-phosphate nanoparticles with reversibly attached TNF- [alfa] analogs	
	Opis	SLO Nanodelci cinkovega fosfata velikosti 60nm so bili oblikovani z metodo obarjanja. Lastnosti delcev so bile določene z SEM, EDX, XRD, in DLS. Najprej je bila vezana na delce testna beljakovina, nato pa še dva TNF alfa analoga. Učinkovitost vezave in nastanek ko-ordinativne vezi je bila potrjena s SDS - PAGE analizo.	
		ANG Nanometer-sized zinc-phosphate nanoparticles that would be capable of binding histidine-rich TNF-a analogs onto their surface via a coordinative bond were prepared . Zinc-phosphate nanoparticles with a size of around 60 nm were prepared by a wet precipitation method and characterized using SEM, EDX, XRD, and DLS. First, a testing protein was bound, afterward two TNF-a analogs with decreased activity were bound to the described nanoparticles. The efficiency of binding and the existence of coordinative bond were confirmed with SDS-PAGE analysis.	
	Objavljeno v	Kluwer Academic Publishers; Journal of nanoparticle research; 2011; Vol. 13, no. 7; str. 3019-3032; Impact Factor: 3.250;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.13; A': 1; WoS: DY, NS, PM; Avtorji / Authors: Hribar Gorazd, Žnidaršič Andrej, Bele Marjan, Maver Uroš, Caserman Simon, Gaberšček Miran, Gaberc-Porekar Vlada	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine v letu 2011^Z

	Družbenoekonomsko relevantni dosežki		
1.	COBISS ID	15602198	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Nanomodificirana regenerirana celulozna vlakna	
		ANG Nano-modified regenerated cellulose fibres	
	Opis	SLO V prispevku je podan pregled metod za pripravo organsko – anorganskih hibridnih materialov na osnovi regeneriranih celuloznih vlaken. Uporabili smo različne anorganske delce (kot je npr. nano SiO ₂ , magnetni delci, itd.), ki smo jih oblikovali in situ na površini vlaken ali pa smo prevleke oblikovali iz stabilnih disperzij predhodno oblikovanih delcev. Raziskali smo različne mehanizme oblikovanja nanodelcev na površini vlaken z ozirom na njihovo strukturo in površinsko morfologijo. Podane so lastnosti nano-kompozitnih vlaken, ki so pogojene s strukturo in morfologijo, ki je bila določena z WAXS in SAXS, IR spektroskopijo, SEM, itd. Prav tako so bile določene površinske lastnosti, predvsem	

		površinski potencial in naboj (zeta potencial, titracije).	
	ANG	<p>In the presentation, an overview of the methods which were developed for preparation of organic/inorganic hybrid materials, based on the conventional regenerated cellulose fibres with an attached layer of inorganic particles are given. Various inorganic particles were used (e.g. nano-sized silicon oxide, magnetite particles), either in situ formed on the fibres' surface or deposited onto fibres from pre-prepared stable dispersions. Different mechanisms of formation of respective types of particles were investigated in relation to fine structure and surface morphology of fibres, which acted as nucleating/adsorbing sites. Study of composite fibres' properties is presented, relating to their structure and morphology (wide and small angle x-ray scattering, IR spectroscopy, scanning electron microscopy) as well as their surface properties, especially from the point of view of surface potential and charge (zeta potential, charge titrations).</p>	
	Šifra	B.04	Vabljeno predavanje
	Objavljeno v	s. n.]; Nano-S&T; 2011; Str. 619; Avtorji / Authors: Hribernik Silvo, Sfiligoj-Smole Majda, Stana-Kleinschek Karin	
	Tipologija	1.10 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci (vabljeno predavanje)	
2.	COBISS ID	14944278	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Naravno obnovljiva tekstilna vlakna
		ANG	Sustainable textile fibres
	Opis	SLO	<p>Prispevek podaja pregled ne-tradicionalnih vlaken. Opisani so različni postopki izolacije vlaken. Pri tem nastajajo predvsem tehnična vlakna, kar pomeni, da so ta celulozna vlakna mnogocelične strukture s posameznimi celicami povezanimi v vlaknate snopiče. Postopki goditve so lahko različni. To so izolacija vlaken z obdelavo vlaken v alkalnem ali kislem mediju in encimska obdelava, uporabljen postopek pa vpliva na površinsko morfologijo vlaken.</p> <p>Opisane so struktura, kemijska sestava in lastnosti obnovljivih vlaken iz kmetijskih odpadkov, kot so slama žit, listje ananasa, slama sladkornega trsa, stebela hmelja, itd. Poleg tega so predstavljena vlakna iz trav in morske trave. Možnosti uporabe vlaken iz različnih nekonvencionalnih virov so predvsem na področju kompozitnih materialov.</p>
		ANG	<p>A review of different non-traditional fibres is given in the paper. Different isolation procedures are described. Mainly technical fibres are obtained, 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 by enzymatic treatment. The procedure used influences fibres surface morphology.</p> <p>Structure, chemical composition and properties of biofibres from agricultural by-products, e.g. wheat straw, pineapple leaves, sugarcane bagasse, hop stems, sponge, Musaceae plants, etc are introduced. In addition to fibres from different grass and legume species and from sea grass are presented in the presentation. Fibres from different non-conventional origins are compared and their potential utilization is discussed.</p>
	Šifra	B.03	Referat na mednarodni znanstveni konferenci
	Objavljeno v	University; Book of abstracts; 2011; 1 str. (PO-19); Avtorji / Authors: Gašparič Petra, Urisk Zala, Križanec Andreja, Munda Marko, Sfiligoj-Smole Majda	
	Tipologija	1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci	

3.	COBISS ID	Vir: vpis v poročilo
Naslov	SLO	Pomočnica glavnega urednika revije Tekstilec
	ANG	Co-editor of Tekstilec periodical
Opis	SLO	Urejanje znanstveno - strokovne revije Tekstilec, ki objavlja znanstvene članke domačih in tujih avtorjev s področja tekstilnih materialov, tekstilne tehnologije in oblikovanja.
	ANG	Editorial work for scientific - professional review Tekstilec, which publishes scientific articles of slovene and foreign authors. The topics are: textile materials, textile technology and design.
Šifra	C.05	Uredništvo nacionalne revije
Objavljeno v	Objavljeno v Tekstilec. Sfiligoj Smole, Majda (urednik 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012). Ljubljana: Društvo inženirjev in tehnikov tekstilcev Ljubljana, 1973-. ISSN 0351-3386.	
Tipologija	2.25	Druge monografije in druga zaključena dela

9. Drugi pomembni rezultati projektne skupine v letu 2011⁸

Patentna prijava :

Hribernik S., Sfiligoj Smole M., Veronovski N., Kurečič M., Stana Kleinschek K., Ojstršek A. : Metoda predobdelave regeneriranih celuloznih vlaken , Patentna prijava v postopku odobritve

**LETNO POROČILO
O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA
V LETU 2011**

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 2011:1405
Cenovni razred	C
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	2.11
- Veda	2 Tehniške in tehnološke vede
- Področje	2.11 Druge tehniške in tehnološke vede

3. Sofinancerji²

	Sofinancerji	
1.	Naziv	Tosama d.o.o.
	Naslov	Vir, Šaranovičeva cesta 35 1230 Domžale

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu³

Za razvoj novih funkcionaliziranih sanitetnih materialov je potrebno podrobno poznavanje izhodnih materialov (t.j. celuloza), kakor tudi substratov, ki se uporabljajo za funkcionalizacijo celuloze. Prav tako je nujno razumevanje pojavov in interakcij na t.i. aktivni mejni površini materialov v stiku z njihovo okolico, saj so le-ti bistvenega pomena za uporabo materialov v farmaciji, medicini, higieni, biokemiji, živilski tehnologiji, itd. Ob poglobljenem poznavanju in razumevanju pojavov na t.i. aktivnih mejnih površinah ter s spreminjanjem le-teh na osnovi specifične funkcionalizacije materialov, lahko vplivamo na interakcije materialov z okolico ob sočasnem ohranjanju oz. izboljšanju osnovnih uporabnih lastnosti materiala. Eden izmed najpomembnejših aspektov funkcionalizacije vlaken je študija interakcij med funkcionalizirano površino celulozних materialov ter širokim spektrom patogenih bakterij in gliv. Na področju raziskav interakcij med bakterijskimi in glivnimi sistemi ter bioaktivnimi površinami polimernih materialov, obstaja še vedno velika vrzel, saj večina testiranj poteka le v tekočih medijih in ne na kompleksnih heterogenih sistemih kot so funkcionalizirani vlaknotvorni polimeri. Nadalje je moč kljub širokemu naboru metod zaznati na področju tekstilne kemije neponovljivost ter neprimernost mikrobioloških testov, kakor tudi nepravilno interpretacijo rezultatov.. Tovrstni problemi se pojavljajo že pri referenčnem vlaknu; torej ne-funkcionaliziranemu vlaknu.

Cilji in teze v letu 2011

Da bi ugotovilo vzroke za nelogične ter neponovljive rezultate testiranj bomo v letu 2011/12 analizirali vpliv fizikalno kemijskih parametrov izhodnih vlaken na rezultate mikrobioloških testiranj. Tako smo pripravili vlakna različnih agregatnih stanj, oblik, struktur, hidrofilnosti/hidrofobnosti, naboja, s katerimi bomo izvedli vsaj dva standardna mikrobiološka testa. Na podlagi dobljenih rezultatov bomo preučili vpliv posameznih naštetih faktorjev na rezultate testiranj.

Realizacija programa:

- 1) Izvedli smo mikrobiološke teste raztopin in ugotovili, da je izredno pomembno volumsko razmerje med gojiščem in preiskovano raztopino. Prav tako je nujno izvesti mikrobiološko tehniko MIC, ki poda minimalno inhibitorno koncentracijo.
- 2) Temeljito smo pregledali obstoječe stanje raziskav; torej pregledali smo vse slabosti in prednosti mikrobioloških testov za testiranje tekstilij. Prav tako smo izdelali protokol testiranj.

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

V tem letu smo dosegli visoko stopnjo realizacije ciljev. Temeljito smo pregledali obstoječe stanje raziskav; torej pregledali smo vse slabosti in prednosti obstoječih mikrobioloških testov za testiranje tekstilij. Prav tako smo izdelali protokol testiranj. Odločili smo se, da bomo uporabili dva standardna testa ter dodaten znanstveni pristop, ki omogoča večjo fleksibilnost pri testiranju (spreminjanje specifičnih parametrov).

Ker smo v preteklosti ugotovili odstopanja in nelogične rezultate že na referenčnem celuloznem vlaknu smo sklenili preučiti možne vzroke.

Hipoteza: Na rezultate nekaterih standardiziranih mikrobioških testov vplivajo oblika (specifična površina), vsebnost nečistoč, vlažnost ter hidrofilnost/hidrofobnost vlaken. Tako smo pripravili sledeče **materiale:** Viskoza (CV) (hidrofilno), polietilentereftalat (PET) (hidrofobno).

Preučili bomo

1. Vpliv oblike in čistosti vzorca (morfologije, specifične površine)
 - a. vlakna (V),
 - b. tkanina (T) in
 - c. prah (P)

Glede na slednje smo vzorce različno predobdelali in za točko c) tudi zmleli.

Vsem vzorcem smo analizirali morfologijo in strukturo: debelina, oblike prerezov

vlaknen, struktura in gostota tkanin (optična mikroskopija, SEM)

2. Vpliv vlažnosti vzorcev:
 - a. Suho: metodo izvedemo kot predvideva standard
 - b. Mokro: vzorec namočimo v gojišče za 1 uro, mokrega stehamo in doziramo tolko gojišča kot znaša razlika do zahtevane količine

3. Vpliv hidrofilnosti/hidrofobnosti vzorcev:

V ta namem smo uporabili različno predobdelane vzorce celuloznih vlaken ter PET tkanine. Vsem vzorcem smo določili površinske energije in hidrofilni/hidrofobni karakter (goniometrija, tenziometrija). Vsi zgoraj naštetih vzorci so v fazi testiranja: dva standardna testa (ASTM E2149 - Standard Test Method for Determining the Antimicrobial Activity or Immobilized Antimicrobial Agents Under Dynamic Contact Conditions, JIS I 1902 - Testing for Antibacterial Activity) ter znanstveni pristop s ugotavljanja živosti celic s fluorescenčno mikroskopijo.

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

V okviru projekta so potekle spremembe na Biotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani (šifra RO 0481) in sicer vključitev novih raziskovalcev dr. Martine Turk (šifra 18510), dr. Ceneta Gostinčarja (šifra 25974) ter strokovne sodelavke Mojce Šere (šifra 34810). Zaradi prenehanja zaposlitve dr. Silve Sonjak (šifra 23963) na Biotehniški fakulteti se je končala tudi njena raziskovalna aktivnost na tem projektu. Zaradi porodniškega dopusta nas je s februarjem 2012 začasno zapusila tudi dr. Tine Kogej (šifra 20395). Dr. Martina Turk in dr. Cene Gostinčar sta ustrezni zamenjavi, saj imata vsa potrebna znanja za raziskovalno delo na tem projektu, Mojca Šere pa ima veliko tehničnih izkušenj na podobnih projektih.

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine v letu 2011⁶

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	15770646	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Protimikrobna učinkovitost funkcionaliziranih celuloznih vlaken za medicinsko uporabo
		ANG	Antimicrobial efficiency of functionalized cellulose fibres as potential medical textiles
	Opis	SLO	Poglavje podaja pregled protimikrobnih funkcionalizacij celuloznih vlaken, s poudarkom na uporabi biorazgradljivih substratov. Nadalje je podan pregled mikrobioloških metod za testiranje vlaken. Zlistane so slabosti in prednosti specifičnih metod.
		ANG	This chapter presents an overview of methods for cellulose fibres functionalization in order to introduce antimicrobial activity. In view the need for ecologically friendly textiles antimicrobial finishing is introduced, together with some strategies for the functionalization of fibres using biodegradable polysaccharides such as the use of chitosan. Additionally, the methods used for the microbiological testing of these fibres are discussed and the current disadvantages of these methods indicated. Moreover, a new strategy for a reliable methodology regarding the antimicrobial testing of oriented fibre-based polymers such as cellulose is discussed, which could also be useful within several other polymer industrial fields.
	Objavljeno v	Formatex Research Center; Science against microbial pathogens; 2011; Str. 37-51; Avtorji / Authors: Ristić Tijana, Fras Zemljič Lidija, Novak Monika, Kralj Kunčič Marjetka, Sonjak Silva, Gunde-Cimerman Nina, Strnad Simona	
Tipologija	1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji		
2.	COBISS ID	15768598	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Uporaba hitozana na tekstilijah za medicinske namene
		ANG	The use of chitosan in medical textile applications.
	Opis	SLO	Hitozan je kationski biopolimer, pridobljen iz polisaharida hitina. Zaradi svojih izjemnih lastnosti, kot so biorazgradljivost, netoksičnost in protimikrobna učinkovitost je hitozan našel uporabnost na različnih področjih, predvsem v farmaciji, medicini in tekstilni industriji. V zadnjem času je mogoče opaziti porast zanimanja za uporabo hitozana v medicinskih in higienskih aplikacijah, v obliki vlaken, membran, hidrogelov, ali kot premaz za doseganje protimikrobnih lastnosti tekstilij.
		ANG	Chitosan is a cationic biopolymer derived from polysaccharide chitin. Due to its remarkable properties such as biocompatibility, non-toxicity, and antimicrobial activity, chitosan has been extensively applied in numerous fields, including pharmacy, medicine, and textile industry. Recently, the use of chitosan in medical and hygiene applications, in the form of fibres, membranes, hydrogels and antimicrobial coatings, has attracted considerable attention.
	Objavljeno v	Centar za inovativnost i poduzetništvo Univerziteteta u Zenici; Pokaži kompetencije i kreiraj svoje radno mjesto; 2011; Str. 32-40; Avtorji / Authors: Ristić Tijana, Bračić Matej, Zabret Andrej, Fras Zemljič Lidija	
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci		

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine v letu 2011⁷

Družbenoekonomsko relevantni dosežki

1.	COBISS ID		
	Naslov	SLO	
		ANG	
	Opis	SLO	
		ANG	
	Šifra		
	Objavljeno v		
	Tipologija		

9. Drugi pomembni rezultati projektne skupine v letu 2011⁸

V letu 2011 se je zaradi zanimanja za vzpostavitev protokolov mikrobioloških testiranj polimernih materialov rodil še nov projekt s Savatech d.o.o. Projekt temelji na funkcionalizaciji sintetičnih polimernih materialov ter poglobljenem mikrobiološkem testiranju. Zaradi tovrstnega interesa je Savatech d.o.o tudi zaposlila našega študenta Mateja Bračiča.

**LETNO POROČILO
O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA
V LETU 2011**

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	skupaj:4650 od tega v letu 2011:1550
Cenovni razred	C
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	2.11
- Veda	2 Tehniške in tehnološke vede
- Področje	2.11 Druge tehniške in tehnološke vede

3. Sofinancerji²

	Sofinancerji	
1.	Naziv	
	Naslov	

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu³

V preteklem obdobju smo se zlasti ukvarjali z izborom in selekcijo primernih UV absorberjev in z možnostjo njihove aplikacije ter izborom primernih vlaknotvornih polimerov v obliki tkanin in pletenin. 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. V eksperimentalnem delu raziskave smo tem materialom določili parametre, ki imajo vpliv na propustnost materialov. Pri izboru primernih UV absorberjev smo se prvotno odločili za raziskave na substancah, kot so TiO_2 , 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 temu v tem letu dodali še TiO_2 v obliki paste, ki je proizvod podjetja Cinkarna Celje in vsebuje 25% Na_2SiO_3 in 30% delež suhega TiO_2 . 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 za posamezen UV absorber. Meritvah absorbance v UV področju so za ekstrakta rdečega bora pokazale, da je le ta najvišja v UVB področju in je ztelo uporaben kot UV absorber. Glede na njegovo netopnost v vodi smo z raziskavo ugotovili, da je topen tako v alkanem 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 aromarskih 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. 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. 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. 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.

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. 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 la ta ne moti procesa, nekoliko pospešuje proces barvanja, na uspešnost vezave različnih UV absorberjev pa nima pomembnega vpliva.

Ker se projekt postopoma približuje svojemu zaključku lahko izpostavimo, 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 smo prijaviili patent, saj nam daje odlične zaščitne lastnosti ($\text{UPF } 50^+$). Enako dobre ali celo boljše lastnosti pa dosežemo pri uporabi TiO_2 v obliki disperzije, na podlagi SEM posnetkov pa vidimo, da dosegamo enakomeren nanos, material pa ima tudi dobre antioksidacijske lastnosti.

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

V projektu smo si zadali za cilj izdelavo novih UV zaščitnih materialov, kar nam je v okviru tega projekta tudi uspelo. Tako smo opravili 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 absorberjem 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, viskoza 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 (SPF) 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 uporabljamo 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 tako v postopku aplikacije nima večjega pomena.

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

Sprememb programa ni bilo.

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine v letu 2011⁶

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	15768854	Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO	Sinteza TiO ₂ -SiO ₂ koloidne disperzije in njeno obnašanje pri reaktivnem barvanju bombažne tkanine
		ANG	Synthesis of TiO ₂ -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 (TiO ₂ -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 TiO ₂ -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, CIEL*a*b* barvnih vrednosti in zračne propustnosti. Vključitev TiO ₂ -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 (TiO ₂ -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 TiO ₂ -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, CIE L*a*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	Carbohydrate Polymers		
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
2.	COBISS ID	15577622	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Pomen ultrazvoka v procesih plemenitenja tekstilij
		ANG	The role of ultrasound in textile wet processes
		Kljub vsem težavam s katerimi se srečuje tekstilna industrija v razvitem	

Opis	SLO	svetu, njihovi končni produkti v svetovnem merilu še vedno predstavljajo drugi največji sektor. Vsaj 10% vseh svetovnih virov je namenjeno tej dejavnosti. Poseben pomen ali problem pa predstavljajo mokri tekstilni procesi, ki so okoljsko problematični in imajo nizko energetske učinkovitost. S temi težavami se ukvarjamo že dolgo, lahko bi rekli zadnjih 100 let. Uvajajo se različni procesi in izvajajo številne raziskave. Ene izmed teh posegajo tudi na področje obdelave tekstilnih materialov z ultrazvokom, ki v tekstilnih procesih omogoča pospeševanje procesov. Ob souporabi ultrazvoka dosegamo enake ali boljše rezultate od obstoječih tehnik, procesi lahko potekajo pod manj ekstremnimi pogoji, pri nižjih temperaturah in nižjih koncentracijah kemikalij. Tako so v tem prispevku podane osnove ultrazvoka in njegova široka uporaba v tekstilnih mokrih procesih. Rezultati kažejo prednosti pri uporabi ultrazvoka v procesu barvanja (poliamid, bombaž, volna, lan), razmaščevanja in beljenja, ter prikazujejo tudi okoljski vidik te tehnologije.
	ANG	Despite of all problems which textile industry is facing in the developed world, textiles and their end products constitute still the world's second largest industry, placed only below food products. At least 10 % of the world's productive energies are devoted to this activity. Current textile wet processes suffer from two major drawbacks: large process time and low energy efficiency. Despite over 100 years of process improvements, the preparation, dyeing and finishing of textile continues to utilize large volumes of pure and clean water and therefore produce enormous amounts of textile wastewater which is heavily charged with unconsumed dyes and other chemicals. In order to overcome these problems various novel processes are being introduced or studied. Lately, textile wet processes assisted by ultrasound are of high interest for the textile industry, owing to following reasons: process acceleration and attainment of the same or better results than existing techniques under less extreme conditions, i.e. lower temperature and lower chemical concentrations. In this paper the fundamentals of ultrasound and its broad application in textile wet processes will be shortly presented. Results obtained with the use of ultrasound technology on laboratory scale textile wet processes like ultrasound-assisted dyeing (polyamide, cotton, wool, flax), scouring and bleaching will be discussed as well as the environmental aspect of this technology.
Objavljeno v	ESITH, Ecole Supérieure des Industries du Textile et de l'Habillage; ENSAIT, Ecole Nationale Supérieure des Arts et Industries Textiles; ITMC'2011; 2011; [8] str.; Avtorji / Authors: Majcen Le Marechal Alenka, Fakin Darinka, Ojstršek Alenka, Golob Darko	
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine v letu 2011²

Družbenoekonomsko relevantni dosežki			
1.	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
			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

	Opis	SLO	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.02 Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Objavljeno v	Urad RS za intelektualno lastnino; 2011; [6] str.; Avtorji / Authors: Fakin Darinka, Ojstršek Alenka, Božič Mojca	
	Tipologija	2.23 Patentna prijava	
2.	COBISS ID	15011862	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Nov pristop za doseganje UV zaščite bombažen tkanine obarvane z reaktivnim barvilom in TiO ₂ -SiO ₂ oplaščenimi nano delci
		ANG	Novel approach of UV-protective dyeing of cotton fabrics using reactive dye and TiO ₂ -SiO ₂ core-shell nanoparticles
	Opis	SLO	V tej raziskavi je predstavljen postopek UV zaščite, ki je bil izveden po enkopelnem postopku barvanja bombažne tkanine z reaktivnim barvilom in istočasno dodanim UV zaviralcem. Za UV zaščito smo v kopel dodali anorgansko komponento nano-TiO ₂ -SiO ₂ disperzijo in na podlagi meritev na spektrofotometru testirali učinkovitost tovrstne obdelave ter določili UV zaščitni faktor. Zraven tega smo različno obarvanim in z nano-TiO ₂ -SiO ₂ obdelanim bombažnim tkaninam določili še obstojnosti obarvanja in zračno propustnost. Iz raziskave izhaja, da višji dodatek nano-TiO ₂ -SiO ₂ pomeni tudi višjo UV zaščito bombažne tkanine, istočasno pa ne vpliva na znižanje zračne propustnosti ali na znižanje barvnih obstojnosti na svetlobo.
		ANG	In this study, a new approach to a UV-blocking treatment for cotton fabrics was developed by reactive dyeing in one-bath exhaustion procedure. In this approach, nano-TiO ₂ -SiO ₂ was used as inorganic anti-ultraviolet agent. Ultraviolet Spectrometer was used for testing and analysis the anti-ultraviolet ability of the cotton fabric before and after the reactive nano-TiO ₂ -SiO ₂ dyeing. The effect of the anti-ultraviolet performance, light fastness and air permeability of cotton fabrics with different content of nano-TiO ₂ -SiO ₂ or reactive dye were investigated. The results show that the nano-TiO ₂ -SiO ₂ UV dyeing can effectively improve the UV blocking ability of cotton fabric without affecting the obtained colouration. With the increase usage of nano-TiO ₂ -SiO ₂ , the UV blocking ability of the treated cotton fabrics was increasing. The results show that the treatment of nano-TiO ₂ -SiO ₂ in this approach for UV-blocking treatment had no effect on the air permeability and on colour fastness to light of the cotton fabric.
	Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci	
	Objavljeno v	The Hong Kong Polytechnic University; The Fiber Society; Abstract & Delegate list; 2011; Str. 257-258; Avtorji / Authors: Fakin Darinka, Božič Mojca, Ojstršek Alenka	

**LETNO POROČILO
O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA
V LETU 2011**

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	skupaj: 3401 od tega v letu 2011: 1700
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	02. Okolje

2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS¹

Šifra	2.11
- Veda	2 Tehniške in tehnološke vede
- Področje	2.11 Druge tehniške in tehnološke vede

3. Sofinancerji²

	Sofinancerji	
1.	Naziv	
	Naslov	

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu³

Eksperimentalna izvedba projekta v letu 2011 je potekala v laboratorijih Oddelka za tekstilne materiale in oblikovanje na Fakulteti za strojništvo v Mariboru, po posameznih aktivnostih v skladu z zastavljenimi cilji programa raziskovalnega projekta.

V letu 2011 smo izvajali predvsem aktivnosti drugega delovnega sklopa raziskovalnega projekta na konstrukcijsko različnih laboratorijskih biofiltrih, napolnjenih 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 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 0,07 mL/L CH_3COOH (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 H_2SO_4 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 absorbanc 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..

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

V našem dosedanjem delu smo izvedli vse aktivnosti ter realizirali zastavljene raziskovalne cilje predvidene v okviru drugega leta projekta. Raziskovalno delo smo izvajali glede na organizacijsko shemo projekta. 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 prepustnosti, 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.

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 skupine v letu 2011⁶

		Znanstveni dosežek	
1.	COBISS ID	15483670	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Zmanjšanje obarvanja in znižanje TOC pri obdelavi tekstilnih odpadnih vod z uporabo biofiltra napolnjenega z naravnimi zeoliti
		<i>ANG</i>	Colour and TOC reduction using biofilter packed with natural zeolite for the treatment of textile wastewaters
	Opis	<i>SLO</i>	V izvirnem znanstvenem članku smo preučevali možnost odstranjevanja barve in TOC s pomočjo naravnih zeolitov v sistemu s pritrjeno biomaso, glede na različne parametre kot so sestava odpadne vode, lastnosti naravnih zeolitov, obremenitev in zadrževalni čas. Iz dobljenih rezultatov je razvidno, da s povečanjem obremenitve z 22 na 37 mg/m ³ d (barvila) in z 84 na 154 mg/m ³ d (organska obremenitev), se učinkovitost razbarvanja zmanjša z 57 na 20% (RB5), z 80 na 46% (RB19) in z 72 na 55% (RR22) ter učinkovitost odstranjevanja TOC zniža z 75 na 31%. Ko pa povečamo zadrževalni čas z 11 na 17 ur, se poveča tudi razbarvanje z 20 na 57% (RB5), z 46 na 80% (RB19) in z 16 na 57% (RR22) ter TOC s 30 na 75%.
			The original paper examined the potential of natural zeolite for colour and TOC reduction when packed in a fixed-bed system, considering various parameters such as wastewater characteristics, properties of natural zeolite, loading rate and hydraulic retention time. The results

		ANG	showed that when increasing the load from 22 to 37 mg/m ³ d (dyes) and from 84 to 154 mg/m ³ d(organic), colour removal efficiency decreased from 57 to 20% (RB5), from 80 to 46% (RB19) and from 72 to 55% (RR22), and TOC removal efficiency from 75 to 31%. And, when increasing the hydraulic retention time from 11 up to 17 h, the decolouration increased from 20 to 57% (RB5), from 46 to 80% (RB19) and from 16 to 57% (RR22), and TOC removal efficiency from 30 to 75%.
	Objavljeno v		Balaban Publishers; Desalination and water treatment; 2011; Vol. 33, iss. 1/3; str. 147-155; Impact Factor: 0.752;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.428; WoS: II, ZR; Avtorji / Authors: Ojstršek Alenka, Fakin Darinka
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
2.	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
	Opis	SLO	V referatu smo preučili različne komercialne tekstilne materiale glede na njihovo sposobnost adsorpcije in filtracije soli pri čiščenju odpadnih vod. Iz dobljenih rezultatov je razvidno, da je stopnja adsorpcije in filtracije večja v primeru obeh netkanih tekstilij v primerjavi s tkanimi materiali, odvisno od vrste in koncentracije soli. Iz rezultatov lahko zaključimo, da ima struktura tkanine odločilen vpliv na sposobnost adsorpcije/filtracije v primerjavi z vrsto soli, čeprav smo najslabše rezultate dosegli pri odstranjevanju natrijevega sulfata (tako pri adsorpcijskih kot filtracijskih preskusih).
		ANG	The aim of presented study was to select and investigate various commercially available textiles concerning their adsorption and filtration potential for salt reduction during wastewater treatment. The obtained results indicated better degree of adsorption and filtration of both nonwoven textiles compared with both woven fabrics, depending on type and concentration of salt. Generally, it could be concluded that the fabric construction had a superior impact on adsorption/filtration ability ahead of the salt type, although the poorest results (during both, adsorption and filtration experiments) were achieved using sodium sulfate.
	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
3.	COBISS ID	15134742	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Kompaktne tekstilije kot biofiltri za obdelavo obarvanih tekstilnih odpadnih vod
		ANG	Layered compact textiles as biofilm filters for dye-rich textile wastewaters treatment
	Opis	SLO	V referatu smo predstavili eksperimente v kolonah napoljenih s kombinacijo peska in tekstilnimi materiali. Kot filtre za prirast biomase v sistemih za odstranjevanje barve, soli in organskih onesnaževal iz dveh sintetično pripravljenih (kisle in alkalne) obarvanih odpadnih vod, smo uporabili dve tkanini (PA in PES) in dve netkani tekstiliji (PP in bikomponentno PP/PE). Ugotovili smo, da sta obe kompaktni netkani tekstiliji s kompleksnima strukturama in visoko skupno površino por bolj primerni za to vrsto aplikacij v primerjavi z učinkovitostjo čiščenja kolon napoljenih s kombinacijo peska in tkanin. Dobljeni rezultati nakazujejo, da kompaktne tekstilije uporabljene pri tej raziskavi pomembno vplivajo

		na znižanje parametrov onesnaževanja.
	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 nonwoven 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. The obtained results indicate that layered compact textiles used in this study had significant effects on water quality parameters, and showed explicit buffering capacity, but on the other hand, the salt content was negligibly reduced.
Objavljeno v		Grafima Publ.; Proceedings of the Third International Conference on 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

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine v letu 2011^Z

	Družbenoekonomsko relevantni dosežki	
1.	COBISS ID	15730198 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Kombiniran biofilter za čiščenje obarvanih tekstilnih odpadnih vod ANG Combined biofilter for treatment of coloured textile wastewaters
	Opis	SLO Predložen izum se nanaša na biofilter napolnjen s kombinacijo peska in netkanih tekstilij v plasteh za odstranjevanje barvil, organskih onesnaževal in soli iz obarvanih tekstilnih odpadnih vod. Bistvena iznajdba tovrstne izvedbe kombiniranega biofiltra je, da je zaradi prisotnih netkanih tekstilij na voljo večja strukturirana površina, ki je ugodna za razvoj biomase ter da je tako povečana učinkovitost čiščenja. ANG The invention is based on biofilter filled with the combination of sand and layered nonwoven textiles for removal of dyes, organic pollutants and salts from coloured textile wastewaters. The principal invention of combined biofilter is increased treatment efficiency due to the larger and rougher structure of nonwoven textiles surfaces, which are suitable for biomass growth.
	Šifra	F.09 Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije
	Objavljeno v	Urad RS za intelektualno lastnino; 2011; [8] str.; Avtorji / Authors: Ojstršek Alenka, Fakin Darinka
	Tipologija	2.23 Patentna prijava
2.	COBISS ID	15134486 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Karakterizacija in uporaba naravnih nosilcev biomase pri čiščenju odpadnih vod ANG Characterization and application of natural fixed biomass support in wastewater treatment
	Opis	SLO V referatu smo preučili možnost razbarvanja odpadnih vod s pomočjo različnih naravnih nosilcev biomase kot so gobe, apnenec, zeoliti in granulirana šota glede na različne parametre kot so sestava odpadne vode (različna barvila, pH in kemikalije) in zadrževalni čas. Rezultati nakazujejo različno sposobnost čiščenja odvisno od vrste nosilca in vrste

		odpadne vode. Gobe in granulirana šota sta najbolj učinkovita za čiščenje odpadnih vod z visokim pH, medtem ko je apnenec najbolj aktiven za odpadno kopel, ki vsebuje barvilo C.I. Acid Blue 158 in zeolit za odpadno kopel, ki vsebuje barvilo C.I. Reactive Yellow 15.	
	ANG	The main purpose of the presented study was to examine the potential of various biomass natural supports such as polypore mushrooms, limestone, zeolite and granulated peat to decolorize wastewaters, regarding various parameters such as wastewater characteristics (different dyes, pH medium and chemicals) and retention time. Results showed different treatment capability depending on the type of biomass support and the type of waste baths. Polypore mushrooms and granulated peat were the most effective for the treatment of highly alkaline waste baths; meanwhile limestone showed the highest activity for waste baths containing C.I. Acid Blue 158 and zeolite for baths containing the C.I. Reactive Yellow 15.	
	Šifra	B.03	Referat na mednarodni znanstveni konferenci
	Objavljeno v	Grafima Publ.; Proceedings of the Third International Conference on Environmental Management, Engineering, Planning and Economics (CEMEPE 2011) & SECOTOX Conference, Skiathos, June 19-24, 2011; 2011; Str. 91-96; Avtorji / Authors: Fakin Darinka, Božič Mojca, Ojstršek Alenka	
	Tipologija	1.08	Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
3.	COBISS ID	14745622	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Ponovna uporaba različno obdelanih odpadnih vod v procesih barvanja
		ANG	Re-use of differentially treated wastewaters in dyeing processes
	Opis	SLO	Z raziskavo smo želeli ugotoviti ali je tekstilna odpadna voda po procesu čiščenja in razbarvanja z naprednimi oksidacijskimi postopki in membransko tehnologijo dovolj kvalitetna za ponovno uporabo v procesu plemenitenja ter kako obdelane odpadne vode vplivajo na barvo in globino izbarvanja pri ponovnem barvanju.
		ANG	With this research we want to determine the quality of dye-rich textile wastewaters after treatment and decoloration with advance oxidation processes and membrane technology for re-use in finishing processes as well as the influence of treated wastewaters on colour and colour strength after repeated dyeing.
	Šifra	F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj
	Objavljeno v	Fakulteta za strojništvo, Laboratorij za barvanje, barvno metriko in ekologijo plemenitenja; 2011; 10 f.; Avtorji / Authors: Fakin Darinka, Ojstršek Alenka, Božič Mojca	
	Tipologija	2.13	Elaborat, predštudija, študija

**LETNO POROČILO
O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA
V LETU 2011**

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 2011: 850
Cenovni razred	B
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	2.11
- Veda	2 Tehniške in tehnološke vede
- Področje	2.11 Druge tehniške in tehnološke vede

3. Sofinancerji²

	Sofinancerji	
1.	Naziv	
	Naslov	

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu³

V sklopu podoktorskega projekta razvijamo postopke oplaščanja regeneriranih celuloznih vlaken z različnimi nano delci. Poudarek raziskave je predvsem na študiju oblikovanja delcev s stališča aktivirane nadmolekulske strukture vlaken in njihove površinske morfologije, ki narekuje formacijo delcev in služi kot nukleacijsko mesto. Končni cilj je formacija magnetnih vlaknatih celuloznih materialov za zaščito pred elektromagnetnim valovanjem. Preteklo obdobje financiranja projekta smo posvetili študiju aktivacije regeneriranih celuloznih vlaken ter študiju sinteze magnetnih delcev železovega oksida. Vlakna smo predobdelali z dvema različnima koncentracijama vodne raztopine natrijevega hidroksida ($w_{\text{NaOH}} = 5\%$ in $w_{\text{NaOH}} = 18\%$) ter jih posušili na različne načine (sušenje na zraku in liofilizacija z dvema načinoma zamrzovanja). Namen predobdelav vlaken z nabrekanjem je aktivacija vlaken ter spremembe njihove nadmolekulske strukture in površine. Z odpiranjem medfibrilarnih prostorov in povečanjem por želimo narediti vlakna bolj dostopna za raztopine prekurzorjev, ki so potrebni za *in situ* rast delcev, z aktivacijo površine pa zagotoviti bolj optimalno adsorpcijo delcev. Uporabili smo elektronsko vrstično mikroskopijo, širokokotno in malokotno rentgensko sipanje, elektrokinetično analizo in tenziometrijo za določanje morfoloških in strukturnih lastnosti obdelanih vlaken ter analizirali njihove mehanske lastnosti – dobljene rezultate smo korelirali s stopnjo aktivacije vlaken. Nabrekanje vlaken v vodni raztopini natrijevega hidroksida nižje koncentracije ($w_{\text{NaOH}} = 5\%$), ne glede na postopke sušenja, ne vpliva na njihovo kristalino strukturo, kar kažejo rezultati širokokotna rentgenske analize, medtem ko nabrekanje v raztopini natrijevega hidroksida višje koncentracije ($w_{\text{NaOH}} = 18\%$) povzroči spremembe v kristalnosti predobdelanih vlaken. Vpliv predobdelav na delež por, njihovo velikost in površino je odvisen od koncentracije uporabljene raztopine natrijevega hidroksida in postopka sušenja ter zamrzovanja v primeru liofilizacije. Vlakna, ki smo jih predobdelali z raztopino NaOH ($w_{\text{NaOH}} = 5\%$) in posušili na zraku, izkazujejo nižji delež por in površino por, medtem ko se velikost por poveča. Obdelava z raztopino natrijevega hidroksida ($w_{\text{NaOH}} = 5\%$) v kombinaciji z liofilizacijo pa pri obeh načini zamrzovanja poviša delež por, prav tako pa tudi njihovo velikost in površino. Nabrekanje v raztopini natrijevega hidroksida ($w_{\text{NaOH}} = 18\%$) ne glede na postopke sušenja poveča delež por v vlaknih, prav tako njihovo površino, medtem ko se velikost por zniža v primerjavi z neobdelanimi vlakni pri sušenju na zraku in liofilizaciji s hitrim zamrzovanjem. Pretržne napetosti viskoznih vlaken se po predobdelavah z natrijevim hidroksidom poslabšajo. Postopek predobdelave vlaken z raztopino ($w_{\text{NaOH}} = 5\%$) poslabša mehanske lastnosti vlaken v manjši meri kot pa nabrekanje vlaken v raztopini natrijevega hidroksida višje koncentracije ($w_{\text{NaOH}} = 18\%$), ne glede na postopke sušenja. Višja koncentracija natrijevega hidroksida zniža stopnjo kristalnosti vlaken, obenem pa z višjo stopnjo nabrekanja pride tudi do večje cepitve medfibrilarnih povezav. Poslabšanje pretržnih napetosti po nabrekanju je posledica porušitve medfibrilarnih in medmolekulskih povezav ter sprememb v kristalini strukturi, obseg teh vplivov pa je odvisen od koncentracije sredstva za nabrekanje. Poslabšanje mehanskih lastnosti je predvsem posledica delovanja natrijevega hidroksida, medtem ko postopki zamrzovanja ne vplivajo na pretržne lastnosti. Med neobdelanimi in predobdelanimi vzorci se kažejo velike razlike v morfoloških površinskih lastnostih. Liofiliziranim viskoznim vlaknom se v veliki meri zmanjša vrednost zeta potenciala v primerjavi z neobdelanimi in na zraku sušenimi vlakni. Vzrok za to je premik strižne površine, na kateri se določa zeta potencial, globlje v raztopino elektrolita, kar je posledica povišane hidrofilnosti liofiliziranih vlaken. Raziskali smo sintezne postopke so-obarjanja magnetita, z namenom kasnejše aplikacije teh postopkov za *in situ* sintezo delcev na vlaknih. V sinteznih postopkih smo spreminjali molarna razmerja železovih soli, ki služijo kot prekurzor in zaporedja ter način dodajanja reagentov v reakcijski sistem. Na podlagi določanja velikosti kristalitov magnetita,

elektroforetične mobilnosti in velikosti aglomeratov v vodnih disperzijah ter njihovih magnetnih lastnosti, lahko zaključimo: s postopkom nadzorovanega dodajanja katalizatorja v raztopino železovih soli smo sintetizirali delce z večjimi kristaliti, v primerjavi z ostalima dvema postopkoma. Večji delci dajejo višje vrednosti nasičene magnetizacije, prav tako pa se ponašajo z višjo stabilnostjo v vodnih disperzijah. Molarno razmerje med dvovalentnimi in trivalentnimi železovimi ioni vpliva na velikosti kristalitov nastalih delcev. V primeru nestehiometričnih razmerij, kjer v reakcijskem sistemu obstaja presežek dvovalentnih železovih ionov, nastajajo večji delci. Ta dejavnik zahteva pozornost še posebej v primeru izvedb sintez v prisotnosti kisika, zaradi česar lahko pride do prezgodnje oksidacije raztopin dvovalentnih železovih soli. Postopek so-obarjanja z dodajanjem raztopine prekursorja v raztopino katalizatorja ter postopek takojšnjega mešanja prekursorja in katalizatorja se zdita manj primerna za aplikacijo na vlakna iz vidika nezadostnega nadzora nad nastankom delcev, medtem ko je slabost postopka z nadzorovanim dodajanjem katalizatorja v raztopino železovih soli nizki pH v začetni fazi reakcije.

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

Projekt poteka skladno z načrtovanimi aktivnostmi, ki so definirane v časovnem planu. V delovnem paketu 1, katerega predmet je študij aktivacije celuloznih substratov smo opravili raziskavo strukturnih in površinskih lastnosti celuloznih vlaken. Z nabrekanjem v vodnih raztopinah natrijevega hidroksida različnih koncentracij smo odprli strukturo vlaken, s postopki sušenja z zamrzovanjem (liofilizacija) pa smo to povečanje pornega sistema ohranili, v primerjavi s sušenjem na zraku ali pri povišanih temperaturah. Raziskali smo vpliv postopkov predobdelav na nadmolekulske strukture vlaken, povečanje njihovega pornega sistema, na elektrokinetične lastnosti (površinski potencial) ter mehanske lastnosti. Povečanje deleža por je odvisno od uporabljene koncentracije natrijevega hidroksida in postopka zamrzovanja; višje koncentracije so v tem pogledu bolj učinkovite, vendar povzročajo znatnejše poslabšanje mehanskih lastnosti vlaken. Ti izsledki nam bodo predstavljali izhodišče za kasnejšo formacijo kompozitnih materialov na osnovi celuloze in anorganskih delcev. V delovnem paketu 2 (Študij sinteze magnetnih delcev in priprava magnetnih tekočin) smo preučili nastanek magnetitnih delcev pri različnih pogojih, z namenom razvoja postopkov oplaščenja vlaken z magnetnimi delci, kar bo predmet delovnega paketa 3. Podrobna raziskava sinteze delcev magnetita je zajemala variiranje molarnih koncentracij raztopin prekursorjev ter njihovih razmerij, ter načina dodajanja komponent v reakcijski sistem. Spremljanje poteka reakcij in nastanka magnetita v posameznih fazah dodajanja reagentov oz. v določenih pH področjih ter analiza magnetnih lastnosti nastalih delcev je bila osnova za izbiro postopkov za kasnejše oplaščenje celuloznih vlaken. Koloidne lastnosti pripravljenih disperzij magnetita so bile raziskane s stališča njihove elektroforetične mobilnosti in velikosti delcev. Stopnja realizacije je v skladu s terminskim načrtom, pridobljeni rezultati v prvem obdobju izvajanja projekta pa bodo uporabljeni kot izhodišča za nadeljevanje dela v delovnih paketih 2 in 3.

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

V okviru podoktorskega projekta "Razvoj magnetnih in prevodnih celuloznih materialov za absorpcijo elektromagnetnega valovanja" ni prišlo do sprememb programa.

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine v letu 2011⁶

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	15381782	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Koloidne lastnosti magnetnih tekočin	
		<i>ANG</i> Colloidal properties of magnetic fluids	

Opis	SLO	Metoda kemijskega so-obarjanja je eden najpogosteje uporabljenih načinov za oblikovanje magnetnih delcev železovega oksida, še posebej s stališča zagotavljanja stabilnosti disperzij teh delcev, tj. magnetnih tekočin. So-obarjanje delcev železovega oksida iz raztopin železovih soli je uporabna in praktična metoda predvsem zaradi možnosti izvedbe pri nižjih temperaturah, poleg tega pa celoten sintezni postopek poteka v tekočem mediju (formacija delcev ter njihova naknadna modifikacija), pri čemer se izognemo aglomeraciji delcev v suhem stanju. V predstavljenem prispevku poročamo o sintezi magnetnih delcev železovega oksida pri različnih pogojih, z namenom kasnejše aplikacije magnetnih tekočin v postopkih oplasčanja polimernih materialov. Iz tega vidika je glavni poudarek na študiju koloidnih lastnosti sintetiziranih magnetnih delcev, saj le-te pogojujejo adsorpcijo aktivnih delcev na površino trdnih polimernih vzorcev. Raziskali smo vpliv različnih sinteznih postopkov na velikosti in površinski potencial tvorjenih delcev, ter spremembe v velikosti v odvisnosti od pH vrednosti disperznega medija.
	ANG	Chemical precipitation is one of the most commonly used methods for formation of magnetic iron oxide particles, especially when one wishes to obtain stable dispersions of these particles - ferrofluids. Precipitation of magnetic iron oxide from solutions of iron salts has proven itself to be a useful and practical method, since in most cases, high temperatures are not required and the entire synthesis procedure can be carried out in a liquid media, from the formation to processing of particles to subsequent post-treatments, therefore eliminating the possibility of agglomeration of dry particulate powder. We report here on the synthesis of magnetic iron oxide particles at different conditions, with a view on subsequent application of the formed ferrofluid in coating of solid polymer surfaces. Therefore, we have mainly concerned ourselves with the study of the colloidal properties of magnetic particles, since these are the characteristics that will govern the particles' adsorption/deposition on the solid surface. We have investigated the influence of the synthesis procedure on the resultant particles' size in aqueous dispersions and their surface potential, as well as changes in size at different pH values.
Objavljeno v	Slovenian Society for Vacuum Technique = DVTS - Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije; Conference proceedings; 2011; Str. 113-116; Avtorji / Authors: Hribernik Silvo, Sfiligoj-Smole Majda, Stana-Kleinschek Karin	
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
2. COBISS ID	15382294	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Aktivacija celuloznih vlaken; izboljšanje sposobnosti adsorpcije in strukturne dostopnosti
	ANG	Activation of cellulose fibres; enhancement of adsorption capacity and accesibility
Opis	SLO	Celulozni vlaknati materiali se vse bolj uveljavljajo kot vsestranski osnovni material za oblikovanje različnih nanokompozitnih materialov saj se poleg dostopnosti surovin ponašajo tudi z biorazgradljivostjo/biokompatibilnostjo ter vrsto drugih zaželenih karakteristik, kot npr. dobre mehanske lastnosti, hidrofilnost,... Naštete prednosti in lastnosti so razlog za njihovo uporabo v kombinaciji z nano delci in s tem za nastanek novih hibridnih organsko/anorganskih proizvodov. Za učinkovito funkcionalizacijo pa je potrebno nabrekanje celuloznega substrata vsaj do določene stopnje; nenabrekljena celulozna vlakna bi omogočila le površinsko modifikacijo (adsorpcija delcev ali in situ oblikovanje delcev) na dostopni zunanji površini. Namen predstavljenih raziskav je bil študij vpliva različnih koncentracij natrijevega hidroksida na stopnjo nabrekanja in posledično na lastnosti tako pred-obdelanih vlaken. Široko-kotno rentgensko sipanje je bilo uporabljeno za analizo sprememb v strukturi vlaken po nabrekanju, določanje zeta potenciala pa nam je omogočilo boljše razumevanje

		omakalnih lastnosti obdelanih vlaken, ter stanja na fazni meji tekoče/trdno. Rezulate strukturne in površinske analize smo korelirali in dokazali, da preko spremembe strukture vlaken kot posledice nabrekanja vplivamo na njihovo hidrofilnost in sposobnost navzemanja različnih reakcijskih mešanic oz. reagentov za in situ tvorbo delcev, poleg tega pa zagotovimo tudi večjo površino za adsorpcijo delcev ali raztopin polimerov.
	ANG	Cellulose fibrous substrates are increasingly establishing themselves as a versatile base material for production of various nanocomposites since, beside them being readily available and biodegradable/bio-compatible, they also possess a number of advantageous properties, e.g. good mechanical properties, hydrophilicity,... As such they present themselves as an attractive material for application of nano particles and thus formation of new hybrid organic/inorganic products. But it is essential for cellulose to swell to at least a limited extent in order to enable functionalization treatments; non-swollen cellulose substrate would only allow formation of new functionalities (either adsorption of various coatings, in situ growth of particles) only on the available outer surface of a solid material. Aim of our research was to study the effect of different concentrations of sodium hydroxide on the extent of swelling they cause and the changes in properties of fibers these treatments bring about. Wide-angle X-ray analysis was used to investigate the changes in structure of fibers upon swelling, while their electrokinetical properties, namely zeta potential, provided us with information on their liquid/solid interface properties and wetting. These results were correlated and have shown that swelling pretreatments for cellulose fibers modifies their structural properties, which then later on affect their hydrophilicity and ability to uptake various reaction mixtures for in situ formation of particles or present a higher surface area for adsorption of particulate matter or polymer solutions.
Objavljeno v		Slovenian Society for Vacuum Technique = DVTS - Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije; Conference proceedings; 2011; Str. 120-121; Avtorji / Authors: Hribernik Silvo, Sfiligoj-Smole Majda, Stana-Kleinschek Karin
Tipologija		1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine v letu 2011²

Družbenoekonomsko relevantni dosežki			
1.	COBISS ID	14932758	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Elektrokinetične lastnosti nanokompozitnih vlaken
		ANG	Electrokinetic properties of nanocomposite fibres
			Nano-kompozitna vlakna se vse bolj uveljavljajo, saj takšni organsko-anorganski kompoziti pogosto izkazujejo hibridne lastnosti, ki so rezultat sinergije med dvema komponentama. Z vključevanjem ena-, dvo- ter tri-dimenzionalnih nano delcev, kot so npr. plasteni siliakti, nano cevke, nano vlakna, kovinski nano delce, delci prevodnih saj, lahko formiramo nano-kompozitna vlakna. Za pripravo takšnih materialov je na voljo več metod, npr. dispergiranje nano delcev v raztopini polimera, mešanica polimerne taline z nano delci, in situ formacija delcev v notranjosti vlaken, interkalacijska polimerizacija monomera, vključevanje delcev iz disperzij v porozne polimerne substrate, nanašanje delcev v obliki plasti z različnimi postopki, kot so sol-gel, itd. Glede na nanos/formacijo delcev v oz. na vlaknih, lahko te materiale delimo na nano-oplaščena vlakna in vlakna z nano-vključki. Nano-kompozitna vlakna izkazujejo izboljšane uporabne lastnosti, npr. mehanske lastnosti, zmanjšana gorljivost,

Opis	SLO	<p>elektromagnetne lastnosti, prevodnost, sorpcijske lastnosti ali pa pridobijo dodatne funkcionalnosti, kot so antimikrobnost, samo-čistilnost, zaščita pred UV-sevanjem, itd. Kombinacija polimernih vlaken in nano delcev različnih struktur in karakteristik, vpliva na površinske lastnosti vlaken, tj. njihovo morfologijo in elektrokinetične lastnosti. Analiza zeta potenciala v odvisnosti od pH vrednosti se pogosto uporablja za določanje površinskega naboja in karakterja vlaknatih materialov. Elektrokinetične lastnosti so rezultat elektrokemijskega dvojnega sloja, ki se formira na mejni površini trdne faze in tekoče faze z ionskim karakterjem. S spreminjanjem pH vrednosti tekoče faze in vsebnosti elektrolita je mogoče določiti kisló-bazni in polarni-nepolarni značaj površin trdnih polimernih materialov. V prispevku predstavljamo analizo elektrokinetičnih lastnosti različnih nanokompozitnih vlaken, npr. polipropilenskih vlaken z vključenimi plastenimi silikati ter različnih vlaken, oplaščenih z delci silicijevega dioksida. Poleg tega je predstavljen tudi vpliv priprave nano-kompozitnih vlaken na njihove vrednosti zeta potenciala.</p>	
	ANG	<p>Nanocomposite fibres are becoming of great importance since organic-inorganic nanoscale composites frequently exhibit unexpected hybrid properties synergistically derived from the two components. The incorporation of one-, two- and three-dimensional nano particles, e.g. layered clays, nano-tubes, nano-fibres, metal containing nano-particles, carbon black, etc. is used to prepare nanocomposite fibres. However, the preparation of nanocomposite fibres offers several possibilities, i.e. creation of nanocomposite fibres by dispersing of nanoparticles into polymer solutions, the polymer melt blending of nanoparticles, in situ prepared nanoparticles within a fibre, the intercalative polymerization of the monomer, introduction of nanoparticles from dispersion into a porous polymer, preparation of nanocoatings by different techniques, e.g. sol-gel process, etc. With the respect to nanoparticles organization in / on fibres, respectively nanocoated fibres and fibres with nanoinclusions can be divided. Nanocomposite fibres demonstrate improved applicable properties, e.g. mechanical, flammability, electromagnetic, electro-conductive, sorption properties, and/ or obtain additional functional properties, like antimicrobial, self-cleaning, shielding, UV protective properties, etc. Combining polymer fibre and nanoparticles of different structures and characteristics influences also fibre's surface properties, i.e. morphological properties and electrokinetic behaviour. In order to analyse fibre's surface charge, the zeta potential is often determined through streaming potential measurements as a function of pH. These properties are generated by the electrochemical double layer (EDL), which exists at the phase boundary between a solid and a solution containing ionic moieties. By variation of the solution's pH value and electrolyte content it is possible to estimate the acidic / basic and polar / nonpolar character of the solid surface from zeta potential data. Some examples of nanocomposite fibres (e.g. nanofilled PP fibres, SiO₂ - nanocoated different types of fibres) regarding their electrokinetic properties are presented in the contribution. In addition to, the influence of nanocomposite fibres preparation procedure conditions on their zeta potential values is demonstrated.</p>	
Šifra	B.06	Drugo	
Objavljeno v	InTech; Advances in nanocomposites - synthesis, characterization and industrial applications; 2011; Str. 403-428; Avtorji / Authors: Sfiligoj-Smole Majda, Hribernik Silvo, Veronovski Nika, Kurečič Manja, Stana-Kleinschek Karin		
Tipologija	1.16	Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji	
2. COBISS ID	14943510	Vir: COBISS.SI	

Naslov	SLO	Karakterizacija naravnih celuloznih vlaken iz kinoe
	ANG	Characterization of natural cellulose fibres from quinoa
Opis	SLO	V zadnjem času se veliko pozornosti namenja uporabi agrokulturnih stranskih proizvodov kot vir naravnih celuloznih vlaken; v te namene so analizirali različne obnovljive materiale rastlinskega izvora. V predstavljenem prispevku poročamo o študiju celuloznih vlaken iz kinoe. Kinoa je obetaven material, ki se lahko uporablja kot element za ojačanje kompozitov, saj se ponaša z nizko gostoto, visoko specifično trdnostjo in modulom, poleg tega pa je tudi cenovno ugodna. Je obnovljiv material, ki ni škodljiv zdravju in je na razpolago v večjih količinah.
	ANG	Recently great attention has been focused to the utilization of agricultural byproducts as sources for natural cellulose fibres and therefore different renewable resources of plant origin have been studied. In the paper fibres from quinoa are characterized. Quinoa is a promising reinforcement for use in composites on account of its low cost, low density, high specific strength and modulus, no health risk, easy availability in some countries and renewability.
Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci	
Objavljeno v	University; Book of abstracts; 2011; Str. 84-87; Avtorji / Authors: Sfiligoj-Smole Majda, Kreže Tatjana, Hribernik Silvo, Pointner Birgit, Stana-Kleinschek Karin, Ribitsch Volker	
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	

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

Številka raziskovalnega projekta: **L2- 4166-0795 (aplikativni)**
Trajanje raziskovalnega projekta: **1.7.2011 do 30.6.2014**
Vodja raziskovalnega projekta: **Dr. Ema ŽAGAR ; Red.prof. dr. Karin STANA KLEINSCHKEK**
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 KLEINSCHKEK**
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. VONČINA)**
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. VONČINA)**
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 KLEINSCHKEK**
Naslov raziskovalnega projekta: **FUNKCIONALIZACIJA BIOMEDICINSKIH VZORCEV S TERMODINAMSKO NERAVNOVESNO PLINSKO PLAZMO**

Številka raziskovalnega projekta: **L7- 2139-0795 (aplikativni)**
Trajanje raziskovalnega projekta: **1.5.2009 do 30.04.2012**
Vodja raziskovalnega projekta: **Dr.M. MOZETIČ ; Vodja na FS izr.prof.dr. Simona STRNAD**
Naslov raziskovalnega projekta: **Plazemska obdelava umetnih žil**

Številka raziskovalnega projekta: **L2 – 2100-0795 (aplikativni)**
Trajanje raziskovalnega projekta: **1.5.2009 do 30.04.2012**
Vodja raziskovalnega projekta: **Dr. Peter PANJAN ; vodja na FS izr.prof.dr. Franc ZUPANIČ**

Naslov raziskovalnega projekta:

**Razvoj nove generacije trdnih prevlek s pulznim
napraševanjem**

Številka raziskovalnega projekta:

L4 – 3641-0795 (aplikativni)

Trajanje raziskovalnega projekta:

1.5.2010 do 30.4.2013

Vodja raziskovalnega projekta:

**Prof.dr.Franc POHLEVEN ; (Vodja na FS izr.prof.dr Vanja
KOKOL**

Naslov raziskovalnega projekta:

Biotehnološki procesi obdelave lignoceluloznih materialov

MEDNARODNI PROJEKTI V LETU 2011

7. OKVIRNI PROGRAMI EU

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 31.5.2012**
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; Surfuncell**

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: **430-94/2008/17**
Trajanje projekta: **10.11.2008 do 10.11.2011**
Nosilec projekta: **prof.dr. Bojan Ačko**
Naslov projekta: **Metrology for New Industrial Measurement Technologies - iMERA**

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!4953**
Trajanje projekta: **1.4.2009 do 30.10.2011**
Nosilec projekta: **prof.dr. Ivan Anžel**
Naslov projekta: **Synthesis of Gold nanoparticles for dental/medical applications; GoNano**

Številka projekta: **E!4956**
Trajanje projekta: **17.6.2009 do 30.10.2011**
Nosilec projekta: **dr. Lucija Črepinšek-Lipuš**
Naslov projekta: **Magnetna naprava za biološko obdelavo odpadnih vod; MAGNET**

Številka projekta: **E!4569**
Trajanje projekta: **1.1.2009 do 30.10.2011**
Nosilec projekta: **doc.dr. Vladimir Gliha**
Naslov projekta: **Alloys for Shipbuilding – Alship**

Številka projekta: **E!4206**
Trajanje projekta: **1.1.2009 do 30.10.2011**
Nosilec projekta: **prof.dr. Aleksandra Lobnik**
Naslov projekta: **Advanced technologies in landfill leachate management – Leachate TECH**

Številka projekta: **E!4477**
Trajanje projekta: **1.1.2009 do 30.10.2011**
Nosilec projekta: **prof.dr. Alenka Majcen Le Marchal**
Naslov projekta: **Combination of constructed Wetland and upgraded AOP reactor for the wastewater treatment in textile finishing industr - TT4TXT**

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 30.10.2013**
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: **EI4952**
Trajanje projekta: **1.4.2009 do 31.3.2012**
Nosilec projekta: **doc.dr. Lidija Fras Zemljič**
Naslov projekta: **Development of bioactive packaging; BIOPACKING**

PROJEKTI 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 Network for Product Lifecycle Management with Sustainable Production**

PROJEKTI COST

Številka projekta: **MP1105**
Trajanje projekta: **23.5.2011 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**

Številka projekta: **3311-07-837002**
Trajanje projekta: **6.12.2006 do 23.2.2011**
Nosilec projekta: **prof.dr. Karin Štana Kleinschek**
Naslov projekta: **Molecular structure-performance relationships at the surface of functional materials**

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**

Številka projekta: **C45146**
Trajanje projekta: **30.5.2006 -**
Nosilec projekta: **prof.dr.Bojan Ačko**
Naslov projekta: **European Commission; Service CintractLenght Measurement; Training in the field of Lenght Measurement**

Številka projekta: **P-142/2007**
Trajanje projekta: **2006 -**
Nosilec projekta: **prof.dr. Karin Stana Kleinschek**
Naslov projekta: **Innovative, umweltfreundliche Nanobeschichtungen fur technische Textilien**

BILATERALNO SODELOVANJE

Številka projekta: **Slovenija – Argentina; BI-AR/09-11-008**
Trajanje projekta: **1.1.2009 do 31.12.2011**
Nosilec projekta: **prof.dr. Nenad Gubeljak**
Naslov projekta: **Aplikacija normalizacije metode za meritev lomne žilavosti na heterogenih materialih**

Številka projekta: **Slovenija – Bosna in Hercegovina; BI-BA/10-11-007**
Trajanje projekta: **1.1.2010 do 31.12.2011**
Nosilec projekta: **prof.dr. Bojan Dolšak**
Naslov projekta: **Inteligentna podpora razvoja izdelkov iz umetnih mas s sklepanjem na podlagi rešenih primerov**

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 - 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 - Francija; BI-FR/10-11-PROTEUS-017**
Trajanje projekta: **1.1.2010 do 31.12.2011**
Nosilec projekta: **prof.dr. Aleksandra Lobnik**
Naslov projekta: **Tkane inteligentne tekstilije**

- Številka projekta: **Slovenija – Hrvaška; BI-HR/10-11-001**
Trajanje projekta: **1.1.2010 do 31.12.2011**
Nosilec projekta: **prof.dr. Jelka Geršak**
Naslov projekta: **Razvoj funkcionalnih oblačil zasnovanih na nanotehnologiji**
- 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/09-11/001**
Trajanje projekta: **1.4.2009 do 31.3.2011**
Nosilec projekta: **prof.dr. Zoran Ren**
Naslov projekta: **Experimental and computational analysis of shock wave propagation in cellular materials**
- 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/10-11-007**
Trajanje projekta: **1.1.2010 do 31.12.2011**
Nosilec projekta: **prof.dr. Jelka Geršak**
Naslov projekta: **3d modeliranje človeškega telesa in integracija njegovih dimenzij v izdelke**
- 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 – Portugalska; BI-PT/10-11-004**
Trajanje projekta: **1.1.2010 do 31.12.2011**
Nosilec projekta: **prof.dr. Bojana Vončina**
Naslov projekta: **Kontrola združevanja vodnih sistemov polimerov in površinsko aktivnih snovi s pomočjo ciklodekstrinov**

Številka projekta: **Slovenija – Rusija; BI-RU/10-11-017**
Trajanje projekta: **1.1.2010 do 31.12.2011**
Nosilec projekta: **prof.dr. Aleksandra Lobnik**
Naslov projekta: **Nano-Optični biosenzor za detekcijo organofosfatov**

Številka projekta: **Slovenija – Srbija; BI-SR/10-11-022**
Trajanje projekta: **1.1.2010 do 31.12.2011**
Nosilec projekta: **prof.dr.dr. Ivan Anžel**
Naslov projekta: **Optične lastnosti kovinskih nano-prahov**

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 – 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 – Ukrajina; BI-UA/11-12-008**
Trajanje projekta: **1.1.2011 do 31.12.2012**
Nosilec projekta: **prof.dr. Vladimir Gliha**
Naslov projekta: **Lastnosti TVO zvarov na modernih, proti lezenju odpornih jeklih**